

Prof. Rodolfo Tamias

Manual Teórico-Práctico
de
Química Fotográfica



illy-Bailliere. Madrid

B.P. de Soria



61076892
D-2 23457

D-2
23457

MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO
DE
QUÍMICA FOTOGRAFICA

TOMO PRIMERO

MANUAL TEORICO-PRÁCTICO

DE

QUÍMICA FOTOGRAFICA

POR EL

Prof. RODOLFO NAMIAS

TRADUCIDO DEL ITALIANO

POR

JOSÉ NORIA VALADRÓN

TOMO I

Procedimientos negativos y ortocromáticos.

Generalidades sobre la luz y los colores.—Principios, base de la fotoquímica y fotografía.—Las sales de plata.—La imagen latente.—Procedimientos negativos varios.—Procedimiento al gelatino-bromuro.—Preparación de la emulsión y fabricación de placas y películas.—Prueba de la sensibilidad y graduación de las placas.—La solarización y diversos fenómenos de inversión.—Teoría y práctica del desarrollo.—Fijado y endurecimiento.—Tratamientos de refuerzo, clarificación, debilitamiento y armonización.—Fotografía ortocromática, teoría y práctica.
Radiografía.



110186

MADRID

CASA EDITORIAL BAILLY-BAILLIERE

OFICINAS Y TALLERES: Núñez de Balboa, núm. 21.

VENTA AL POR MENOR: Plaza de Santa Ana, núm. 11.

1917

PRÓLOGO

Este mi MANUAL DE QUÍMICA FOTOGRAFICA, cuya cuarta edición italiana se ha publicado ya, ha encontrado en Italia y en el Extranjero (donde ha sido traducido en francés y en alemán) tan favorable acogida que, aparte de ser motivo de propia y legítima satisfacción, demuestra que se van multiplicando los aficionados á la fotografía, deseosos de trabajar con una base científica y hacerse cargo perfectamente de lo que hacen.

Como decía en el prólogo de mi primera edición, todas las operaciones fotográficas que se efectúan en la preparación de las placas sensibles al virado y fijado, de las pruebas positivas y en la reproducción de las imágenes con procedimientos fotomecánicos, requieren tal cúmulo de tratamientos químicos, que casi parece imposible salir airoso de la empresa sin conocimientos un tanto profundos de química fotográfica.

Y ocurre que los que cultivan la fotografía como *sport* ó como profesión, con demasiada frecuencia se contentan con fórmulas, que en fotografía abundan extraordinariamente, pero de las cuales muy pocas conducen á algo

bueno, pudiéndose considerar la mayoría, más que recetas hechas con una base química racional, mezcolanzas de productos químicos fruto de la imaginación, ó verdaderos pasteles.

Mi labor de tantos años, encaminada á combatir este empirismo, que en la práctica fotográfica, como en cualquiera otra aplicación de las ciencias, es tan perjudicial y contrario á todo progreso, no ha sido del todo infructuosa.

Me afianza en ello el interés que muchos han demostrado por mis trabajos, las manifestaciones de excelentes fotógrafos, los benévolos juicios de autorizadas personas, las traducciones que continuamente se hacen de mis trabajos de química fotográfica en los más notables periódicos del mundo.

Desgraciadamente, la fotografía no está considerada al nivel de las otras ciencias, á pesar de ser tan fecunda en aplicaciones, las cuales aumentan de día en día.

Sólo su aplicación á las artes gráficas ha adquirido tal desarrollo, que constituye un ramo importante de ellas. De esta poca consideración depende la carencia casi absoluta de enseñanzas especiales de la fotografía y sus aplicaciones. Y hasta que éstas sean un hecho, el estudio profundo de la fotografía, con sus notables operaciones, sólo podrá hacerse en los libros, redactados de manera tal que puedan ser suficientemente comprendidas, incluso de los que carezcan de la preciada preparación científica. Con este criterio, precisamente, he escrito el presente Manual; y en él no sólo están desarrolladas las teorías, sino también todas aquellas indicaciones prácticas y fórmulas en armonía con aquellas teorías. Con ello, las consideraciones

científicas se funden con las prácticas; con ello tiene quien trabaja una guía práctica y una serie de nociones científicas que, á la vez que le producen la inmensa satisfacción de hacerse cargo de cuanto hace, le permiten resolver las dificultades que se le presenten.

He ensayado casi todos, por no decir todos, los procedimientos; algunos son fruto de mis estudios. Esta edición está notablemente corregida y aumentada con respecto á la precedente de 1904. Esto no debe sorprender, pues la ciencia, y con ella la fotografía, progresa hoy tan rápidamente que reserva todavía nuevas y no pocas maravillas á la humanidad.

Profesor RODOLFO NAMIAS.

(En mi Laboratorio Químico, Milán, 1912.)

LA QUÍMICA FOTOGRAFICA

PROCEDIMIENTO NEGATIVO

PRELIMINARES

La química fotográfica comprende el estudio de todos los fenómenos producidos por la luz que se utilizan en la fotografía y de todas las reacciones químicas que, de imágenes visibles ó invisibles formadas al contacto con la luz, conducen á la imagen fotográfica final utilizable.

Mientras por una parte la fotoquímica estudia en general las modificaciones químicas que se operan en los cuerpos al recibir la acción de la luz, la química fotográfica se ocupa de una serie mucho más reducida de fenómenos, y precisamente de aquellos que puedan producir directa ó indirectamente un efecto gráfico utilizable.

En la vida animal, y mucho más todavía en la vegetal, la luz, puede decirse, es un factor indispensable para producir ó realizar los fenómenos vitales.

Son innumerables los cuerpos orgánicos ó inorgánicos que al contacto con la luz experimentan transformaciones; en algunos de ellos las modificaciones son extraordinariamente lentas, hasta el extremo de sustraerse, ó poco menos, á la observación. En otros son bastante rápidas y evidentes.

Siendo así que existen cuerpos que se descomponen á la luz con bastante facilidad, mientras otros pueden resistir elevadísimas temperaturas, resulta variadísimo el comportamiento de los cuerpos ante el agente físico luz.

Lo que pudiéramos llamar sensibilidad de un cuerpo, esto es, su tendencia á modificarse por la acción de la luz, constituye, pues, una propiedad intrínseca de los cuerpos.

El cuerpo sensible puede definirse diciendo es aquel capaz de absorber los rayos luminosos, apropiarse su energía, para transformarla luego en energía química, energía que se manifiesta en un nuevo orden de los átomos de los cuerpos, esto es, con descomposiciones y alteraciones. Esta energía química es posible recuperarla transformada en calor, y en ocasiones también parcialmente en luz, cuando se produce el fenómeno químico inversamente. Sin embargo, los cuerpos que no manifiestan sensibilidad á la luz pue-

den absorber los rayos luminosos; pero en el interior del cuerpo no se encuentran las condiciones necesarias para que estos rayos se transformen en energía química, y debido á ello el cuerpo permanece insensible á la acción de la luz.

Los cuerpos sensibles empleados en fotografía son relativamente poquísimos. El estudio de las modificaciones producidas por la luz, así como por las reacciones químicas sucesivas con las cuales se obtiene la imagen fotográfica, tiene, como veremos, suma importancia en la práctica y merece se le conceda gran atención, cosa que no hacen la mayoría de los que cultivan la fotografía.

El éxito y la satisfacción recibida aumentan proporcionalmente cuando el materialismo y empirismo de las operaciones se sustituye por una labor razonada é inteligente.

El lector encontrará en este libro, junto con las consideraciones teóricas, las indicaciones prácticas y recetas que guardan relación con ellas.

De esta manera se funden entre sí la ciencia y la práctica, contribuyendo á formar el técnico fotógrafo, que no debe ser ni un práctico empírico, sujeto á continuas dificultades, las cuales resuelve mal ó no resuelve, haciendo ensayos y más ensayos con derroche de material y productos, ni tampoco un teórico sin los conocimientos que da la práctica.

Si bien hemos procurado emplear en la explicación del poderoso argumento la forma más elemental, no se nos oculta que una parte de las materias sólo serán accesibles á quienes posean conocimientos científicos y químicos especialmente.

Por ello aconsejamos á todos aquellos que deseen hacerse cargo de la importancia de las materias tratadas y que no posean para conseguirlo la necesaria preparación científica, procuren adquirirla leyendo cualquier tratado elemental de química, entre los cuales es muy de recomendar el escrito por el doctor Granell (1).

Esto no obstante, una buena parte de las materias contenidas en este manual será comprendida é interesará incluso á quienes, sin tener conocimientos químicos especiales, poseen una cultura general.

Así ha ocurrido con las tres ediciones precedentes de este volumen, como lo atestiguan comunicaciones que hemos recibido, no sólo de hombres de ciencia, sino también de gran número de prácticos.

(1) GRANELL (Conrado).—*Tratado elemental de Química Moderna*. Ilustrado con grabados. Precio encuadernado y franco de porte, 13 pesetas. Bailly-Bailliere, editor, Madrid.

CAPÍTULO PRIMERO

LA LUZ

El primer factor del arte fotográfico es la luz. Es, pues, importantísimo para todo el que se ocupe de fotografía conocer un poco á fondo este su maravilloso agente.

Después de los magníficos experimentos efectuados por Fresnel, casi no podía dudarse de que la luz es un movimiento de onda. Más tarde el profesor Lippman quien, fundandose en las teorías y experimentos de Fresnel, descubría el maravilloso procedimiento interferencial de la fotografía de los colores, daba el golpe de gracia en favor de la teoría de Fresnel.

El movimiento de onda.—No todos tienen la obligación de saber lo que es el movimiento de onda y por lo mismo debemos explicarlo:

Ninguna comparación se presta mejor para demostrarlo que aquella á la cual recurre todo el mundo: la caída de una piedra en la superficie tranquila del agua; estudiemos con alguna detención este experimento.

En torno del punto donde cayó la piedra se forman una serie de ondas circulares que van agrandándose cada vez más, haciéndose, en cambio, menos visibles hasta acabar por desaparecer. Observando el fenómeno tan sólo superficialmente, parece que estas ondas se extienden impulsadas por un movimiento de traslación. Esto no ocurre en realidad, y podemos persuadirnos de ello colocando en la superficie del agua una pequeña boya, la cual se elevará y descenderá al paso de las ondas, pero no sufrirá traslación alguna en la dirección de la onda.

Esta forma especial del movimiento, que se propaga en una serie de elevaciones y descensos, toma el nombre de movimiento de onda.

Cuando dos de estos movimientos de onda se encuentran (este encuentro se puede producir dejando caer en el agua dos piedras en dos puntos poco distantes uno de otro) tendremos dos puntos en los cuales los movimientos de onda, desarrollándose en el mismo sentido, darán lugar á elevaciones ó descensos mayores, mientras que en otros, en los que una elevación se combina con un descenso, se produce una debilitación en la onda y el movimiento, en consecuencia, puede llegar á cesar.

El movimiento de onda que constituye el sonido.—Produce el sonido una vibración especial de las partículas de los cuerpos, que se transmite en forma de ondas á través de un medio elástico cualquiera, sólido, líquido ó gaseoso. La propagación del sonido á través del aire tiene por consecuencia una serie de capas y ondas esféricas condensadas y rarefichadas, que se producen en el aire mismo.

Extrayendo el aire de un recipiente, un cuerpo vibrante situado en el interior de éste, apoyado en un medio no elástico (algodón), no puede enviar al oído sensación sonora alguna, como puede comprobarse haciendo el experimento.

En la composición de los dos sonidos se podrá producir un aumento ó una disminución del sonido, según las ondas que se encuentran sean de la misma especie (esto es, ambas condensadas y rarefichadas) ó de especie distinta.

Para que un cuerpo vibrante pueda mandar al oído la sensación del sonido, es necesario que el número de vibraciones que aquél dé en un segundo no sea menor de 15 ni mayor de 30.000.

El movimiento de onda que constituye la luz.—Como dijimos, la luz es, pues, un movimiento de onda y su propagación se efectúa en el éter, de la misma manera que el sonido en el aire.

Este éter que sirve de medio de propagación de la luz, es un fluido sin peso, que llena la inmensidad del espacio celeste y los infinitos espacios existentes entre las moléculas de los cuerpos. De la existencia de este éter no se tienen pruebas evidentes, pero han inducido á admitirla las consideraciones de gran número de hechos físicos.

El movimiento de onda por el cual se propaga la luz en el éter difiere bastante del de la propagación del sonido en el aire, tanto por su velocidad como por la longitud de las ondas. En efecto, mientras la velocidad del sonido es de 333 metros por segundo, la de la luz es de 309.660 kilómetros (la luz emplea ocho minutos en llegar del sol á nosotros) y las ondas mayores tienen una longitud de 1/3000.

La luz natural y su composición.—La luz blanca que el sol nos envía no es simple, sino que se forma por la reunión de varias luces coloradas, sencillas. La descomposición de la luz blanca en las luces sencillas que la componen puede obtenerse haciendo pasar un rayo de sol á través de un prisma.

Si detrás del prisma colocamos una pantalla blanca, veremos en ella una banda de magníficos colores, la cual constituye el espectro solar.

Del espectro solar y de sus diferencias con los espectros de luces varias, de la longitud de las ondas, de las varias radiaciones del espectro, de la espectrografía y sus aplicaciones, hablamos más adelante en capítulo aparte.

Así como en el sonido la diferencia del tono es producida por la

diversidad del número de las vibraciones del cuerpo sonoro y del aire que las transmite, en las luces la diversidad de colores se debe al número de vibraciones del éter.

Los colores visibles del espectro son el violeta, el índigo, el azul, el verde, el amarillo, el anaranjado y el rojo. El violeta es el color más refrangible del espectro, porque es el que se forma á mayor distancia del rayo de luz blanca incidente. El rojo es el menos refrangible.

Dijimos que al diverso número de vibraciones del éter se debe la diversidad de los colores. Siendo el movimiento vibratorio un movimiento de onda, es natural que á los colores á los cuales corresponde mayor número de vibraciones corresponda menor longitud de onda, porque en el mismo espacio viene á formarse un número mayor de ondas. La longitud de la onda es mínima para el violeta y máxima para el rojo, mientras en el número de vibraciones se verifica á la inversa.

Hemos comprobado la existencia de muchas analogías entre el movimiento de onda que produce el sonido y el movimiento que genera luz. Observamos además otra.

Al igual que los sonidos, los rayos luminosos que poseen un número demasiado pequeño ó demasiado grande de vibraciones no producen sensación en nuestros órganos.

Además del rojo y el violeta, existen en el espectro radiaciones llamadas ultrarrojas y ultravioletas, cuya existencia demuestran los fenómenos que producen, pero que resultan invisibles para el ojo humano.

Como dijimos ya al principio, los rayos que manifiestan en grado sumo la acción química, son los más refrangibles del espectro, llamados también rayos actínicos, ó sea el índigo, el violeta y el ultravioleta. Son estos rayos, pues, los mejores aliados del fotógrafo: ellos son los que impresionan la placa, de cuyo desarrollo obtendremos el negativo; ellos los que ennegrecen el papel que utilizamos para las pruebas positivas. Y así como los rayos rojos del gran astro que nos ilumina llevan á la tierra la mayor parte del calor, los rayos violeta producen ó exaltan las acciones químicas en las plantas y en los animales, y todos juntos cooperan al desarrollo de la vida en nuestro planeta.

CAPÍTULO II

LUCES ARTIFICIALES

De las luces artificiales, algunas pueden sustituir á la luz del día en la producción de fenómenos químicos, y otras no. La energía que las diversas luces ejercen sobre la producción de fenómenos químicos, ó, como científicamente se dice, el valor actínico, puede variar mucho en unas ú otras. El valor actínico de una luz está en relación directa con la cantidad de rayos azules, violeta y ultravioleta que contiene la luz misma.

Una luz constituida exclusivamente, ó casi, por las tres últimas especies de rayos resultaría poco viva, apareciendo el color de los rayos azul y violeta oscuro y el de los ultravioleta imperceptible á nuestra vista.

Se comprende, pues, que la actinidad de una luz no tenga nada que ver con su claridad y viveza. Los rayos rojos y amarillos son los dotados de mayor claridad y viveza para el ojo humano y, viceversa, son los que irradian menor energía química.

Luces artificiales producidas por la combustión.—La luz que despiden los cuerpos combustibles es producida por la temperatura elevada que aquéllos adquieren por efecto del calor que se produce en sus combinaciones con el oxígeno del aire. Como se sabe, calentado un cuerpo á una temperatura relativamente alta, llega á aquel estado, llamado de incandescencia, en el cual se desarrolla la luz. La temperatura mínima á que los cuerpos se hacen incandescentes es variada para los diversos cuerpos; asimismo varía mucho el color de la luz que diferentes cuerpos irradian al hacerse incandescentes. Puede decirse, sin embargo, que, en general, aumentando la temperatura más allá de un cierto límite los cuerpos tienden á irradiar luz siempre más blanca.

El desarrollo de la luz en la combustión de los cuerpos está siempre, y naturalmente, en proporción con la cantidad de calor que en la combustión misma pudiera desarrollarse donde la combinación se efectuara sin producción de luz. El hierro que se enrojece lentamente en el aire húmedo debe desarrollar, pues, mayor cantidad de calor que cuando arde en el oxígeno puro; el compuesto que se forma es idéntico en los dos casos, esto es, óxido férrico; pero en el segundo caso, efectuándose la oxidación

mucho más rápidamente, el calor se desarrolla también en bastante más breve tiempo y la temperatura aumenta hasta el extremo de hacer llegar á la incandescencia el óxido férrico que se forma. Se tiene, pues, una cierta cantidad de calor, si bien pequeñísima, transformado en otro agente físico: la luz.

En las luces artificiales más comunes, la de una bujía, por ejemplo, la del petróleo y del gas del alumbrado, la sustancia que se hace incandescente y que irradia luz es el carbono. La materia de que está constituida la bujía es el ácido esteárico, compuesto, en considerable proporción, de carbono y conteniendo, además, oxígeno é hidrógeno; el petróleo y el gas del alumbrado están constituidos, exclusivamente, por combinaciones de carbono é hidrógeno (hidrocarburos).

¿Qué ocurre al encender una lámpara de petróleo? El petróleo que empapa la mecha alcanza, al ser encendido, una temperatura tal que los elementos que lo constituyen, carbono é hidrógeno, pueden combinarse con el oxígeno del aire; esto es, arder. Pero siendo insuficiente la cantidad de oxígeno para hacer arder todo el carbono y el hidrógeno que se volatilizan, sucede que el hidrógeno, más fácilmente combustible, arde todo ó casi todo, transformándose en agua, mientras que del carbono sólo podrá arder una parte, transformándose en anhídrido carbónico; el resto se separará en forma de partículas menudísimas, las cuales, al encontrarse en la llama á una temperatura bastante elevada, adquieren aquella incandescencia que da á su vez luminosidad á la llama. Las mismas partículas que producen la luminosidad producen también el humo. Cuanto se ha dicho con respecto al petróleo puede aplicarse á la combustión de una materia orgánica cualquiera, ya sea papel, madera ú otras.

En el gas del alumbrado la luminosidad se debe á la misma causa; tanto es así, que cuando se hace llegar al centro de una llama de gas una corriente de aire (como se efectúa en el mechero de Bunsen), la llama pierde gran parte de su luminosidad, debido á que no puede subsistir partícula alguna de carbono, ya que el oxígeno es suficiente para hacerlo arder completamente; la llama pierde la luminosidad, pero se hace tanto más calorífica, siendo completa la combustión de los elementos carbono é hidrógeno.

Luces á incandescencia.—La llama cuya luminosidad ha sido cortada en la forma indicada (llama Bunsen), se convierte en un agente de luz mucho más potente todavía cuando se introduce en ella una redecilla formada por ciertos óxidos (manguito Auer).

De cuanto dijimos al principio se desprende que, calentando un cuerpo más allá de un cierto límite, empieza á hacerse incandescente ó á irradiar luz. La luz que produce es tanto más blanca cuanto más elevada es la temperatura que alcanza el cuerpo.

Una gran cantidad de óxidos metálicos pueden ser sometidos á

temperatura elevada sin que se descompongan, y cuando la temperatura alcanza un límite, que es diferente para los diversos óxidos, se tiene la producción de luz blanca.

Mientras los óxidos de cal y de magnesio requieren una temperatura elevadísima para hacerse incandescentes, algunos otros óxidos de metales mucho menos comunes (que suelen distinguirse con el nombre de tierras raras) se hacen incandescentes á temperatura mucho menor.

Así se verifica con los óxidos de cerio, de torio, de circonio y otros, que son precisamente los principales constituyentes de la redecilla llamada de Auer (nombre del inventor).

Para hacer fuertemente incandescentes estos óxidos, basta la temperatura de un mechero de gas de Bunsen, como indicamos más arriba.

Luz de acetileno.—El acetileno es un gas dotado por sí mismo de elevado poder iluminante. Este gas se obtiene, como se sabe, por la acción del agua sobre el carburo de calcio.

El acetileno es una combinación de carbono é hidrógeno; esto es, un hidrocarburo de la fórmula química C^2H^2 y su poder iluminante puede considerarse cerca de diez veces superior al del gas del alumbrado ordinario.

La intensidad luminosa producida por el gas acetileno se debe al hecho de que, por su gran riqueza en carbono, da lugar á la separación de partículas de carbón incandescente en cantidad mucho mayor que el gas de alumbrado.

Ardiendo el acetileno en un mechero Bunsen, mezclado con mucho aire, da lugar á una llama no luminosa, con la cual pueden hacerse incandescentes los manguitos de Auer.

También el alcohol y el petróleo, ardiendo en combinación con una fuerte corriente de aire y en lámparas especiales, pueden servir para obtener, mediante la redecilla Auer, una luz blanca muy intensa.

Todas las luces artificiales consideradas hasta aquí tienen muy limitada importancia en la fotografía, porque su intensidad nunca puede llegar á un límite suficientemente elevado y su composición difiere demasiado de la de la luz del día.

Luz oxidrica.—La luz oxidrica verdadera se obtiene haciendo incandescente, á elevadísima temperatura, el óxido de cal y el de magnesio.

Tal temperatura se logra por la combustión del gas hidrógeno en presencia del oxígeno puro. En la combustión del gas hidrógeno se produce, como sabemos, la temperatura más elevada que por combustión puede obtenerse, y á esta temperatura elevadísima, el óxido de cal (cal viva) se hace incandescente de tal manera, que de él emana una luz blanca de extraordinaria intensidad y de fuerte poder actínico.

Es esta la luz oxídrica propiamente dicha, llamada también luz de Drummond, debido á que fué éste quien la dió á conocer en 1826.

Para obtener la luz oxídrica se emplea un aparato que consiste en una canal de metal terminada en punta, á la cual llegan por dos tubos separados el gas hidrógeno y el gas oxígeno. Para que ninguno de los dos gases se desvíe ó se pierda, es necesario que las corrientes de ambos se regulen de manera que el volumen de hidrógeno sea el doble del de oxígeno, debido á que las proporciones de los dos gases hidrógeno y oxígeno que se combinan para formar el agua son de dos partes, en volumen, del primer gas, por una del segundo.

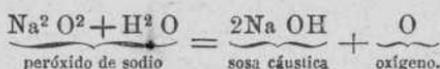
No es el caso hablar aquí de los métodos corrientes de preparación de hidrógeno y oxígeno, porque se encuentran en cualquier tratado de química.

Además, el hidrógeno y el oxígeno se encuentran en el comercio, comprimidos de 100 á 200 atmósferas, en resistentes recipientes de acero.

La luz oxídrica puede obtenerse más sencillamente utilizando el gas del alumbrado mezclado con oxígeno.

En cuanto al oxígeno si no quiere correrse el peligro que ofrece su preparación, en manos inexpertas, ni recurrirse á los balones de oxígeno comprimido, demasiado caros, podrá producirse de manera sencillísima con el producto que se vende en el comercio con el nombre de oxilita.

La oxilita, en efecto, produce oxígeno al solo contacto con el agua. La materia activa de la oxilita es el peróxido de sosa, y la reacción que en presencia del agua se efectúa es la siguiente:



Monckhoven aconseja, para obtener cal en las mejores condiciones para producir una buena luz, cortar dos prismas de mármol blanco, el cual bajo la influencia del calor intenso pierde el anhídrido carbónico y se transforma en óxido de cal poroso, que puede dar una hermosa luz uniforme durante varias horas.

Se pensó en otras sustancias para sustituir á la cal; entre ellas parece da los mejores resultados la magnesia.

Carey Lea aconsejó empapar los cilindros de cal con solución de sulfato de cobre cuando se quiere obtener una luz más actínica.

También, sin oxígeno puro, con aire simplemente, es posible obtener una luz oxídrica, si bien menos intensa que la de Drummond, que puede ser suficiente en muchos casos. Es necesario, sin embargo, utilizar aire fuertemente calentado para obtener una

llama que tenga una temperatura suficiente para hacer la cal incandescente.

Cuando no se disponga de gas del alumbrado, puede producirse también luz oxídrica con los llamados saturadores de éter ó de bencina. En estos aparatos se enciende el oxígeno saturado de vapor de éter ó de bencina; la luz que se obtiene es bastante intensa. La cantidad de éter ó de bencina aplicada al oxígeno debe ser inferior á un cierto límite, pues de lo contrario se produciría explosión.

Estos aparatos deben usarse con precaución, para evitar explosiones.

La luz oxídrica se emplea, especialmente, como medio de iluminación en las proyecciones con linterna mágica, en las proyecciones con cinematógrafo. Es la única que, por su intensidad luminosa, puede sustituir á la luz eléctrica de arco. La luz oxídrica es tranquila y uniforme y no emana vapores ó gases nocivos.

Puede decirse que la luz oxídrica, por el elevado poder actínico que posee, está en condiciones de producir los mismos fenómenos químicos que la luz diurna.

La luz eléctrica.—Se distinguen dos clases de luces eléctricas: la luz á incandescencia y la de arco.

En la luz eléctrica á incandescencia se aplica la propiedad de las corrientes eléctricas de alta tensión de hacer incandescente un finísimo hilo de materia conductora colocado en un recipiente de vidrio perfectamente privado de aire. Cualquiera sustancia que sea buena conductora de la corriente eléctrica ofrece siempre una resistencia específica á su paso, y esta resistencia aumenta con la disminución del diámetro del hilo. En las lámparas eléctricas á incandescencia se emplean hilos finísimos de carbón y de otros cuerpos especiales, colocados en una ampolla de cristal de la que previamente se extrajo el aire.

La resistencia que presenta el hilo al paso de la corriente eléctrica es la causa por la cual el hilo se calienta fuertemente y se hace incandescente.

Explicamos ya anteriormente cómo la incandescencia de una materia calentada fuertemente da lugar á la producción de luz; ello se verifica también con la luz eléctrica. Cuando por un choque (por ejemplo, al cincelar las piedras) se producen chispas luminosas, tenemos movimiento transformado en calor y luz. En el caso de la luz eléctrica de incandescencia, lo que produce luz y calor es la resistencia al paso de la corriente; la energía eléctrica se transforma en energía calorífica y luminosa.

La luz eléctrica de incandescencia es la que menor importancia tiene en la fotografía, siendo su valor actínico demasiado pequeño con respecto al de la luz solar. Actualmente, sin embargo, existen lámparas de incandescencia llamadas de filamento metálico (wol-

fram ó tungsteno, osmio y otros cuerpos) que dan una luz mucho más blanca que la de las lámparas de filamento de carbón. Mantenemos, sin embargo, lo de intensidad y actinismo, insuficientes en general para las prácticas fotográficas.

La luz eléctrica llamada de arco tiene una importancia mayor y ya ha sido objeto de notables aplicaciones en el campo de la fotografía.

La luz de arco se funda especialmente en un principio algo diferente al de la luz de incandescencia. La luz de arco se produce cada vez que dos barritas de carbón de retorta (carbón compacto que ofrece una conductividad relativamente grande al paso de la corriente eléctrica), mantenidas sus extremidades en contacto, y haciendo pasar por ellas una corriente eléctrica de alta tensión, son separadas algunos centímetros. Esta interrupción en el circuito hace que la resistencia eléctrica en la extremidad de los carbonos resulte grandísima, la temperatura aumente también extraordinariamente y sirva para hacer llegar á la incandescencia las extremidades de los dos carbonos. La luz no sólo se manifiesta únicamente en las dos extremidades, sino que produce además una especie de arco luminoso entre las dos extremidades mismas. Este arco luminoso se debe á que entre los dos polos se forma una corriente continua de partículas de carbono, las cuales, á la elevadísima temperatura en que se encuentran, no pueden menos que adquirir una fuerte incandescencia, difundiendo á su alrededor una luz blanca, brillantísima é insoportable para la vista.

Si bien la luz del arco aparece blanca, su espectro es bastante diferente del de la luz solar; posee, sí, tal espectro buen número de radiaciones actínicas, pero no todas las de la luz solar; y su energía química, aun siendo grande, es siempre muy inferior á la de la luz solar directa.

La luz eléctrica de arco es objeto actualmente de inmensa aplicación en la técnica fotográfica y fotomecánica, habiéndose introducido en ella procedimientos especiales que permiten satisfacer las exigencias que presentan las diferentes aplicaciones.

En efecto, existen lámparas de arco especiales para iluminar galerías fotográficas, otras dedicadas especialmente á las reproducciones fotomecánicas en la iluminación de los originales á reproducir, otras destinadas á impresiones positivas, etc.

Todos estos sistemas, sus ventajas é inconvenientes, están descritos en la *Enciclopedia Fotográfica*, edición italiana, 1911.

Un sistema de iluminación eléctrica de fecha relativamente reciente y que se aparta por completo de los dos antes citados es el representado por las lámparas de vapor de mercurio.

En el manual indicado se encuentran también datos muy interesantes en lo que á la práctica de este último sistema se refiere.

Nos limitaremos en la presente obra á pocas líneas.

Esta lámpara consiste en un tubo largo de vidrio, conteniendo mercurio, y en el que se ha efectuado el vacío antes de cerrarlo. En las extremidades van dos electrodos; el negativo debe estar constituido siempre por mercurio, mientras para el positivo sirve el hierro, el níquel, el carbón de retorta ó grafito, ú otros metales no capaces de amalgamarse con el mercurio.

Para encenderla debe ser inclinada ó recurrir á otros artificios. Sin embargo, parece se ha llegado ya á un sistema práctico para encenderla automáticamente.

Producido el vapor de mercurio, actúa éste de conductor, y atravesado por la corriente emite una luz violeta intensísima, que se distingue de las demás por su extraordinaria riqueza en rayos ultravioleta y la ausencia casi completa de rayos rojos.

El inconveniente de esta lámpara consiste en que para su funcionamiento requiere una corriente continua. Puede funcionar, aunque no tan bien, con corriente alterna; pero entonces se utiliza sólo la corriente directa ó en un sentido, y debido á ello aumenta el consumo de energía.

Para utilizar el enorme poder actínico de la luz producida por esta lámpara es necesario hacer uso de tubos de cuarzo ó de calidades de vidrio especiales, muy transparentes á los rayos ultravioleta.

La conocida Casa Schott e Genossen, de Jena, estudió una composición especial de vidrio (conteniendo cromo, bario y ácido fosfórico) llamada *Uviolglas*, que es casi tan transparente como el cuarzo para los rayos ultravioleta.

Se obtiene el máximo de efecto empleando tubos de cuarzo fundido, los cuales pueden encontrarse hoy fácilmente.

La luz de la lámpara á vapor de mercurio es la que más se aproxima á la luz ideal, esto es, á la *lux fría*. En todos los proyectores de luz, la proyección de ésta va acompañada de una emisión de calor enorme. Puede decirse que sólo una pequenísima parte de la energía gastada es restituida en forma de luz; la mayor parte se pierde en calor. Por ello, en las lámparas eléctricas á incandescencia sólo se aprovecha, como luz, el 6 por 100 de la energía empleada; en las lámparas de arco, el 18 por 100. En cambio, en las lámparas de vapor de mercurio casi del 40 al 48 por 100 de la energía empleada se transforma en luz.

Sería, pues, ésta la luz más económica; pero, independientemente de su color poco grato á la vista, existe el inconveniente de su coste y la fragilidad de los tubos que se emplean para producirla.

El problema de la *lux fría* constituye una de las más importantes cuestiones científicas é industriales de hoy día, y su solución no debe estar lejana.

Luz producida por la combustión de sulfuro de carbono en atmósfera de óxido de ázoe.—Esta luz merece párrafo aparte por el elevado poder actínico que posee; pero le faltan los detalles prácticos, que no permiten se emplee en las aplicaciones fotográficas.

Se llena de gas óxido de ázoe (NO), producido por la acción del ácido nítrico sobre el cobre, un recipiente de cerca de cuarto de litro.

Se vierte rápidamente en el frasco 1 c. c. de sulfuro de carbono, se tapa en seguida y se agita fuertemente. Se le aproxima un fósforo encendido, y pronto se produce una luz violeta intensísima, de extraordinario poder actínico.

En otros tiempos esta luz hubiera podido ofrecer algún interés; pero no hoy, ante la introducción de otras luces dotadas de análogos características (luz eléctrica producida con la lámpara á vapores de mercurio) y mucho más cómodas de obtener.

CAPÍTULO III

LA LUZ DE MAGNESIO Y LAS LUCES RELÁMPAGO EN GENERAL

Teniendo en cuenta la importancia que hoy en día ofrece esta materia para los que cultivan la fotografía y las múltiples consideraciones químicas que con ella se presentan, hemos creído un deber el tratarla extensamente en capítulo especial.

El magnesio.—El magnesio es un metal blanco y casi tan resplandeciente como la plata. Tiene una densidad de 1,743; es, pues, ligerísimo. En aire seco se conserva sin alteración alguna, mientras que en aire húmedo se oxida, cubriéndose de una capa blanca.

Hasta que se encontró el medio de fabricarlo con procedimientos eléctricos, el magnesio no fué un producto industrial de limitado precio.

La propiedad del magnesio más interesante para nosotros es la de arder con facilidad en el aire, dando una luz blanca intensísima. Un hilo de magnesio de 0,3 mm. aproximadamente de diámetro despidе una luz que iguala su esplendor á una de 74 bujías de 100 gramos cada una.

La combustión del magnesio se distingue de las combustiones que generalmente se presentan á nuestra vista por el hecho de que el producto de la combustión, que es la combinación de magnesio y oxígeno (MgO), en lugar de ser gaseoso es sólido. Este óxido de magnesio, ligerísimos polvos blancos, es transportado con facilidad y permanece durante algún tiempo suspendido en el aire, lo que constituye el mayor inconveniente que ofrece la aplicación del magnesio en las prácticas fotográficas, pues ensucia el ambiente y también las personas.

Pero quemado el magnesio en dispositivos especiales (véase la citada *Enciclopedia Fotográfica*) se ha conseguido disminuir bastante, si no evitarlo por completo, el inconveniente indicado.

En el oxígeno puro la combustión del magnesio se efectúa con mayor rapidez y despidiendo una luz más viva que en el aire.

El magnesio se encuentra generalmente en el comercio en forma de cintas finas y en polvo. Con lámparas especiales provistas de un mecanismo de relojería se puede quemar bien la cinta de magnesio haciéndolo salir continuamente del recipiente. El empleo

de esta clase de lámparas podría ser útil en la iluminación de una estancia donde se obtuvieran poses. Pero la luz oscilante que despiden y su coste considerable ha hecho que estas lámparas se utilicen poco, dando la preferencia á los sistemas de iluminación instantánea con polvos de magnesio.

Si se intenta quemar los polvos de magnesio aplicándoles un fósforo, se consigue difícilmente el objeto deseado; para ello es preciso, bien proyectarlos en la llama de una lámpara de gas ó de alcohol, ó bien mezclarlos con materias oxidantes, encendiéndoles después.

Las lámparas poseen, por lo general, un recipiente, en el que se coloca el magnesio, y una pera de goma, que sirve para producir una corriente de aire, la cual transporta los polvos de magnesio hasta la llama, donde arden.

Omitimos el describir tipos de lámparas de esta clase, porque puede decirse que no se emplean actualmente.

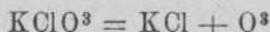
Los polvos relámpago á base de magnesio.—En cambio se emplean hoy mucho las mezclas de magnesio en polvo con sustancias oxidantes.

El magnesio en polvo puede obtenerse en varios grados de fineza.

De la fineza de los polvos de magnesio, así como de la naturaleza de las sustancias oxidantes y de otras materias mezcladas con ellas, depende la rapidez de la combustión del magnesio.

El clorato de potasio es una sustancia oxidante muy usada en la preparación de mezclas para lámparas de magnesio.

El clorato de potasa puro, al descomponerse, da cloruro de potasio y oxígeno y ningún otro gas. La ecuación química siguiente explica cómo se produce la reacción:



Al encender una mezcla de clorato de potasio y magnesia en polvo ocurre que el clorato de potasio se descompone y su oxígeno se pasa al magnesio, quemándolo instantáneamente, con desarrollo de una luz intensísima. Para que la cantidad de oxígeno que se desarrolla del clorato sea suficiente para hacer arder completamente el magnesio, es necesario que el peso del clorato sea una vez y tres cuartos lo que el del magnesio; el magnesio, que quema á causa del oxígeno del clorato, lleva el todo á una temperatura tal, que en ella puede arder fácilmente en el aire. El empleo de una cantidad de clorato correspondiente á la teórica tendría por efecto hacer más instantánea la luz, pero disminuiría la intensidad.

De la mezcla de magnesio y clorato de potasio, cuando la can-

tividad de esta última sal no sea excesiva, no se desprende gas nocivo alguno. El encender una mezcla de esta naturaleza, incluso en cantidad relativamente grande, contenida en un recipiente lo bastante resistente, no puede resultar peligroso. No nos encontramos ante una verdadera y exclusiva explosión, porque la característica principal que distingue una explosión es el desarrollo de una importante cantidad de gases, mientras que de la mezcla de magnesio y clorato de potasio no se desprende gas alguno. La fuerza explosiva se debe á la rápida dilatación del aire contenido entre las partículas de la mezcla y las envuelve en consecuencia, con instantánea combustión y relativa elevación de la temperatura. Si se puede producir la combustión en el vacío no se produce explosión.

Debido á la propiedad que tiene el magnesio de arder solo al ser trasladado á una temperatura elevada, sucede que la mezcla de magnesio y clorato de potasio se enciende con gran dificultad y las explosiones espontáneas, bastante comunes en las mezclas del clorato potásico con las materias combustibles azufre, azúcar, fósforo, etc., puede decirse resultan casi imposibles con la mezcla de clorato y magnesio. Hemos efectuado experimentos que nos han demostrado indudablemente que no puede producirse la combustión de dicha mezcla colocada sobre una bigornia ni sometiéndola á repetidos martillazos, ni desmenuzándola con el mismo martillo sobre la superficie de la bigornia. Con un fósforo no resulta demasiado fácil tampoco el encenderla; pero con una mecha ó con calentamiento á gas ó alcohol de la mezcla puesta en una cápsula metálica, la combustión se produce fácilmente.

Expuesto lo que antecede, se observa que la mezcla de magnesio y clorato de potasio debe manipularse con algunas precauciones.

Es conveniente, para evitar cualquier causa de explosión, aun rarísima, hacer la mezcla de clorato y de magnesio sobre un papel por medio de una espátula no metálica y nunca en un mortero. Deben manejarse siempre pequeñas cantidades de mezcla, procurando estar apartado de llamas ó estufas encendidas. Tratándose de cantidades de mezcla relativamente pequeñas, no es la violencia de la explosión lo que puede perjudicar, sino la proyección de partículas incandescentes sobre el rostro de la persona.

Cuando se prepare la mezcla se tendrá cuidado de encenderla usando sistemas que permitan al operador mantenerse á cierta distancia para evitar le causen daño las proyecciones. El modo más sencillo y seguro de servirse de la mezcla de magnesio y clorato consiste en tomar una hoja de papel de filtro, sumergirla en una solución de nitrato de potasio (nitro comercial) al 10 por 100 y dejarla secar. Con esta hoja de papel se prepara un pequeño saquito (empleando pasta de almidón en pequeña cantidad para con-

feccionarlo) y dejando un extremo saliente. Se introduce en el saquito de 1 á 2 grs. de mezcla y atado el saquito á un clavo de la pared ó á la extremidad de un bastón mantenido en alto, se prende fuego al extremo saliente de papel, que hace de mecha (á causa del nitrato de que está embebido el papel) y al llegar á cierto punto hace estallar el relámpago.

La cantidad de mezcla que debe emplearse depende, sobre todo, de la capacidad del local que debe ser iluminado.

La luz del magnesio tiene sobre todas las luces la gran ventaja de poder ser dosificada, siendo posible, aproximadamente, hacer que en las mismas condiciones la intensidad de la luz sea proporcional á la cantidad de magnesio.

Los doctores Valenta y Eder han hecho un acertado estudio en lo que se refiere á las diversas mezclas de magnesio con materias oxidantes, tanto en lo que afecta á la intensidad de luz desarrollada como á la rapidez de combustión (*Phot. Correspondenz*, 1891, página 511).

Para ello dieron la siguiente tabla:

Mezcla de 1 gr. de magnesio con	Tiempo de la combustión en segundos.	Cantidad relativa de luz, medida con el sensitómetro.
$\frac{3}{4}$ gr. de clorato de potasa	$\frac{1}{11}$	48
$\frac{3}{4}$ gr. de perclorato de potasa	$\frac{1}{11}$	48
3 gr. de permanganato de potasa	$\frac{1}{16}$	6
1 gr. de permanganato de potasa	$\frac{1}{7}$	48
1 gr. de bicromato de amonio	$\frac{3}{4}$	40
1 gr. de bicromato de potasa	$\frac{1}{4}$	36
1 gr. de nitrato de potasa	$\frac{1}{6}$	48

Se deduce de esta tabla que el perclorato se comporta como el clorato. La mezcla de 1 gr. de permanganato con 1 gr. de magnesio desarrolla la misma cantidad de luz que la de magnesio con clorato ó perclorato: arde, pero un poco lentamente. Y lo mismo puede decirse para la mezcla de magnesio y nitrato.

Los bicromatos retardan todavía más la combustión y desarrollan menor cantidad de luz.

Tanto el permanganato como el bicromato, descomponiéndose en la explosión, dan compuestos muy irritantes, y por ello no es aconsejable su uso.

El perclorato de potasio ($KClO_4$) es más estable que el clorato y puede ser manejado, pues, con mayor seguridad; comportándose éste en forma perfectamente igual al clorato, su sustitución por este último puede, en todo caso, aconsejarse.

Con el nombre de *percloro*, la Casa Lumière ha puesto á la venta recientemente unos polvos constituídos por mezcla de magnesio y perclorato de potasio. Los autores han comprobado que dicha mezcla da una luz de elevado poder actínico, que puede utilizarse también para fotografías con placas autocromas para las fotografías en colores.

La mezcla de 1 gr. de magnesio y $\frac{1}{2}$ gr. de perclorato de potasio en polvo es la que preferimos; hace más de diez años nos servimos de ella cada vez que necesitamos producir luz relámpago, sin que nunca nos haya presentado inconveniente.

Otros cuerpos aconsejados para la preparación de polvos relámpago al magnesio son el bióxido de manganeso, el nitrato de amonio y el nitrato de torio.

El bióxido de manganeso, que por primera vez usó la Casa Bayer, tiene la ventaja de presentar los menores peligros; ello obedece á que el bióxido de manganeso obra como oxidante sobre el magnesio, provocando la rápida combustión de éste; pero sólo después que la mezcla ha sido colocada, con la mecha ú otra cosa, á una temperatura relativamente elevada y siempre más alta que empleando nitratos ó cloratos. El humo es también relativamente limitado.

Se hará uso de bióxido de manganeso puro, que se mezclará con magnesio en polvo, tomando pesos iguales.

El nitrato de amonio, aconsejado por el profesor Lainer, usado en la proporción de $\frac{3}{4}$ de gr. á 1 gr. por cada gramo de magnesio, sería muy aconsejable por la rapidez de combustión y por el hecho de producir poquísimos humos; pero el nitrato de amonio tiene el inconveniente de ser fuertemente higroscópico, lo que obliga á secarlo cada vez antes de usarlo.

El nitrato de torio es el comburente que entra en los polvos *agfa*, fabricados por la Act. Ges. für Anilin Fabr., de Berlín, cuyo uso ha patentado. El empleo del nitrato de torio es bastante racional, siendo notable la intensidad luminosa extraordinaria que alcanza el óxido de torio al llegar á la incandescencia. Pero es un producto caro y tiene también el inconveniente de ser un poco higroscópico. Esto obliga á utilizar en seguida la mezcla después de extraerla del frasco que la contiene.

Según el profesor Novak, mientras una mezcla de $\frac{1}{2}$ gr. de nitrato de torio y 1 gr. de magnesio desarrolla 358.000 B. M. S. (unidad de luz: bujía-metro-segundo), la mezcla de 1 gr. de magnesio y 1 de nitrato de potasa desarrolla 36.000 B. M. S.

Polvos relámpago á base de aluminio — El aluminio en polvo impalpable, que se vende en los comercios para fines decorativos, mezclado con comburentes á propósito, puede proporcionar polvos relámpago, que, si no alcanzan toda la luminosidad de los polvos á base de magnesio, dan, sin embargo, relámpagos dotados

de una acción fotogénica suficiente en la mayor parte de los casos.

Hemos analizado polvos relámpago puestos á la venta para la *fotografía al relámpago de magnesio* que no contenían apenas magnesio y sí sólo aluminio.

Damos á continuación algunas fórmulas para la preparación de polvos á base de aluminio:

Aluminio en polvo.....	21,7 partes.
Sulfuro de antimonio.....	13,8 —
Clorato de potasio.....	64,5 —

Esta composición resulta un poco peligrosa, á causa de la presencia del sulfuro de antimonio.

Otra buena mezcla es la siguiente:

Aluminio en polvo.....	1 parte.
Permanganato de potasio.....	2 —

El aluminio es todavía más difícilmente inflamable que el magnesio, y sin una buena mecha no se enciende.

Existen también polvos relámpago sin metales, esto es, sin magnesio y sin aluminio, conteniendo azufre, sulfuro de antimonio y azúcar como combustible y clorato y nitrato de potasio como comburentes; pero el poder actínico es, en general, insuficiente y, además, dichos polvos son mucho más peligrosos que los preparados á base de magnesio y de aluminio.

Polvos relámpago para la fotografía ortocromática.—Si en la mezcla de magnesio ó aluminio con oxidantes se introducen ciertos compuestos metálicos que tengan la propiedad de colorear el relámpago, se pueden obtener éstos de colores variados: amarillos, verdes, rojos, etc.

Ahora bien; en ciertos casos de fotografías interiores en los que se quiere una buena fidelidad en el claroscuro correspondiente á los diversos colores, tales relámpagos colorados pueden resultar ventajosos.

Como es sabido, las sales de sodio y de calcio coloran la llama de amarillo; las de bario, de verde, y las de litio y estroncio, de rojo. Estos mismos cuerpos introducidos en cantidades muy pequeñas, por lo general, en las mezclas para polvos-relámpagos, dan al relámpago coloración análoga á la que dan á la llama.

El efecto útil que puede producir el empleo de luces coloradas en la fotografía ortocromática lo explicaremos más adelante en el capítulo correspondiente.

CAPÍTULO IV

ESPECTROSCOPIA Y ESPECTROGRAFÍA

La grandísima importancia que para muchas prácticas fotográficas tienen los ensayos espectrográficos y espectroscópicos, nos obligan á hablar con alguna extensión del espectro, del modo de establecerlo y de expresarlo además con algunas características de los cuerpos que son una consecuencia de su comportamiento espectroscópico.

De lo que se refiere al comportamiento espectrográfico de las preparaciones sensibles empleadas en el procedimiento negativo, nos extenderemos en consideraciones en el capítulo de la sensitometría.

Espectro y modo de obtenerlo.—Como dije ya en el capítulo

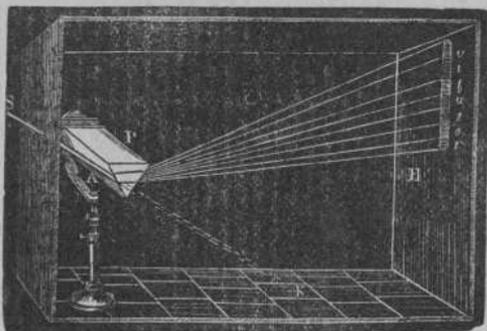


Fig. 1.

primero, cuando se hace llegar (fig. 1) de una estrecha hendidura S (colimador) un haz de luz blanca sobre una banda A de un prisma de vidrio, el haz sale descompuesto de la banda opuesta P (en vez de seguir hasta K) y en la pantalla H se recoge la franja que constituye el espectro.

Como se ve en la figura, las radiaciones rojas son menos desviadas por el prisma, mientras que las violeta son las más desviadas; á ello se debe que el rojo se define como el color menos refrangible y el violeta como el más refrangible. Como se ve, la longitud

de la franja resulta tanto mayor cuanto más lejana se encuentra la pantalla.

En lugar de recoger el espectro en una pantalla, se puede observar con un antejo y se puede también recoger en una placa fotográfica, observando de esta manera su acción sobre los preparados sensibles.

El aparato que sirve para estas observaciones se llama espectroscopio; el que permite también fotografiar el espectro, llámase espectrógrafo. Los grabados 2 y 3 representan, respectivamente, el espectroscopio y el espectrógrafo.

Volviendo á la figura 1, diremos que las desviaciones que, al unísono del ángulo y posición del prisma, sufren los rayos al salir, dependen de la naturaleza del vidrio.

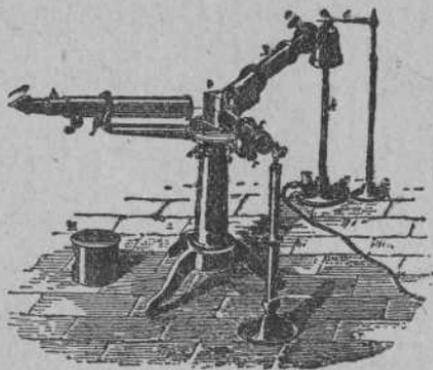


Fig. 2.

Así, por ejemplo, en igualdad de otras condiciones, un prisma de vidrio crown da un espectro mucho más corto que el que produce el prisma de vidrio flint.

La banda espectrográfica producida por un prisma solo, es siempre bastante corta y no permite un estudio de las varias partes que la constituyen.

Para obtener varias franjas espectrales se reúnen varios prismas, formando con ellos un sistema llamado de Amici, su inventor.

El aplicado en los instrumentos representados en las figuras 2 y 3 es un sistema de varios prismas.

El espectro producido por los instrumentos de prismas se denomina espectro prismático ó de dispersión. A causa de la inconstancia debida al diverso comportamiento de los vidrios, no puede permitir aquél cálculos seguros.

Por todo ello, para los estudios espectrográficos se prefiere recurrir al espectro llamado de difracción, que se obtiene por

medio de un finísimo reticulado, llamado también retículo de Fraunhofer.

Constituyen este retículo una serie de líneas finísimas, alternadas, opacas y transparentes. De ordinario se obtiene el retículo rayando con el diamante una placa de vidrio; las líneas incisas deben ser, por lo menos, 50 por milímetro.

La luz, al pasar por infinitésimas hendiduras transparentes, se descompone, y recogiendo en una pantalla la luz que ha atrave-

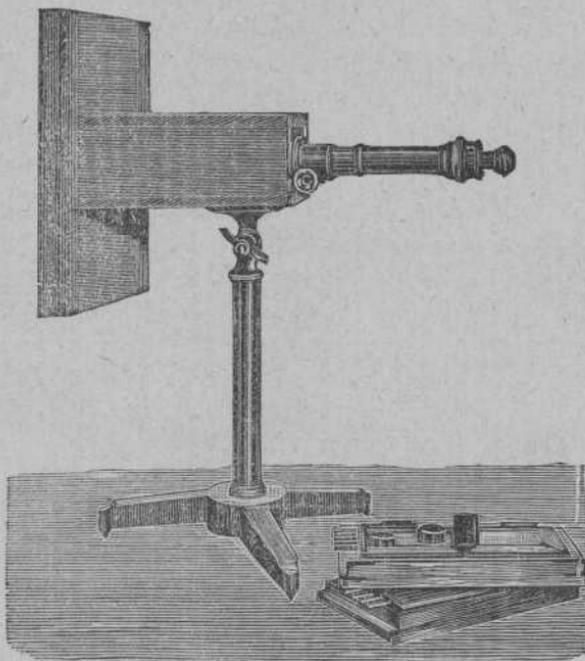


Fig. 5.

sado el retículo, se observa en el centro luz blanca y en cada uno de los lados una serie de espectros, que tienen color violeta hacia el interior y rojo hacia el exterior. Esto ocurre con el espectro de difracción, contrariamente á cuanto se verifica en el espectro de dispersión; el violeta aparece más próximo á la dirección del haz de luz blanca, y el rojo más lejano. El espectro de difracción obtenido como hemos indicado llámase también espectro normal, debido á su constancia, no ejerciendo en él influencia la calidad del medio que constituye el retículo.

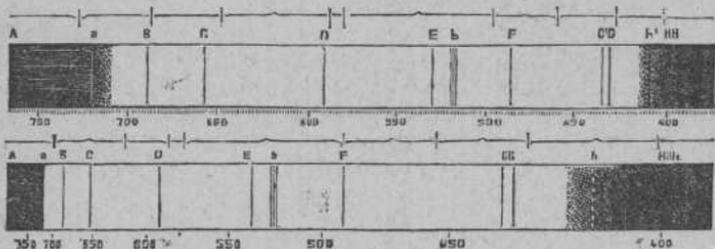
El espectro de difracción se diferencia del de dispersión, no sólo porque sale invertido, sino también porque es bastante diversa la

extensión de algunas bandas coloradas. En el espectro de difracción se tiene mayor extensión en la zona del rojo, y menor en la del violeta, en relación al espectro prismático.

Las dos figuras 4 y 5 representan: la primera, un espectro de dispersión ó prismático, y la segunda, un espectro de difracción ordinario.

La parte negra de la izquierda indica la zona del anterrojo, y la de la derecha la del ultravioleta. Sobre las dos bandas espectrales aparece en la figura una regla con signos que se refieren á los varios colores. El primer rasgo después del anterrojo (hasta más allá de C) es rojo, anaranjado después; después (pequeñísimo trazo después de D) amarillo, indi-verde (hasta la F casi); azul después; luego índigo (hasta después de GG), y, finalmente, violeta y ultravioleta.

Con cálculos se puede deducir, con aproximación, por una raya



Figs. 4 y 5.

que constituye el espectro prismático, la que representa el espectro normal.

Las líneas negras del espectro.—El espectro de la luz diurna no está constituido por lista colorada continua, sino que se observan en él gran número de rayas negras, algunas fácilmente visibles á simple vista, otras perceptibles sólo con atenta observación.

Estas rayas negras, llamadas rayas de Fraunhofer, por su descubridor, tienen en la ciencia notable importancia. Por medio de ellas el astrónomo ha podido determinar con seguridad la composición del sol y de los astros en general.

Creemos de interés decir algo sobre este importantísimo argumento.

Cuando en una llama no luminosa y muy calorífica, como la que emana de un mechero de gas Bunsen, se introducen ciertos cuerpos, la llama se colora, y su color varía con las variaciones del cuerpo empleado. El citado color lo da á la llama las pequeñas partículas que se volatizan á la acción del calor de la llama misma. La luz colorada que transmite la llama se hace pasar á

través de un prisma; y de esta forma se obtiene el *espectro* de la luz emitida por aquel cierto cuerpo que se introdujo en la llama. Procediendo así se pueden obtener los espectros de gran número de cuerpos (especialmente metales ó compuestos metálicos). Tales espectros no tienen el carácter del espectro solar; á veces están constituidos por gran número de listas brillantes, separadas una de otra, lo que se observa en los espectros que dan las sales de litio y de bario; otras por una lista sola, como ocurre con el sodio y el talio.

Los diversos espectros se distinguen entre ellos, en primer lugar, por el color de las líneas luminosas y también por la posición que ocupan tales líneas, que es determinada ó invariable.

Comparando los espectros de los cuerpos con el espectro solar, se observa que ciertas listas negras de este último corresponden perfectamente, por su posición, á las listas de los espectros de algunos cuerpos; las rayas de los espectros de estos cuerpos tienen, además, colores que corresponden á la posición de las coincidentes rayas negras del espectro.

El hecho tiene explicación en el principio establecido con excelentes experimentos por el gran físico Kirchoff (véase Ganot, *Tratado elemental de Física Experimental y razonada*.—Precio franco de porte, 16 pesetas. Bailly-Bailliére, editor, Madrid).

Un gas ó un vapor incandescente que tiene la propiedad de irradiar una luz determinada, posee también la de absorber aquella misma luz cuando obra de medio absorbente; éste, sin embargo, transmite, sin debilitarlas sensiblemente, todas las luces que no es capaz de emitir.

La composición del sol.—Esto ha conducido á deducir que la causa que produce la formación de las rayas negras en el espectro solar es, según todas las probabilidades, debida á la presencia en la atmósfera que rodea al sol de aquellos cuerpos cuyos espectros corresponden á una ó más rayas negras del espectro.

Se admite que en el sol existe un núcleo central que emana luz de espectro continuo, y pasando esta luz por la atmósfera solar los cuerpos gaseosos que se encuentran en ella absorben ciertos rayos y dan con ello lugar á la formación de las rayas negras del espectro. La presencia en el espectro solar de ciertas rayas negras que no corresponden al espectro de ningún cuerpo importante ha demostrado la existencia en el sol de cuerpos que no se conocen en la tierra todavía, y, por el contrario, el hecho de no figurar en el espectro solar las rayas negras que corresponden á los espectros de ciertos cuerpos terrestres, ha llevado á la exclusión de la presencia de estos cuerpos en la atmósfera solar.

Las principales líneas negras y las longitudes de onda.—En las franjas espectrales las listas negras principales que se observan se distinguen con letras mayúsculas, y precisamente, A B C en el

rojo, D en el amarillo anaranjado, E en el amarillo-verde, F en el azul-verde, G en el indigo, H H en el violeta.

Las listas menos visibles se indican con minúsculas.

En la fotoquímica se recurre con frecuencia á las letras ó á las longitudes de onda para precisar las radiaciones luminosas que obran mayormentè sobre determinado cuerpo.

En otros tiempos se usaban las letras, precisando las posiciones con indicaciones convencionales; así, por ejemplo: F. 2/3 G significa que el máximo de sensibilidad ha sido fijado en 2/3 de la distancia entre F. y G. Hoy, sin embargo, casi siempre se prefieren indicaciones en longitud de onda, que permiten la máxima exactitud de definición.

Citamos á continuación longitudes de onda de las principales radiaciones del espectro en millonésima de milímetro. El millonésimo de milímetro se acostumbra á expresar con las siguientes letras griegas μ μ ó también con sólo la letra también griega λ .

En relación con la lóngitud de onda, indicamos la claridad para el ojo humano considerando = 1 la claridad del color amarillo, que para la vista es el más claro.

COLOR	Duración de onda.	Claridad para la vista.
Rojó	663 μ μ	0,08
Anaranjado	610 »	0,76
Amarillo y amarillo verde	575 »	1
Verde y azul verde	526 »	0,64
Azul oscuro é indigo	472 »	0,12
Azul violeta	440 »	0,07
Violeta	420 »	0,04

El ultravioleta.—La franja espectral que se observa á simple vista no corresponde á la verdadera; como ya dijimos en el capítulo primero, la luz solar contiene radiaciones que la vista no distingue; pero que pueden verse con medios físicos ó químicos. Son estas las radiaciones *anterrojas* y las *ultravioleta*. Las primeras están antes del rojo; las segundas siguen al violeta; las radiaciones *anterrojas*, que pudieran también llamarse *caloríficas oscuras*, se descubren especialmente con medios físicos, mientras que las *ultravioleta*, que tienen en grado sumo la propiedad de producir fenómenos químicos, se descubren fácilmente con la placa fotográfica.

Sin embargo, existen hoy día placas sensibles cromatizadas de manera especial (véase el capítulo que trata de la fotografía orto-

cromática), capaces de descubrir gráficamente incluso el efecto de los rayos antrójos.

El ultravioleta tiene especial importancia en fotografía; en ocasiones conviene aprovechar las radiaciones ultravioleta para obtener la máxima rapidez en el efecto fotoquímico producido por cierta luz. En otras es necesario eliminar cuidadosamente tales radiaciones (por ejemplo: en la fotografía en colores con placas de mosaico) para evitar falsos efectos.

No resulta difícil comprender que en cualquier caso, antes que atender la máxima fidelidad en la reproducción gráfica de cierto color, se deben eliminar los rayos, como son los ultravioleta, que puedan ser emitidos por los cuerpos y obrar sobre la preparación sensible, mientras que no siendo perceptibles para la vista perjudicarían en la reproducción el color ó el valor del color mismo.

Experimentos Wood sobre fotografía con radiaciones invisibles.—Y ya que de este extremo nos ocupamos, creemos útil citar algunos experimentos interesantísimos efectuados por el profesor Wood, y presentados en el Congreso Internacional de Fotografía de Bruselas, que demuestran detalladamente cómo son desnaturalizados los efectos gráficos cuando se hacen fotografías con rayos exclusivamente antrójos ó exclusivamente ultravioleta. Interesantes fotografías demostrativas acompañaron á la conferencia.

Para fotografiar el antrójo se valió de un vidrio de cobalto bastante oscuro, combinado con una solución concentrada de bicromato de potasio. En esta forma se puede fotografiar con radiaciones de duración de onda que varía entre 700 y 760. No dijo qué placas había utilizado para estas fotografías. Seguramente serían placas sensibilizadas al pinacianol ó con otros de los sensibilizados modernos que aumentan la sensibilidad cromática, en el rojo especialmente.

Un paisaje á pleno sol, con hojarasca verde, fotografiado en estas condiciones, aparece blanco nieve, y el cielo, en cambio, negro profundo. Esto se debe á que el verde de las hojas refleja mucha luz antrója, mientras que el azul del cielo no contiene tales radiaciones. Las sombras de las plantas resultan bastante oscuras, porque las ilumina de manera especial, la luz difusa del cielo.

Como importante conclusión de estos experimentos manifestó el señor Wood que las radiaciones antrójas se encuentran esencialmente en las radiaciones solares directas.

Las nubes y el vapor absorben las radiaciones antrójas y, en consecuencia, el procedimiento puede tener también importancia para observaciones meteorológicas; con objetivo diafragmado de $1/7$ á $1/8$ la exposición necesaria es de cinco minutos.

Para obtener un paisaje fotográfico utilizando sólo las radiaciones ultravioleta se valió de una lente de cuarzo cubierta por un lado con una capa de plata (espejo de plata), con objeto de impe-

dir el paso á todas las radiaciones visibles. Solo pudieron pasar las radiaciones ultravioleta de longitudes de onda que oscilaba entre 310 á 325.

Las placas ordinarias ofrecen gran sensibilidad á los rayos ultravioleta y pueden emplearse también. Ciertas flores blancas fotografiadas en esta forma aparecen negras, demostrando con ello que absorben los rayos ultravioleta. Si se fotografía un paisaje en el que figure una estancia en la que la ventana tenga cerrado un cristal y abierto otro, la mitad cerrada aparecerá negra, porque recoge los rayos ultravioleta que vienen del exterior. Ciertos colores blancos, como el óxido de cinc, aparecen negros.

En la fotografía de los planetas, el empleo de este sistema puede conducir á interesantes resultados. En efecto; el autor estudió algunos detalles de la luna, especialmente el cráter de Aristarco. El borde de este cráter aparece negro en la fotografía, demostrando con ello la presencia de una sustancia que absorbe fuertemente el ultravioleta.

Los paisajes terrestres fotografiados por este procedimiento presentan, aun en pleno sol, ausencia de sombras. Esto demuestra que la mayor parte de los rayos ultravioleta son difundidos por la atmósfera.

Los objetos plateados apenas reflejan los rojos ultravioleta; tanto es así, que si nuestra vista fuera sensible á los rayos ultravioleta, la plata, que aparece blanca, la veríamos bastante oscura.

El fenómeno de la absorción de los rayos ultravioleta, por parte de ciertas flores, las blancas inclusive, explica el por qué éstas no pueden crecer en invernáculos protegidos por cristales que absorben buena parte de los rayos ultravioleta.

La importancia de las radiaciones, especialmente las ultravioleta, en la vida de las plantas y los animales demuestra lo muy interesantes, científica y prácticamente, que resultan los experimentos á que nos hemos referido.

Antes de dejar el argumento de los rayos invisibles diremos que no sólo la luz del día, sino también las luces artificiales emiten, si bien en diverso grado, rayos infrarrojos y ultravioleta.

Ya dijimos que la luz eléctrica por ejemplo, de vapores de mercurio, es riquísima en rayos ultravioleta, y rica también lo es en ellos la luz eléctrica de arco.

Espectros de absorción.—Indicamos en las anteriores páginas que cuando se introducen en una llama calorífica incolora ciertos cuerpos y se observa la llama que así se obtiene en el espectroscopio, se perciben rayas coloradas brillantes variables, en razón á los cuerpos que constituyen el espectro de emisión del cuerpo.

En los gases y en los líquidos fácilmente volátiles, se puede examinar el espectro de emisión colocándolos en tubos soldados (de manera que estén bastante enrarecidos) y haciendo pasar descargas.

eléctricas por dos hilos de platino soldados á las extremidades de los tubos.

En las prácticas fotográficas, las consideraciones sobre los espectros de emisión no tienen, en general, gran importancia, y en cambio es muchísima la que tienen los espectros de absorción.

Cuando la luz solar pasa á través de un cuerpo transparente colorado (un vidrio rojo, por ejemplo, ó una solución colorada) se despoja aquélla de una parte de sus radiaciones, que son absorbidas en la *filtración* de la luz.

Si se observa en el espectrógrafo la luz que sale del medio colorado, tendremos el espectro de absorción. El espectro de absorción, pues, está constituido por lo que queda del espectro solar después que ha atravesado un cierto cuerpo transparente.

Los aparatos espectroscópicos y espectrográficos permiten estudiar con exactitud científica el comportamiento de las soluciones coloradas (contenidas en vasijas de cristal vertical) de los vidrios de colores y de los cuerpos sólidos colorados respecto á la luz solar y á cualquier luz artificial.

En la fotografía ortocromática, especialmente, y en la tricromía, el estudio de los espectros de absorción de los *filtros de luz* (vidrios y soluciones colorados) que se emplean, tiene gran importancia.

Este argumento lo desarrollamos con mayor extensión en nuestro manual *I processi odierni per la Fotografia dei colori*, y no creemos necesario extendernos de nuevo sobre este punto.

Nos ocuparemos en estas líneas de una aplicación científica importante de los espectros de absorción; esto es, su aplicación al examen de la sangre. Bastan 2 ó 3 gotas de sangre mezclada con 4 ó 5 c. c. de agua para dar un espectro de absorción característico, consistente en dos largas franjas oscuras situadas constantemente entre las rayas D y E de Fraunhofer, una en el amarillo y otra en el verde. Esta propiedad se debe á la oxihemoglobina, esto es, al oxígeno que contienen los glóbulos rojos de la sangre. La oxihemoglobina, bajo la influencia de los cuerpos reductores (hidrógeno, óxido de carbono, ácido sulfhídrico, etc.), pierde su oxígeno, y entonces las dos franjas oscuras á que nos hemos referido, desaparecen, y se forma otra, en posición intermedia.

Existen sustancias que ofrecen un espectro de absorción exclusivamente limitado á los rayos ultravioleta; por ejemplo, una solución de esculina ó de bisulfato de quinina, ó una capa seca de gelatina adicionado de estas sustancias.

Colores de los cuerpos.—Volviendo á los espectros de absorción, diremos que su consideración ó estudio puede permitir la mejor comprensión de la causa principal á que se debe los colores de los cuerpos, que no es otra que la absorción.

La luz blanca que llega á la superficie de los cuerpos sólo atraviesa una pequeña capa de ellos. Esta pequeña capa superficial

ejerce funciones de filtro de luz, y la luz sale del cuerpo desprovista de algunos de sus colores. Por ello el cuerpo aparece colorado de aquel color ó mezcla de colores que no sufrieron acción filtrante alguna.

Ciertos cuerpos absorben todos los colores de la luz blanca, y, en consecuencia, aparecen negros á nuestra vista; otros no absorben ninguno de ellos y se nos presentan blancos.

El color que presentan los cuerpos varía, por lo general, con el variar de su estado físico y con el estado de agregación. Los cuerpos en finísimo polvo tienen, las más de las veces, un color distinto al que cuando están compactos.

La plata, por ejemplo, que en masa compacta tiene un color blanco brillante, en estado de gran subdivisión, como se encuentra en las imágenes fotográficas obtenidas con placas al gelatino-bromuro, presenta un color intensamente negro.

Los cuerpos en estado de fusión ó de solución presentan también una coloración distinta á la que ofrecen en estado sólido.

Los cuerpos sólidos naturales ó artificiales, en los que el color se produce por el fenómeno de absorción considerado, se llaman pigmentos.

Más adelante nos ocuparemos de los colores pigmentarios en lo que se refiere á su comportamiento y á su agrupación.

Colores debidos á la interferencia.—Si bien muy raramente, el color que producen en los cuerpos los fenómenos de absorción es debido también, á veces, á fenómenos llamados de interferencia.

Por interferencia luminosa se entiende la acción que las luces simples ó compuestas ejercen unas sobre otras, y en consecuencia á la cual se produce, ya sea la oscuridad ó luces de diversos colores.

Los fenómenos de interferencia se explican maravillosamente admitiendo, como hemos hecho, que la luz la produce un movimiento de onda del éter. Así como las ondas que se forman en la superficie del agua pueden dar lugar, al encontrarse, á ondas mayores ó menores, según las fases de ellas mismas, así también las ondas luminosas del éter, al componerse en ciertas circunstancias, pueden dar lugar á otro sistema de ondas al que corresponda un color distinto.

Cuando sobre la superficie de ciertos cuerpos cae luz blanca, como ocurre con la madreperla, sucede que una porción de la luz incidente se refleja inmediatamente y otra lo hace después de haber atravesado una capa infinitamente tenue del cuerpo.

La porción de luz que se refleja después de haber penetrado á través de la finísima capa se encuentra, pues, retrasada en relación á la otra, y si el retraso es de una media duración de onda, tendremos que, al encontrarse, los dos sistemas de onda estarán, necesariamente, en oposición de fase y, obrando uno sobre otro, darán

lugar á un sistema de ondas diverso y, en consecuencia, á una luz distinta.

A fenómenos de interferencia de esta naturaleza se deben los tonos iridescentes de muchos insectos, peces y pájaros, de ciertas calidades de vidrio y de ciertos metales cuando cubre su superficie una débil capa de óxido; así ocurre con el acero y el plomo.

Colores fundamentales.—Hablando en términos rigurosamente científicos, son colores simples sólo los del espectro, y las luces que corresponden á un determinado color espectral se llaman monocromáticas.

Pero si se estudia detenidamente el espectro de la luz blanca se observa que existen en él radiaciones coloradas que no sólo predominan, sino que permiten producir ya sea luz blanca, mezclándola con aquéllas en proporciones acertadas, ó todos los otros colores, si no de manera absoluta, cuando menos con gran aproximación. Estas radiaciones son: rojo anaranjado, verde y violeta.

Los colores fundamentales tienen, pues, la propiedad de que uniendo dos de ellos resulta un color de su combinación que mezclado al tercero da luz blanca. Por ejemplo, si se mezcla el rojo con el azul-verde, ó el anaranjado con azul, ó el verde con el púrpura (rojo violeta) se obtiene luz blanca.

Mezcla de luces y mezclas de pigmentos.—**Colores complementarios.**—Las luces de colores que, combinadas, dan luz blanca se llaman complementarias.

Pero sea cual fuere el caso en que se combinen las luces coloradas, incluso correspondiendo á dos colores fundamentales (luces monocromáticas), se forma siempre, además de la luz compuesta, un poco de luz blanca. Así es que, puede decirse, mezclando más luces coloradas se tiende más y más á obtener luz blanca.

Lo contrario ocurre con las mezclas de pigmentos colorados. En los pigmentos produce el color la absorción de algunos de los colores que constituyen la luz blanca; sucede, pues, que cuantos más pigmentos se mezclan, sustrayendo cada uno algún color á la luz blanca, el color de la mezcla será tanto más oscuro cuanto mayor sea el número de los diversos pigmentos y en lugar de tender al blanco lo hará al negro.

Así, pues, dos luces coloradas podrán ser perfectamente complementarias, esto es, mezcladas dar una luz perfectamente blanca; al contrario, dos pigmentos, aun correspondiendo á dos luces complementarias, no podrán dar nunca el color blanco, pero sí un color gris más ó menos subido, según el grado de saturación de ambos colores. Claro es, pues, que mientras para una luz colorada se puede considerar su complemento al blanco, para un pigmento, inversamente, se deberá, si se quiere proceder con exactitud, considerar el complemento al negro.

La noción de los colores fundamentales en la forma que se

aplica á las luces no es aplicable á los pigmentos colorados, porque existe en ellas un color pigmentario que no puede obtenerse de ningún modo con la mezcla: este es el amarillo.

En cambio, en la combinación de luces coloradas, el amarillo puede formarse con la mezcla del rojo anaranjado y el verde.

En los pigmentos, pues, los colores fundamentales son necesariamente diversos y están subordinados á la circunstancia de que uno debe ser, absolutamente, el amarillo. Estos colores son el rojo carmín, el amarillo y el azul verde.

Con estos tres pigmentos se pueden obtener, con suficiente aproximación, todos los colores, y esto lo saben también los pintores.

Pero la mezcla de pigmentos nunca podrá dar la viveza de colores como la mezcla de luces, porque, como ya dijimos, se forma siempre inevitablemente negro.

Este argumento, apenas tratado aquí, se encuentra ampliamente estudiado en nuestro manual *La fotografía in colori*.

Características de los colores pigmentarios.—Bandas espectrales de absorción.—Trataremos en estas líneas de algunas características de los colores pigmentarios que tienen especial importancia por la índole del presente volumen.

Llámanse *sáturos* los colores que son puros y no contienen en su composición cantidad alguna de negro ó blanco. El negro oscurece los colores; el blanco los debilita, y ambos tienen por efecto hacerles perder su viveza.

No existen colores saturados en el verdadero sentido de la palabra; pero existen pigmentos, y especialmente los colores del alquitrán, que á cierta concentración aparecen vivísimos y, por ello, próximos á ser saturados.

Cuando se mezclan varios pigmentos entre sí se pierde en saturación por la formación del negro, mientras que cuando se mezclan luces coloradas se pierde en saturación por formación de blanco.

Dos características de los pigmentos están íntimamente ligadas entre sí, esto es: calidad de las radiaciones difusas y, calidad de las radiaciones absorbidas.

Si hacemos pasar un haz de luz blanca á través de la solución de un pigmento dado de suficiente concentración ó á través de una capa de gelatina ú otro medio transparente, coloreado con el pigmento que examinamos, y observamos en el espectroscopio el haz que sale, veremos que una parte mayor ó menor de las radiaciones es absorbida y la banda espectral aparece negra en relación á tales radiaciones.

Las bandas espectrales así obtenidas se llaman espectros de absorción.

Los espectros de absorción nos dicen cuáles son los rayos colo-

rados que ciertos pigmentos absorben y, en consecuencia, diferentemente, cuáles los rayos que difunden ó reflejan.

Los pigmentos, á causa de su origen y del color, tienen espectros de absorción muy variados por extensión.

En colores iguales ó análogos se observa, en general, que el espectro de absorción de los pigmentos minerales (tierra, óxidos colorados, etc.) es mucho más frecuente que en los vegetales ó colores orgánicos artificiales (extractos de madera colorada y colores del alquitrán).

Los colores del alquitrán especialmente tienen, en general, espectros de absorción, constituídos por franjas estrechísimas, y á ello deben precisamente su gran viveza.

Sucede, pues, por lo tanto, que mientras los colores del alqui-

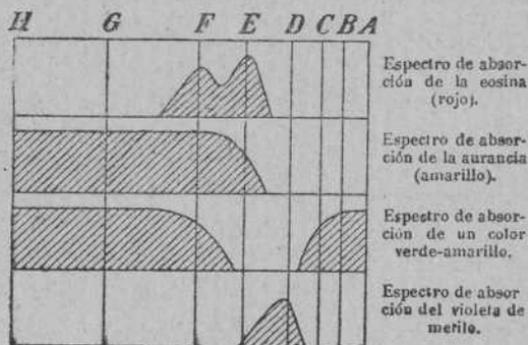


Fig. 6.

trán reflejan gran parte de la luz que reciben, absorbiendo tan sólo pocas radiaciones (lo que es precisamente la causa del color) los colores minerales reflejan sólo una pequeña parte de la luz que reciben absorbiendo la mayor parte de ella.

La figura representa los diagramas de los espectros de absorción de los tres colores del alquitrán: eosina (rojo púrpura), aurancia (amarillo), violeta de metilo.

La curva representa la marcha de la absorción en relación con las varias radiaciones; se puede establecer también con gran facilidad las posiciones de los máximos de absorción. El violeta de metilo, por ejemplo, tiene el máximo de absorción casi en proporción á la raya D del espectro.

Midiendo las superficies trazadas contenidas entre las curvas se pueden hacer comparaciones sobre la cantidad total de radiaciones absorbidas por los varios colores de una concentración dada.

Del examen de los diagramas resulta que, mientras en ellos existen pigmentos, como la eosina y el violeta de metilo, que ab-

sorben una pequeñísima cantidad de radiaciones, la suficiente apenas puede decirse, porque apaga el color que las caracteriza, otros, como el aurencia, absorben una zona mucho más extendida de las radiaciones espectrales.

La característica de los colores verde-amarillo es, como se observa en la figura, presentar una banda de absorción no continua, pero permaneciendo parte en el violeta y parte en el rojo.



CAPÍTULO V

PRINCIPIOS QUE REGULAN LA ACCIÓN QUÍMICA DE LA LUZ

La acción de la luz es regulada por algunos principios. Estos, que son consecuencia de muchos estudios y observaciones, fueron expuestos en la forma siguiente por el Dr. J. M. Eder en su celebrado libro de fotografía.

Por nuestra parte, intentamos aclarar dichos principios sometiéndolos á ciertas investigaciones y algunos ejemplos. Pero algunos de aquellos principios serán comprendidos mejor á medida que se proceda á la lectura del volumen.

I

Los rayos de luz de todos los colores (comprendidos los infrarrojos y los ultravioleta) pueden producir fenómenos químicos.

Todos los rayos del espectro son capaces de ejercer una acción química. Con la luz azul y violeta, los dos gases cloro é hidrógeno se combinan entre sí para producir ácido clorhídrico. Ante los rayos directos del sol, la combinación se efectúa instantáneamente con explosión, mientras en luz difusa se efectúa lentamente.

A la luz azul, violeta ó ultravioleta, el cloruro de plata, como todas las sales de plata en general, se descompone. El óxido mercurioso al contacto con el aire se oxida á la luz roja, transformándose en óxido mercurico, compuesto que contiene más óxido y tiene un color rojo.

La cianina (color que se obtiene del alquitrán) se descolora á la luz amarilla, etc.

II

Los rayos que obran químicamente sobre un cuerpo deben ser absorbidos por él. La acción química está, pues, ligada íntimamente á la absorción óptica.

Si hacemos pasar á través de uno ó más cuerpos capaces de ser modificados químicamente por la acción de la luz, un haz de rayos luminosos, éste, después de haberlos atravesado, no es ya capaz de

ejercer la misma acción química sobre los mismos cuerpos, ó bien obra ya en menor grado. Esto significa que aquellos rayos luminosos que obran sobre un cuerpo ó cuerpos son absorbidos por ellos completa ó parcialmente (apagados).

Una mezcla de bicloruro de mercurio (sublimado corrosivo) y de oxalato de amonio en solución, es bastante sensible á la luz. Ante la influencia de la luz, el oxalato de amonio, obrando sobre el bicloruro de mercurio, lo transforma (reduce) en protocloruro de mercurio (calomelano), el cual, siendo insoluble, se deposita en forma de polvos blancos.

Ahora bien; si después que un haz de rayos luminosos ha atravesado un tubo vertical de cristal, conteniendo la citada mezcla en espesor suficiente, se le hace pasar por otro que contenga otra mezcla igual, no se observa en este segundo recipiente precipitación alguna de protocloruro de mercurio, lo que demuestra que el haz ha perdido, á causa de aquella mezcla, toda su actividad química.

Con muchísimos experimentos fáciles de llevar á la práctica se puede comprobar la verdad del principio expuesto.

Este principio, expresado en otros términos, dice que sobre un cuerpo ó una mezcla de cuerpos que ofrezcan sensibilidad á la luz, sólo obran, produciendo las modificaciones químicas naturales, aquellos rayos luminosos que son absorbidos, y no los otros.

III

Los rayos del espectro de todos los colores pueden dar lugar á descomposiciones y á combinaciones según la naturaleza de los cuerpos sensibles.

Davy, en 1812, expuso la ley de que los rayos poco refrangibles del espectro, esto es, el rojo y el amarillo, obran como oxidantes, mientras que los rayos más refrangibles lo hacen reduciendo. Esto es, sobre los cuerpos capaces de combinarse con el oxígeno del aire, bajo la influencia de la luz, obran los rayos rojos, mientras que los cuerpos que se reducen (descomponen) sufren la influencia de los rayos violeta.

Sin embargo, esta ley no es exacta. Si bien en muchos casos se verifica, como veremos, no es por ello general; todos los rayos pueden producir combinaciones y descomposiciones. Los rayos violeta, que descomponen los compuestos de plata, facilitan la oxidación de muchas materias orgánicas, esto es, su combinación con el oxígeno del aire, mucho más que los rayos rojos.

IV

En las combinaciones metálicas se verifica que la luz roja obra en general como oxidante y la luz violeta como reducente. En las combinaciones orgánicas es, en general, la luz violeta la que obra como oxidante. Las materias colorantes orgánicas son, pues, oxidadas en grado máximo y descoloradas por lo tanto por aquellos rayos rojos que ellas mismas absorben.

El óxido mercurioso negro, expuesto á la luz roja al contacto con el aire, se oxida transformándose en óxido mercúrico, que es rojo. Este último, expuesto á la luz violeta, se descompone (reduce) á su vez en óxido mercurioso y oxígeno.

Las sales ferrosas, al contacto con el aire, se oxidan y transforman en sales férricas mucho más rápida y completamente á la luz roja que á la violeta. Muchas sales férricas son reducidas á sales ferrosas bajo la influencia de los rayos violeta.

Muchos compuestos orgánicos se oxidan al aire bajo la influencia de la (luz violeta especialmente) mucho más rápidamente que en la oscuridad. Ejemplo: el éter, el aldehído, el ácido prúsico, la esencia de trementina, los aceites vegetales, las grasas animales, etcétera. El betún de Judea, que es una combinación de carbono é hidrógeno (hidrocarburo), es modificado por la acción de la luz de tal manera que pierde las propiedades de disolverse en muchos líquidos (esencia de trementina, bencina, esencia de lavanda). Un procedimiento de fotoincisión se funda en esta propiedad.

Las materias colorantes orgánicas naturales ó artificiales se resienten todas más ó menos á la acción oxidante del aire en presencia de la luz: por esta acción tienden á descolorarse.

Esta acción descolorante hace ya mucho tiempo que se puso en práctica (antes de la aplicación del cloro y de los hipocloritos) para blanquear la tela cruda. Se tendía ésta mojada todavía al sol en un prado y allí se dejaba durante algunas semanas hasta que por la acción simultánea del oxígeno y de la luz quedaba completamente blanqueada.

Las materias colorantes artificiales procedentes del alquitrán de carbón fósil se resienten, en general, en gran manera la acción de la luz. Por esta causa los paños y papeles colorados con los colores del alquitrán pierden, en tiempo relativamente breve, la viveza de la coloración.

Los rayos luminosos que sobre las materias colorantes ejercen máxima acción son los que la materia misma absorbe. Para muchas materias colorantes se verifica que los rayos luminosos absorbidos son aquéllos cuyo color es complementario al color de la materia misma.

Por otra parte, el hecho de que la acción química es desarrollada en grado sumo por los rayos absorbidos no es propio de las materias colorantes, sino de todos los cuerpos en general.

Todos los cuerpos sólidos, líquidos ó gaseosos, tienen la propiedad de absorber ciertos rayos del espectro, y no los demás. Esta absorción no es sino una transformación de movimiento. Pero si los cuerpos son, como en lenguaje fotográfico se dice, sensibles á la luz, á los rayos absorbidos se deben, precisamente, las modificaciones químicas.

V

Se puede aumentar bastante la sensibilidad de los cuerpos para los rayos que no son absorbidos por ellos mezclándolos con sustancias capaces de absorber estos rayos.

El bromuro de plata, que es sensible á los rayos azul y violeta, rayos que absorbe, mientras que no lo es, casi absolutamente, á los rayos amarillos y rojos, que absorbe ó, si lo hace, en grado mínimo, puede hacerse bastante más sensible á estos últimos rayos, mezclándolo con sustancias susceptibles de absorberlos.

En este principio, llamado de Vogel, se funda la preparación de las placas llamadas ortocromáticas; esto es, sensibles á todos los colores. Las sustancias que se mezclan al bromuro de plata son, en general, materias coloradas derivadas del alquitrán. Estas sustancias toman el nombre de sensibilizadores ópticos. Hablaremos de ellas en el capítulo referente al ortocromatismo y pancromatismo.

La aplicación de los sensibilizadores ópticos no es posible en todos los casos, porque en algunas sustancias la sensibilidad, para algunos rayos, no puede ser aumentada, ó solo muy poco, empleando sensibilizadores ópticos. En estas condiciones se encuentran los compuestos férricos.

Puede decirse que hasta ahora el efecto de los sensibilizadores ópticos no se ha podido utilizar más que en la producción de la imagen latente con sales de plata.

VI

En las descomposiciones efectuadas por la luz, la presencia de una sustancia capaz de apropiarse uno de los productos de la descomposición hace que la acción de la luz sea más rápida y más completa.

El cloruro férrico por sí solo es muy poco sensible á la luz; su descomposición en cloruro ferroso y cloro se efectúa sólo en pequeña proporción.

Esto se debe especialmente al hecho de que el gas cloro que queda libre en la descomposición, por la tendencia que tiene á recombinarse con el cloruro ferroso, tendencia que es aumentada por la acción de los rayos rojos, hace mucho más difícil el que la descomposición continúe. Pero si vamos eliminando el cloro á medida que se forma, se comprenderá que, no encontrando ya obstáculos, la descomposición se efectúa con mucha más facilidad. A ello se debe que el cloruro férrico, mezclado con ciertas sustancias orgánicas, como los ácidos oxálico, tartárico y cítrico, capaces de apropiarse el cloro (modificándose químicamente), se muestre mucho más sensible á la luz.

El cloruro de plata, siendo bastante más sensible que el cloruro férrico, adquiere una sensibilidad mucho mayor cuando se mezcla con sustancias capaces de apoderarse de cloro, que es uno de los productos que se forman en su descomposición. En la práctica se recurre al amoníaco, nitrito de potasa, y también con mucha frecuencia al nitrato de plata ó citrato de plata, de los cuales los últimos se apropian el cloro que se forma y producen continuamente nuevo cloruro de plata, el que á su vez es descompuesto por la luz. De este modo, además de facilitar la descomposición del cloruro de plata, se consigue también el objeto de obtener una intensidad de coloración mucho mayor.

Las sustancias que se mezclan á los cuerpos sensibles para absorber uno de los productos de su descomposición á la luz se denominan sensibilizadores químicos. Véase nuestro estudio sobre sensibilizadores químicos al final del presente volumen.

VII

El comportamiento á la luz varía con la pureza del compuesto sensible, con su estado físico, con su estado de división y eventualmente (en los compuestos de plata) con la manera de desarrollar la imagen latente.

La pureza del compuesto sensible tiene mucha influencia en la sensibilidad; ciertas impurezas pueden disminuirla. Un cloruro de plata, por ejemplo, que llevara huellas de cloruro de potasa, sería mucho menos sensible á la luz que si fuese puro.

Muchos compuestos (los férricos entre ellos) demuestran mayor sensibilidad cuando están un poco húmedos.

El hecho de estar el cuerpo en un estado físico más bien que en otro, tiene notable influencia; los cuerpos fundidos ó disueltos tienen distinta sensibilidad que cuando se encuentran en estado sólido. El ferricianuro de potasa, por ejemplo, que en estado sólido cristalino puro, apenas se resiente de la acción de la luz, se hace relativamente sensible disolviéndolo en agua destilada.

Para las preparaciones de plata sensibles, la imagen latente, esto es, invisible (véase el capítulo sobre la imagen latente) que se forma con una brevísima exposición, puede colocarse después en diverso grado de intensidad y también darle diverso grado de coloración, variando el baño de desarrollo; pero esto se verá mejor á continuación.

A estas leyes que regulan la acción de la luz, añadiremos algunas consideraciones acerca de la influencia del agua en las reacciones químicas que se producen á la luz.

Diremos en esta ocasión que la combinación á la luz del cloro con el hidrógeno se facilita enormemente con la presencia de humedad en el gas. El cloruro ramoso sólo se modifica á la luz en presencia de humedad.

En otros casos la humedad perjudica la sensibilidad.

Para la formación de la imagen latente las placas al gelatino-bromuro bañadas requieren doble tiempo que cuando están secas.

La gelatina bicromada es bastante más sensible en estado seco que en estado húmedo.

CAPÍTULO VI

FOTOMETRÍA.—ACTINOMETRÍA.—LUZ TIPO

En toda luz, ya sea natural ó artificial, deben considerarse dos extremos: la intensidad ó claridad y la actinidad.

La intensidad ó claridad es lo que la vista observa; ésta se mide con los llamados fotómetros y en la forma que la Física enseña (1).

Para medir la intensidad es siempre la vista lo que preside. Por ello se recurrirá á fenómenos de combinación hasta que éstos y la luz tomada como unidad hayan alcanzado la misma intensidad.

En cambio, para medir la actinidad de una luz, esto es, su potencia en lo que á producción de fenómenos químicos se refiere (y también fenómenos fotográficos) debe recurrirse á fenómenos químicos. Debe, pues, acudir á fenómenos de combinaciones ó descomposiciones, que se producen bajo la acción de la luz, estableciendo la cantidad de un cuerpo dado formado á la acción de la luz y comparándola con la producida por una luz tipo. La actinidad de una luz se llama también poder actínico ó fotogénico.

Draper en primer lugar y Bunsen y Roscoe después, recurrieron al fenómeno de la combinación de los dos gases, hidrógeno y cloro, en cuya combinación se produce el gas ácido clorhídrico. Si un recipiente de vidrio que contenga la mezcla de los dos gases se somete directamente á la luz solar, la combinación del hidrógeno con el cloro se efectúa instantáneamente con violenta y peligrosa explosión. Si, por el contrario, el recipiente que contiene la mezcla se expone á la luz solar difusa, la combinación se efectúa lenta y regularmente, y con ello de la cantidad de los dos gases que se han combinado en un cierto tiempo se puede deducir la energía química de la luz misma.

El aparato que utilizaron Bunsen y Roscoe en sus investigaciones científicas no es muy sencillo, si bien es de fácil comprensión el principio en que se funda. La mezcla de los dos gases, hidrógeno y cloro, se coloca en un recipiente de vidrio en contacto con

(1) GANOT. *Tratado elemental de Física experimental y razonada*, ilustrado con grabados.—Precio encuadernado y franco de portes, 16 pesetas. Bailly-Bailliere, editor, Madrid.

agua saturada de cloro. El ácido clorhídrico que se forma á la acción de la luz, siendo muy soluble, se disuelve en el agua, con la que está en contacto, y así el volumen de la mezcla gaseosa disminuye poco á poco. Esta disminución del volumen gaseoso puede calcularse exactamente con el aparato, y el valor de ella sirve para indicar el grado de actividad de la luz.

Fenómenos químicos utilizables para medidas actinométricas.— Se comprende que el fenómeno químico, sea el que fuere, que se toma para determinar el poder actínico de una luz, debe ser capaz de producirse regularmente bajo la acción de la luz misma.

Otros actinómetros se fundan en los principios químicos siguientes: Descomposición del agua de cloro á la luz con formación de ácido clorhídrico y gas oxígeno. Después de la acción de la luz se determina el cloro que quedó libre en la solución.

Descomposición de una mezcla de cloruro férrico y ácido oxálico. Por la acción de la luz se forma gas ácido carbónico y cloruro ferroso. Se puede medir el volumen del gas ácido carbónico producido ó también dosificar la cantidad de cloruro ferroso formado.

Descomposición del bicloruro de mercurio en presencia de ácido oxálico.

Por la acción de la luz se forma cloruro mercurioso insoluble, que puede ser recogido y pesado.

Actinómetros de papeles fotográficos.—Se puede determinar con mucha más sencillez el poder actínico de la luz utilizando la descomposición que se produce en las sales de plata expuestas á la luz.

En este caso, lo que permite confrontar las dos luces es la importancia del ennegrecimiento. Para ello basta exponer á la luz un trozo de papel recubierto de una capa sensible y observar el tiempo que emplea en alcanzar cierta intensidad.

Haciendo una operación igual en las mismas condiciones en una luz tipo y la luz á estudiar, las relaciones del tiempo dan las proporciones de actividad.

Un instrumento fundado en este principio es el actinómetro ó exposímetro Wynne, que en fotografía se utiliza mucho.

En él se emplea un papel, á las sales de plata, de notable sensibilidad, y se obtiene una tinta tipo, que representa el ennegrecimiento que se alcanzará en la exposición á la luz.

Hemos comprobado que se obtiene un papel de propiedades análogas á las que posee el del sensitómetro Wynne emergiendo el papel al gelatino-bromuro de plata en una solución acuosa saturada de hidroquinona y dejándolo secar luego.

Luz tipo.—Todos los fenómenos que hemos considerado no pueden dar nunca valores absolutos, sino relativos. Si se quiere expresar, pues, numéricamente el poder actínico de una luz dada, es preciso establecer, ante todo, una luz tipo para tomarla por unidad.

Tanto para la expresión de la intensidad luminosa de una luz como para la del grado de actinidad, es preciso recurrir á una luz muestra ó tipo, la que se tomará por unidad de medida.

La unidad de medida adoptada generalmente, es la bujía, entendiéndose la luz producida por una bujía de dimensiones y composición especiales. La unidad de luz es la producida por una bujía tipo, que arde durante un segundo á la distancia de un metro, esto es, bujía-metro-segundo (BMS).

A causa de la inestabilidad de la luz de la bujía propiamente dicha, fueron propuestas otras luces de intensidad más ó menos diversas de la de la bujía original.

La unidad ó bujía Carcel, usada en Francia en muchas ocasiones, se obtiene con una lámpara especial, que quema 42 gr. por hora de aceite de colza rectificado.

La unidad ó bujía Hefner, adoptada especialmente en las prácticas de sensitometría fotográfica, se representa con la luz producida por una lámpara de acetato de amilo, la cual produce una llama de 40 mm.

Esta luz fué adoptada como unidad de medida en los experimentos fotográficos del Congreso Fotográfico celebrado en París el año 1899.

En 1904 recomendó el Sr. Ch. Fery como luz tipo una luz de acetileno, obtenida aplicando un diafragma agujereado de dimensiones apropiadas á una llama larga de acetileno, de manera á utilizar la parte más luminosa de la llama. Se establecieron también las dimensiones del tubo del que sale el gas acetileno y la presión.

Esta luz, si bien no adoptada todavía oficialmente, parece ser racional y recomendable, tanto por su constancia como por su composición, que se aproxima mucho más que las luces producidas por bujías, aceites, acetato de amilo á la de la luz diurna.

Datos sobre el poder actínico de las diversas luces.—Consideraremos ahora el poder actínico de las principales luces mencionadas hasta ahora.

En lo que á la luz natural se refiere, diremos que su intensidad y poder actínico varía bastante en las diferentes horas del día y en las diversas estaciones.

El poder actínico de la luz puede calcularse que en Junio es 16 veces mayor que en Diciembre. Es máximo cuando el Sol está en zenit; en las horas matutinas es mayor que en las vespertinas.

Las nubes, aun las tenues, absorben hasta un 40 por 100 de la luz y las nubes grises hasta el 80 por 100. La luz directa del Sol puede calcularse de 8 á 14 veces mayor que la difundida por el cielo sereno.

La situación geográfica, la altura sobre el nivel del mar y otras diversas circunstancias, hacen variar el poder actínico de la luz solar.

El ojo, en el cual ejercen acción mucho mayor los rayos claros (anaranjados, amarillos y amarillo-verdes) de la luz blanca, que los menos claros, pero mucho más actínicos, de la luz, no pocas veces cae en error al juzgar la potencia fotogénica en cierto momento de la luz diurna. Y por ello puede resultar muy ventajoso el medir con los actinómetros de papeles fotográficos á que hemos hecho referencia.

Otro sistema de medida consiste en examinar la claridad de los objetos á través de una pantalla azul, de la cual se puede aumentar el espesor; de esta forma se excluyen los rayos anaranjados y amarillos que tanto engañan á la vista. En este principio se fundan ciertos fotómetros ó actinómetros (Degen, Heyde, etc.), con los cuales se consigue establecer en cualquier caso, con suficiente aproximación, el tiempo exacto de exposición para hacer fotografías.

Para las varias luces artificiales, el poder actínico ó actividad química se expresa, según Eder, con la tabla siguiente:

Manantial de luz á un metro de distancia.	Claridad de la luz.	Actinidad relativa.
Lámpara tipo Hefner.	1	1
Luz de gas común.	16	28
Luz oxidrica Drummond.	70	260
Cinta de magnesio (0,05 gr.).. . . .	80	1.628
Polvos relámpago con 1,5 de magnesio y 1,5 de perclorato.	—	200.000
Luz eléctrica de arco (4 lámparas de 2.000 bujías)..	8.000	100.000 á 300.000
Luz eléctrica de incandescencia (filamento de carbón).	10	87
Luz solar directa en Octubre á las nueve (en Viena)...	70.000	450.000
Luz de la luna.	—	8

CAPÍTULO VII

LAS SALES DE PLATA

Siendo así que la fotografía se funda, en su mayor parte, en la sensibilidad á la luz de las sales de plata, parece indispensable examinar la manera de preparar y la propiedad de las principales sales de plata, antes de pasar al estudio de los procedimientos fotográficos.

Las sales de plata sensibles á la luz son muy numerosas; puede decirse lo son casi todas. Sin embargo, sólo consideraremos en estas páginas las que mayor importancia tienen en el procedimiento negativo.

Según parece, el alemán Schulze fué el primero que dió á conocer (1727) las propiedades de las sales de plata de ser sensibles á la luz. Sin embargo, sólo estudió la acción de la luz sobre el nitrato de plata. La sensibilidad del cloruro de plata no fué descubierta hasta 1757 por el profesor Beccarino, de Turín.

A raíz de ello, se estudiaron otras sales de plata, preparando así el terreno á la fotografía.

Pero es probable no hubiera ido muy adelante la fotografía sin el caso que condujo al descubrimiento de Daguerre.

El ennegrecimiento de las sales de plata á la luz es un fenómeno que no podía escapar al ojo humano, y por ello antes ó después debía ser descubierto.

Pero la propiedad de muchas sales de plata, y especialmente las sales aloides (cloruro, bromuro y yoduro), de modificarse por efecto de una acción mucho más breve de la luz en forma por completo invisible, pero fácil de descubrir bajo la acción de ciertos agentes especiales (reveladores), es de tal naturaleza que nadie pudo preverla, y de no haberse producido aquel caso providencial que ayudó á Daguerre, el descubrimiento de Schulze y todos los otros que hubieran podido hacerse sobre las modificaciones visibles de las sales de plata á la luz no hubieran pasado de letra muerta.

Teniendo esto en cuenta, vamos á describir las principales propiedades y el modo de preparación de las sales de plata más importantes.

Nitrato de plata.—El nitrato de plata tiene la fórmula química $AgAzO^3$ ó $AgNO^3$. El nitrato de plata ó azotato de plata es, puede

decirse, el punto de partida para la preparación de todas las sales de plata. Químicamente hablando, muchas sales de plata podrían producirse también por otro sistema; pero en la práctica se obtienen todas tomando como base el nitrato de plata.

Se obtiene el nitrato de plata por acción del ácido nítrico sobre la plata. En una cápsula de porcelana se coloca la plata, se vierte después ácido nítrico concentrado y, por último, agua. Por cada 1 de peso de plata se debe emplear cerca de 1 volumen de ácido nítrico puro concentrado (densidad, 1,40) y cerca de un volumen de agua destilada. Calentando á mediano calor la cápsula, la plata se disuelve rápidamente, emitiendo humos rojos en gran abundancia. La reacción que se efectúa puede representarse por la ecuación



Pero el hidrógeno, por lo menos en gran parte, no se disuelve, porque, encontrándose en presencia de ácido nítrico, obra sobre éste, efectuando la reacción



Y es precisamente el óxido de ázoe NO que da con el aire el humo rojos.

Para calcular la cantidad de ácido nítrico necesario para transformar en nitrato cierto peso de plata, deberá tenerse en cuenta no sólo lo que se deduce de la reacción [1], sino también lo que se efectúa en la [2].

Cuando la plata está toda disuelta, se puede elevar el calor para hacer evaporar el líquido y hacer fundir el nitrato de plata.

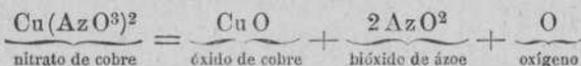
El nitrato de plata fundido, una vez frío, se presenta en forma de masa blanca. En cambio el nitrato de plata que se obtiene de la plata comercial, aun de la más pura, presenta un color verdoso ó azulado.

Este color es debido á la presencia de un poco de nitrato de cobre, procedente de una pequeña cantidad de este metal, que no falta nunca en la plata comercial.

Para purificar el nitrato de plata una vez que se ha evaporado toda el agua y fundido la sal de plata, se debe elevar la temperatura y mantener el nitrato de plata fundido á una temperatura elevada durante veinte minutos ó media hora.

Sucede en esta operación que el nitrato de cobre que lleva el nitrato de plata se transforma completamente en óxido de cobre,

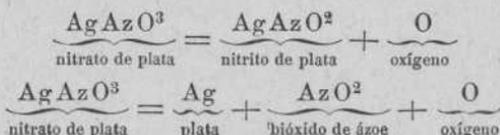
que se deposita en la masa fundida, haciéndola negra, y en bióxido de ázoe y oxígeno, gases que se evaporan. La reacción puede explicarse con la ecuación siguiente:



Durante esta prolongada fusión, que tiene por resultado descomponer el nitrato de cobre, el nitrato de plata no sufre sino una pequeñísima descomposición. Sería, sin embargo, un error creer que ninguna partícula de nitrato de plata fuera descompuesta.

La descomposición del nitrato de plata puede dar lugar, bien á la formación de nitrito de plata ó de plata metálica; esta última se deposita en forma de polvos negros en la masa fundida.

Las ecuaciones que explican la formación del nitrato de plata y de la plata son las siguientes:



esto es, en el segundo caso se forma plata metálica, que se deposita en la masa fundida en forma de polvos negros, óxido de ázoe y oxígeno. En el primer caso, gas oxígeno y nitrito de plata, sales no muy solubles.

Tan luego se haya enfriado la masa fundida se trata con agua y se hace calentar; con ello todo el nitrato de plata se disuelve, mientras el óxido de cobre y aquella pequeña cantidad de plata reducida, y también el nitrito de plata eventualmente, permanecen sin disolver. Con una filtración hecha con buen papel de filtro se separa la parte insoluble, y el líquido filtrado, después de haberlo acidificado con ácido nítrico, se evapora en cápsula de porcelana y se funde nuevamente. Se obtiene, procediendo así, nitrato de plata blanquísimo y puro, al que se puede dar forma de cilindros, vertiéndolo en moldes especiales de plata.

El nitrato de plata fundido, si está bien preparado, está exento de ácido; una gota de solución, colocada sobre papel azul atornasolado, no produce en él enrojecimiento alguno, lo que demuestra la ausencia absoluta de ácido. Puede contener, y siempre en el caso de que la preparación no se hubiera hecho con cuidado, pequeñas cantidades de nitrito de plata (AgNO^2), sal casi insoluble y que procede, como dijimos, de una reducción del nitrato de plata que se operó en la fusión.

La presencia del nitrito de plata se reconoce por el hecho de que la sal fundida no se disuelve completamente en agua pura, sino que deja un depósito blanco, que puede convertirse en solución añadiendo una pequeña cantidad de ácido nítrico y calentando el líquido. La propiedad del nitrito de disolverse en caliente en el ácido nítrico diluido, lo hace distinguir perfectamente del cloruro de plata, impureza que puede encontrarse igualmente en el nitrato.

La presencia del nitrito puede resultar perjudicial cuando se usa el nitrato de plata para la preparación de placas sensibles al gelatino-bromuro.

El nitrato de plata fundido comercial se falsifica á veces con nitrato de potasio, nitrato de plomo y otros nitratos. Estas falsificaciones sólo pueden reconocerse por medio de análisis químicos.

Además del nitrato de plata fundido, se encuentra también en el comercio el nitrato de plata cristalizado. Este último se obtiene disolviendo en caliente nitrato de plata fundido en agua y dejándolo enfriar después. A 100° la solubilidad del nitrato de plata es cerca del doble que á la temperatura ordinaria, y por ello, á medida que el líquido se enfría, la sal de plata se deposita cristalizada.

El nitrato de plata cristalizado se falsifica más difícilmente que el fundido; á veces aparece un poco ácido; además, por la propiedad del nitrato de plata de dar con el nitrato de sodio sales dobles cristalizadas, la falsificación es también posible.

El nitrato de plata cristalizado que no contenga agua de cristalización tiene el mismo valor que el fundido.

Considerando la ecuación química que explica la preparación del nitrato de plata, esto es:



se observa que cada átomo de plata da una molécula de nitrato de plata, y así como el peso de un átomo de plata es 108, y el peso de una molécula de nitrato de plata es

$$108 + 14 + 3 \times 16 = 170$$

igualmente puede decirse que por cada 108 partes de plata se obtienen teóricamente 170 de nitrato de plata; esto es, una parte en peso de plata pura da 1,574 partes de nitrato de plata.

En la práctica, y á causa de no ser nunca absoluta la pureza de la plata y de las pérdidas durante la preparación, esta cantidad teórica no es posible obtenerla nunca exactamente.

En lo que á las propiedades del nitrato de plata se refiere, diremos que es una sal muy soluble en agua y bastante soluble tam-

bién en alcohol. Si se tiene en contacto con el aire, exento en absoluto del polvillo orgánico, no se altera, ó sólo muy poco, incluso después de larga exposición á la luz. En cambio, en aire no purificado, á causa de la presencia en éste de materias orgánicas, el nitrato de plata se ennegrece con el tiempo, especialmente si interviene la luz aumentando la acción reductora de las materias orgánicas. Y por ello es conveniente conservar el nitrato de plata en vasos de cristal amarillo tapados.

Puede decirse que una gran parte de las materias orgánicas poseen la propiedad de reducir el nitrato de plata, ennegreciéndolo.

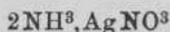
La reacción que se verifica no es de difícil comprensión. Una parte del oxígeno del nitrato de plata se junta á las materias orgánicas y se combina con ellas; el ázoe se desarrolla en forma de gas óxido de ázoe (NO) y la plata permanece libre; y estando ésta infinitamente subdividida aparece negra. El nitrato de plata se usa en medicina como cáustico por su propiedad de oxidar las materias orgánicas, destruyéndolas, como podría hacer el calor.

Las manchas de nitrato de plata en la piel ó en otras partes pueden hacerse desaparecer con cianuro de potasio (en solución al 3-4 por 100), sal esta última que tiene la propiedad de disolver la plata metálica.

Pero si se quiere evitar el empleo de una sustancia tan apreciable, puede recurrirse á una solución de yoduro de potasa, al 10 por 100, adicionada de 1 á 2 por 100 de yodo, haciendo á continuación un nuevo tratamiento con solución de hiposulfito.

Calentado á temperatura muy elevada, el nitrato de plata se descompone por completo, y sólo queda de él plata metálica.

Nitrato de plata amoniacal.—Para preparar emulsiones al bromuro de plata más sensibles se usa en lugar de nitrato de plata el nitrato de plata amoniacal. Se obtiene este compuesto añadiendo á una solución de nitrato de plata amoníaco hasta que el precipitado que se forma al principio, y que está constituido por óxido de plata, se disuelve de nuevo. Dejando evaporar el líquido, cristaliza un cuerpo que, según Mitscherlich, tiene la fórmula



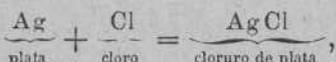
De esta fórmula se deduce que, para no encontrarse con un exceso de amoníaco en el líquido y obtener una solución de nitrato de plata amoniacal puro, se deberá añadir, á una solución que contenga en peso 170 de nitrato de plata, una solución de amoníaco conteniendo exactamente 34 gramos de amoníaco (H^3N). Pero, en la práctica, si se añade á la solución de nitrato de plata la cantidad teórica de amoníaco, no todo el precipitado en principio formado se disuelve de nuevo; y para disolverlo completamente es necesario siempre un exceso de amoníaco.

Sin embargo, valiéndose de un artificio, es posible obtener soluciones de nitrato de plata amoniacal que contengan amoníaco en defecto, ó también en exceso, como ocurre tal vez á menudo en la preparación de emulsiones al gelatino-bromuro de plata, de menor sensibilidad.

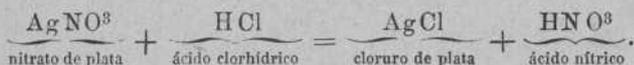
Se divide la solución de nitrato de plata en dos partes iguales; á una de ellas se añade solución de amoníaco en cantidad apenas suficiente para disolver el precipitado formado al principio. A la otra mitad se le añade un poco de nitrato de amonio. Mezclando después las dos soluciones se obtiene un líquido claro, utilizable para la preparación de emulsiones poco sensibles. La máxima sensibilidad en las emulsiones se alcanza, sin embargo, empleando una solución de nitrato de plata amoniacal obtenida sin el artificio indicado, esto es, añadiendo amoníaco al nitrato de plata hasta la nueva solución del precipitado.

Cloruro de plata (Ag Cl).—El cloruro de plata se encuentra, en la naturaleza, en las minas de plata; tiene aspecto cristalino y un color azulado. El que se encuentra en la naturaleza no tiene aplicación alguna, y sólo sirve para obtener plata.

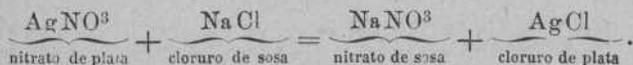
Artificialmente, puede obtenerse el cloruro de plata de dos maneras. Bien por acción del cloro sobre la plata metálica:



ó por la acción del ácido clorhídrico, ó de un cloruro soluble, sobre el nitrato de plata:



Este último es el método general de preparación del cloruro de plata. Haciendo obrar en lugar del ácido clorhídrico los cloruros metálicos solubles, la reacción es análoga; sólo que, en vez de formarse ácido nítrico, se forma un nitrato. Con el cloruro de sosa, por ejemplo, se forma nitrato de sosa.



De las ecuaciones químicas se deduce que para transformar en cloruro de plata un peso de 170 de nitrato de plata se necesitan los siguientes pesos de cloruros:

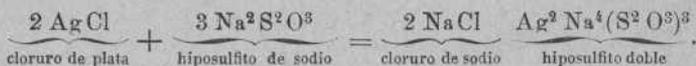
Cloruro de sosa	58,50 partes
» de potasio	74,50 —
» de amonio	53,50 —
» de calcio fundido	55,50 —
» de calcio cristalizado	109,50 —
» de litio	42,00 —
» de estroncio cristalizado	133,00 —

De la ecuación química se deduce también que de un peso 170 de nitrato de plata (correspondiente á un peso 108 de plata) se obtiene un peso 143,50 de cloruro de plata.

El cloruro de plata obtenido por precipitación en la forma indicada es perfectamente blanco, de aspecto caseoso; agitando el líquido, el precipitado se deposita rápidamente en el fondo, en grumos. Para obtener cloruro de plata cristalizado basta disolver el cloruro de plata amorfo, obtenido por precipitación, en el ácido clorhídrico concentrado é hirviendo. La cantidad de cloruro que se disuelve es relativamente pequeña; sin embargo, evaporando el ácido el cloruro de plata se deposita cristalizado en forma de octaedros. En el agua el cloruro de plata puede decirse es insoluble. En cambio se disuelve en pequeña cantidad en las soluciones de cloruros alcalinos y terroso alcalinos. El cloruro de amonio y el de magnesio son, de entre los cloruros, los que lo disuelven en mayor cantidad. En las soluciones de sulfatos alcalinos, el cloruro de plata se disuelve en cantidades bastante notables. Pero el máximo poder solvente sobre el cloruro de plata lo ejercen el amoniaco, los cianuros y los hiposulfitos alcalinos, esto es, los de sosa, potasio, amonio y las sulfúreas.

La acción solvente del amoniaco se debe al hecho de formarse un cloruro de plata amoniacal soluble, análogo al nitrato de plata amoniacal. Sin embargo es de notar, que evaporando el líquido no se deponen la sal amoniacal, pero sí el cloruro de plata puro, cristalizado en muy diminutos cubos.

El hiposulfito en exceso disuelve el cloruro de plata, porque da lugar á formaciones de hiposulfito doble de sodio y de plata soluble:



El cianuro de potasio disuelve también el cloruro de plata, á causa de que con el mismo cloruro produce la formación de cianuro doble soluble.

El sulfocianuro de potasa ó de amonio son otras sales que pueden disolver el cloruro de plata; pero estas sales no ejercen una acción solvente considerable, excepto en el caso de que estén en so-

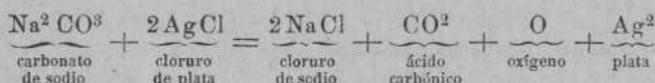
lución concentrada (20 á 30 por 100): la acción solvente del sulfocianuro se debe, además, á la formación de una sal doble soluble.

El sulfuro y sus derivados (alisulfuro y tiosinamina) ejercen también un considerable poder solvente sobre el cloruro de plata.

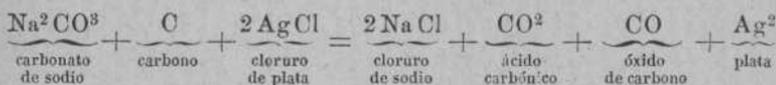
El cloruro de plata caseoso, que se obtiene precipitando el nitrato de plata con cloruro de amonio, puede transformarse en polvos, ó hacerse granuloso, siguiendo procedimientos análogos á los que indicaremos para el bromuro de plata.

Calentado á la temperatura de 260°, aproximadamente, se funde el cloruro de plata; al enfriarse se recoge en una masa de aspecto córneo y de consistencia córnea, que se puede cortar con el cuchillo y que ya los químicos antiguos llamaban plata córnea. A temperatura superior se volatiliza sin descomponerse.

Se descompone, en cambio, si se calienta con sustancias susceptibles de combinarse con el cloro. En efecto; si se funde el cloruro de plata con carbonato de sosa ó de potasa, con bórax, con cianuro de potasio, etc., se reduce á plata metálica. Con carbonato sódico se efectúa la reacción

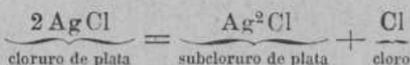


La reducción se efectúa mucho más fácilmente si, junto al carbonato sódico se ponen residuos de carbón, porque en tal caso es absorbido el oxígeno, que se desarrolla, en cambio, en la reacción precedente:



Pero la propiedad del cloruro de plata que más nos interesa á nosotros es la de descomponerse por acción de la luz. Expuesto á la luz este cloruro se altera rápidamente, tomando una coloración violácea al principio, oscura después. En esta descomposición se desarrolla cloro; pero la plata no permanece libre: esta al combinarse con el cloruro, todavía intacto, da lugar, como muchos admiten, á la formación de un subcloruro de plata, con la fórmula Ag^2Cl .

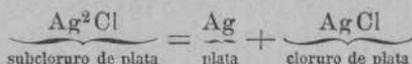
La descomposición que á la luz se efectúa puede representarse con la ecuación



Otros admiten que el subcloruro de plata que se forma á la luz tiene la fórmula Ag^2Cl^3 .

Según algunos fotoquímicos, el compuesto violeta que se forma á la luz es no ya un subcloruro, sino un oxiclورو: Ag^2ClO ó $\text{Ag}^2\text{Cl}^2\text{O}$. Pero el solo hecho de que el cloruro de plata se ennegrezca también fuera del contacto con el oxígeno (por ejemplo, con la bencina), basta para poner en duda tal teoría.

Sea lo que fuere, parece cierto que, por acción de la luz, no se produce plata del cloruro de plata sino sólo después de una muy prolongada exposición. Esto se deduce del hecho que tratando con ácido nítrico el cloruro de plata ennegrecido á la luz no es atacado grandemente, mientras que si fuera plata metálica debería convertirse pronto en solución. El amoníaco, sin embargo, disuelve el cloruro de plata y deja la plata metálica; puede admitirse que por acción del amoníaco el subcloruro de plata se descomponga antes en plata y cloruro de plata:



y que luego el cloruro de plata se disuelva en el amoníaco.

Experimentos hechos con atención por notables fotoquímicos, parecen demostrar que el cloruro de plata sólo se descompone á la luz en el caso de que se encuentre en presencia de agua ó de otras materias capaces de absorber el cloro (véase también nuestro estudio en el apéndice).

En efecto, Abney observó que el cloruro de plata perfectamente seco, colocado en un tubo de vidrio en el cual antes de cerrarlo se haya efectuado el vacío, no sufre modificación alguna á la luz.

Acworth demostró que el cloruro de plata calentado á 220° se hace insensible á la luz incluso si es expuesto manteniéndolo en contacto con el aire. Esto parece demostrar que no basta una humedad superficial para hacer sensible el cloruro de plata, sino que es necesario que las partículas de agua estén íntimamente mezcladas con las de cloruro de plata.

Pero no sólo la humedad puede producir ennegrecimiento; ésta puede sustituirse por otras sustancias capaces de absorber el cloro. Carey Lea, por ejemplo, demostró que si el cloruro de plata fundido es colado en petróleo, se presenta sensible, precisamente, porque el minimum de vestigios de petróleo contenidos entre las partículas del cloruro de plata obran, en lo que al cloro se refiere, como absorbentes.

El compuesto violeta que se forma por acción de la luz sobre el cloruro de plata se llama, según expresión de Carey Lea, fotocloruro.

Según Lупpo Cramer, el fotocloruro puede considerarse como una solución sólida de plata en el cloruro de plata.

El cloruro de plata á solas se usa raramente para preparar emulsiones sensibles á emplear para desarrollo. Se emplea para la preparación de emulsiones al clorobromuro de plata, que dan capas sensibles de sensibilidad moderada.

Parecerá extraño tal vez que, mientras, para la ley periódica de los elementos, las propiedades de los tres cuerpos cloro, bromo y yodo, y sus combinaciones con un mismo metal, sean análogas y se vayan modificando gradualmente del cloro al yodo, en las sales aloides de plata se verifica á la inversa, esto es, que el bromuro de plata puede alcanzar un grado de sensibilidad mucho mayor que el cloruro y el yoduro en la producción de imágenes latentes.

Pero el hecho se explica considerando que el bromuro de plata con la operación de maduración, de que hablaremos extensamente á continuación, puede llegar á un estado molecular especial cuyo equilibrio pueda ser roto con mucha más facilidad, mientras que el cloruro de plata, bastante más descomponible que el bromuro (y que por esta propiedad parece debería dar capas de sensibilidad máxima), es descompuesto antes de que se llegue á aquel estado molecular especial.

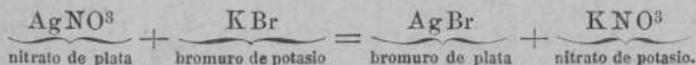
Por último, Lупpo Cramer demostró que, si se preparan en las mismas condiciones dos emulsiones, una de gelatino-cloruro de plata y otra de gelatino-bromuro de plata, sin maduración, la de cloruro de plata es tres veces más sensible que la otra (para producir imágenes latentes).

El cloruro de plata tiene especial importancia para la preparación de capas sensibles para procedimientos positivos, ya sean de imagen latente ó de ennegrecimiento directo.

En los papeles de ennegrecimiento directo está mezclado siempre con nitrato de plata ó con sales de plata de ácido orgánico, porque sólo en estas condiciones puede obtenerse la deseada intensidad de ennegrecimiento.

Esto está explicado extensamente en el segundo tomo de este manual de química fotográfica, donde también se tratan los procedimientos de impresión positiva.

Bromuro de plata (AgBr).—En consecuencia, cuando en una solución de nitrato de plata, ácida ó no, de ácido nítrico, se vierte una solución de bromuro de potasio ó de un bromuro soluble cualquiera, se obtiene un precipitado de bromuro de plata, mientras se forma nitrato de potasio ó de otra base



De la ecuación que antecede se deduce que á un peso de 170 de nitrato de plata corresponde un peso 119 de bromuro de po-

tasio. Para los otros bromuros solubles adoptados se tiene que las cantidades que corresponden á 170 de nitrato de plata son las siguientes:

Bromuro de amonio.	98,0 partes.
» de sodio cristalizado.	175,0 —
» de calcio.	100,0 —
» de cadmio cristalizado.	172,0 —
» de litio.	87,0 —
» de estroncio cristalizado.	177,5 —

Cuando para la precipitación del bromuro de plata se emplea una cantidad de bromuro mayor á la fijada en la teoría, esto es, un *exceso* de bromuro, el precipitado de bromuro de plata que se forma, tiene un color amarillento y color blanco si se obtiene vertiendo en la solución de nitrato de plata una solución de bromuro insuficiente para producir la completa precipitación de la plata.

En ambos casos, sin embargo, si los líquidos que se mezclan están fríos, el precipitado de bromuro de plata que se forma tiene aspecto gaseoso. Este se deposita más rápidamente en el líquido neutro que en el líquido ácido. La deposición puede ser, de todos modos, facilitada, agitando el líquido. Los copos de bromuro de plata depositados se reúnen con el tiempo al líquido en una masa plástica de color amarillo pálido ó amarillo intenso, según sea el color primitivo del bromuro.

La masa plástica sacada del líquido y dejada al aire se endurece formando una masa opaca.

Cuando el bromuro de plata gaseoso se agita fuertemente con agua se vuelve pulverulento; esta transformación se efectúa con mucha rapidez si el líquido en que se precipitó el bromuro era neutro y, por el contrario, bastante lentamente si el líquido era ácido. En esta transformación el color del precipitado se vuelve más claro; hecho secar al aire, fuera de la influencia de la luz, el precipitado conserva la forma pulverulenta y el color amarillo más claro. Calentado después de seco, se endurece y adquiere un color amarillo más intenso.

El bromuro de plata gaseoso ó pulverulento, introducido en agua hirviendo, se transforma instantáneamente en polvo fino, friable; esto es el bromuro de plata granular. Se puede obtener bromuro de plata directamente en esta forma vertiendo, en una solución hirviendo de nitrato de plata al 1 por 1.000, otra solución también bastante diluída de bromuro de amonio.

El bromuro de plata es insoluble en el agua; se disuelve en amoníaco, pero en cantidad notablemente menor que el cloruro (una parte en 1.000 de amoníaco concentrado). También es soluble, en pequeña cantidad, en los bromuros alcalinos, y especial-

mente en el de amonio (100 partes de solución saturada de bromuro de amonio disuelven 6 partes de bromuro de plata).

Por ello, como ocurre con el cloruro, la máxima acción solvente la ejercen los cianuros y los hiposulfitos.

El bromuro de plata puede ser reconocido fácilmente á causa de que, tratado con agua de cloro, se transforma en cloruro, dejando en libertad bromo, que colora de rojo el líquido.

El bromuro de plata es materia muy sensible á la luz; la luz lo descompone, poniendo en libertad bromo y haciéndolo servir así. Se forma con ello fotobromuro análogo al fotocloruro; pero la modificación se efectúa en grado mucho menor que para el cloruro de plata.

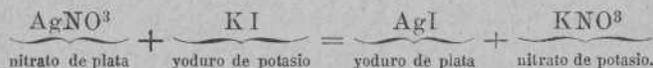
Entre las diferentes formas del bromuro de plata, la granular es la que ofrece mayor sensibilidad á la luz.

El bromuro de plata es el compuesto de plata que mayor importancia tiene en la fotografía; él constituye precisamente la materia sensible que entra en las placas al gelatino-bromuro.

La sensibilidad directa á la luz, esto es, la facultad de ennegrecer es disminuída si se mezcla con el bromuro de plata una cantidad, aún pequeña, de bromuro alcalino; quitando el bromuro alcalino con lavados, la sensibilidad reaparece íntegramente. En cambio, la presencia de una pequeña cantidad de nitrato de plata en el bromuro de plata aumenta bastante la sensibilidad en el ennegrecimiento directo.

La propiedad que mayor importancia tiene en el bromuro de plata es su tendencia á dar, en presencia de gelatina, emulsiones de extraordinaria sensibilidad, pero no sensibilidad directa, que se manifiesta por ennegrecimiento á la luz, sino sensibilidad indirecta, que se revela mediante la operación llamada de desarrollo. Esto será objeto de extenso estudio en otros capítulos.

Yoduro de plata (Ag I).—El yoduro de plata se obtiene de manera análoga al bromuro y al cloruro, esto es, vertiendo en una solución de nitrato de plata otra solución de yoduro soluble. La ecuación que explica la reacción es la siguiente:



Se deduce de la ecuación que á un peso de 170 de nitrato de plata corresponde un peso de 166 de yoduro de potasio.

Para los otros yoduros tenemos que las cantidades que corresponden al peso 170 de nitrato de plata son, respectivamente:

Yoduro de amonio.	145,0	partes.
» de sodio cristalizado.	222,0	—
» de cadmio.	183,0	—
» de calcio.	147,0	—
» de litio.	134,0	—
» de estroncio cristalizado.	224,5	—
» de cinc.	159,5	—

El yoduro de plata se presenta en forma de materia amarilla. Calentado adquiere un color rojo denso, pero vuelve al amarillo al enfriarse.

El yoduro de plata es insoluble en el agua y en amoníaco; por acción de esta última sustancia se debilita su color. Se disuelve, en cambio, en yoduro de plata en notable cantidad, en los yoduros alcalinos y terroso-alcalinos, en los hiposulfitos y cianuros solubles. Damos á continuación una tabla utilísima, debida al Dr. Valenta, que demuestra la solubilidad de las tres sales aloides de plata en las soluciones de hiposulfito de sosa á diferentes concentraciones

Solubilidad de las sales aloides de plata en el hiposulfito de sosa.

Concentración de la solución de hiposulfito.	100 c. c. disuelven		
	AgCl	AgBr	AgI
1 : 100 de agua	0,40	0,35	0,03
5 : 100 »	2,00	0,90	0,15
10 : 100 »	4,10	3,50	0,30
15 : 100 »	5,50	4,20	0,40
20 : 100 »	6,10	5,80	0,60

El yoduro de plata funde á unos 400°, dando un líquido oscuro bastante movable; vertido este líquido en vasijas de porcelana, se reúne en masa compacta densísima de poca dureza, de forma cristalina y de color amarillento. El yoduro de plata posee la extraña propiedad de dilatarse cuando se enfría y de encogerse con el calor. Este fenómeno se manifiesta con perfecta regularidad entre los límites 10° y 70°

El yoduro de plata es sensible á la acción de la luz, pero esta sensibilidad es notablemente menor á la del cloruro y el bromuro. Si el yoduro de plata ha sido obtenido precipitando solución de nitrato de plata con un exceso de yoduro alcalino, la sensibilidad directa del yoduro de plata es casi nula; mientras que, si para la precipitación se empleó una cantidad de yoduro menor á la teórica, de manera que permanezca cierta cantidad de nitrato no descompuesto, entonces el yoduro ofrece á la luz una sensibilidad mayor.

CAPÍTULO VIII

LA IMAGEN LATENTE

Uno de los hechos más maravillosos que se encuentran en fotografía es, sin duda, el que se refiere á la formación de la imagen latente.

Las sales aloides de plata cloruro, bromuro y yoduro son especialmente las que poseen la propiedad de modificarse por una acción bastante breve de la luz, dando la imagen latente, esto es, una imagen que no es posible descubrir de manera alguna y cuya resistencia sólo puede ponerse de manifiesto con el *desarrollo* (1).

Sobre la modificación que sufren las sales de plata por obra de una brevísima acción de la luz, nada puede decirse. Ello es de tan pequeño valor, que no sólo escapa al sentido sino también á cualquier investigación de índole física ó química.

Para explicar la formación de la imagen latente se ha tenido que recurrir á la hipótesis, y éstas puede decirse son de dos especies. Unas admiten que la modificación producida por la luz sea una verdadera y propia modificación química; según las otras, sólo se trata, en cambio, de una modificación física ó molecular. Ambas hipótesis están rodeadas de buenísimas razones.

Hipótesis de la modificación química.— La hipótesis de que se trata de una modificación química es la que resulta más natural. En efecto, se sabe que el cloruro, el bromuro y el yoduro de plata, expuestos á la luz durante un espacio de tiempo suficiente, pierden más ó menos halógeno (cloro, bromo ó yodo) y se ennegrecen. Se produce, pues, una verdadera y propia descomposición química: la importancia de la descomposición es tanto mayor cuanto más prolongada fué la exposición. Parece, pues, del todo verosímil admitir que aquella descomposición que se produce de manera perceptible cuando la acción de la luz fué suficientemente prolongada, se produzca también en menor grado por la acción brevísima

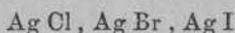
(1) Nuestras investigaciones sobre la fotoquímica de las sales de mercurio, que datan de 1894, suscintamente explicadas en el segundo tomo de esta obra, han llegado á demostrar que en otros compuestos, además de los de plata, puede producirse la imagen latente.

ma de la luz, dando lugar, en consecuencia, á la formación de la imagen latente.

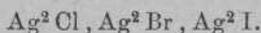
Y para avalorar esta hipótesis tenemos el hecho de que los elementos cloro, bromo y yodo, que se separan en la descomposición de las sales aloides de plata efectuada por la luz, hechos obrar sobre la capa sensible impresionada, tienden á destruir la imagen latente; y es así, diríase, porque rehacen la sustancia que la luz había descompuesto.

Los que sostienen la teoría química admiten que la acción brevísima de la luz da lugar á la formación de una pequeñísima cantidad de subcloruro, subbromuro y subyoduro de plata.

Siendo:



las fórmulas del cloruro, bromuro y yoduro de plata, respectivamente, las del subcloruro, subbromuro y subyoduro serían:



De la existencia de estas subsales de plata se tienen pruebas bastante convincentes, y puede admitirse que el ennegrecimiento, por lo menos en el primer período de la exposición, se deba precisamente á la formación de estas subsales, ó fotosales, como las llama Carey-Lea, y no al hecho de quedar en libertad plata metálica. Pero la cantidad de subsal que debe producirse en la imagen latente no puede dejar de ser infinitésima. Según Eder, la cantidad de bromo que se separa en una superficie de 10 centímetros cuadrados de emulsión al gelatino-bromuro de plata no puede ser mayor á una millonésima de gramo. Y considerando que en tal superficie de emulsión exista un peso de 0,250 gramos, por lo menos, de bromuro de plata, la cantidad de subbromuro que debe formarse se encuentra, con un cálculo químico, que sería poco superior á una millonésima de la cantidad total de bromuro de plata existente en la superficie de la placa sensible considerada.

De cuanto hemos dicho resulta que, admitiendo la formación de subaloide. éste debiera considerarse de una fórmula molecular bastante compleja, esto es, por ejemplo, $\text{Ag}^m \text{Br}^{m-n}$, donde n es infinitamente pequeño respecto á m . También podría considerarse, más simplemente, como admite Lüppo Cramer, que se forme una solución sólida de subbromuro en el bromuro de plata, y que tal sustancia posea mayor tendencia á reducirse con los reveladores.

Para demostrar la naturaleza química de la modificación que se lleva á cabo á la luz, podríamos valernos del hecho que, algunas sustancias que tienden á combinarse con el cloro, bromo y yodo (sensibilizadores químicos) facilitan la formación de la imagen

latente. No es cosa fácil explicar la acción de estos cuerpos cuando se admite que la modificación sea puramente molecular, y, por lo tanto, no se separe partícula alguna de cloro, bromo y yodo.

El hecho de que el tratamiento de la capa que lleva la imagen latente con solución de ácido nítrico disuelto no destruye la imagen, sería suficiente para demostrar que se formó una fotosal, que el ácido nítrico, como se sabe, no ataca.

La hipótesis de la modificación física ó molecular.— Hemos expuesto algunas razones en favor de la hipótesis química. Y bien cierto es que otras no menos poderosas existen, favorables á la hipótesis de que la modificación invisible que la luz opera sea de naturaleza física ó molecular.

Fijemos por un momento nuestra atención en la daguerrotipia. Sabido es que en este procedimiento se obtiene el desarrollo de la imagen latente, formada sobre una placa de plata recubierta de yoduro de plata, por medio de los vapores de mercurio. La acción del mercurio es puramente física; se fija éste en los puntos que fueron iluminados.

Ahora bien, ¿es necesario admitir que se haya efectuado una modificación química del yoduro de plata para hacerse cargo de la propiedad que éste adquirió de retener mecánicamente los vapores de mercurio? No, en absoluto.

Y referente á esto vuelve á resultar oportuno citar algunos de los experimentos de Moser.

Si se coloca sobre una placa de vidrio ó de metal una moneda y se deja algunas horas y después se alienta ó se expone á los vapores de yodo ó de mercurio, los vapores son retenidos de diversa manera en las partes que sufrieron el contacto de la moneda, y se obtiene en esta forma una imagen de la moneda misma.

Lo más extraño es que también sin el contacto material de la moneda con la placa, y sólo con una simple aproximación, se pueda obtener la imagen, desarrollando de la manera antes indicada.

Estos hechos se producen fuera de la acción de la luz. La luz, sin embargo, da lugar á fenómenos análogos.

En efecto; si se expone una placa de plata, de cobre ó de vidrio á la luz intensa durante varias horas, se puede después, con la acción del vapor de agua (aliento) ó del vapor de mercurio, *desarrollar* las partes que sufrieron la acción de la luz.

Si en los casos citados, en los que la modificación que hace desarrollables las partes de la placa de vidrio ó metal es absolutamente física, ¿por qué no admitir que también en la placa daguerrotípica la modificación que hace al yoduro de plata capaz de retener los vapores de mercurio, sea también de naturaleza completamente física?

Y si se admite para las placas daguerrotípicas, en las que la materia sensible es el yoduro de plata, ¿por qué no admitir que

física sea también la modificación á que se someten las otras preparaciones sensibles á las sales aloides de plata, en las cuales el desarrollo de la imagen latente se obtiene con líquidos, al igual que con vapores, por procedimientos químicos en lugar de físicos?

En efecto; en las placas al colodión húmedo la capa sensible está constituida esencialmente por yoduro de plata y nitrato de plata. Después de la exposición á la luz, relativamente breve, se hace obrar un baño reductor (sulfato ferroso ácido), que sólo reduce el nitrato de plata. La plata reducida es retenida por el yoduro de plata sólo en los puntos donde la luz ha obrado.

Parece improbable que el yoduro de plata, que de entre todos los aloides de plata es el que tiene menor tendencia á descomponerse, pueda con exposición mínima dar lugar á la formación de una cantidad, también mínima, de subyoduro, y, por otra parte, resulta supérfluo recurrir á una descomposición química de yoduro de plata para explicar la propiedad adquirida de retener la plata reducida.

Parece mucho más racional y lógico admitir que por acción de la luz el yoduro de plata haya sufrido una modificación física ó molecular por lo cual pueda retener la plata que con gran facilidad se reduce del nitrato de plata.

La teoría de los gérmenes de plata.—Otra teoría, química también, admite que la imagen latente se produzca por formación de una cantidad mínima de plata; sería como gérmenes de plata alrededor de los cuales puede depositarse la plata que tiende á reducirse de la sal de plata.

Así como en una solución ultrasaturada de una sal cristalizable (alumbre, por ejemplo) si se introduce un cristal del mismo cuerpo, se rompe el equilibrio y alrededor del primer cristal se forman innumerables otros, así también en los gérmenes de plata reducida puede depositarse otra plata, según esta teoría.

Por otra parte, somos de opinión que las hipótesis que admiten que la causa de la imagen latente tiene que buscarse en la descomposición de la sal aloide de plata pueden agruparse en una sola categoría; porque, y para terminar, aún admitiendo también la formación de la subsal de plata, se podrá suponer que desde el primer momento el desarrollo obra sobre aquélla, dando lugar á la producción de plata metálica, la cual obraría después como centro de atracción ó como germen.

Desarrollo físico de la imagen después del fijado y deducciones que de ello se derivan.—Uno de los hechos que más apoyan la teoría química de la formación de la imagen latente es el de la posibilidad de desarrollarse físicamente una imagen en una placa que haya sido fijada después de una breve exposición á la luz.

El experimento, como observó Lüppo-Cramer, da resultado sobre todo con placas secas al clorobromuro de plata (placas para

diapositivas). Si se expone una de estas placas de manera que se forme una imagen latente, se fija en hiposulfito y se coloca en un revelador físico (solución mixta de revelador ácido y nitrato de plata), sucede que la plata que se reduce del baño se deposita en relación á la imagen.

El fenómeno no se produce si la placa, después de fijada, es tratada con solución de ácido nítrico.

Esto hace suponer que después del fijado quedarán donde la luz obró huellas de plata (si bien invisibles), que pueden obrar de centros de atracción para la plata.

¿Pero es verdaderamente necesario, preguntamos, admitir que precisan restos de plata para atraer otra plata?

¿No podría tratarse, en cambio, de una modificación de la capa de coloide? Recordamos á este propósito un experimento del doctor Lüppo-Cramer. Ensayó mezclar á una solución al gelatino-bromuro de plata, ya sea de plata metálica subdividida, obtenida por reducción de sal de plata, ó sub-bromuro de plata preparado tratando plata reducida con bromuro en cantidad suficiente para poder obtener, al parecer, todo el sub-bromuro. Ahora bien, tanto una adición como la otra no producirán el menor efecto, porque el bromuro de plata no adquirió la propiedad de reducirse.

Parece, pues, inútil considerar la intervención de los gérmenes de plata reducida para explicar el desarrollo.

Nosotros opinamos que cualquier teoría química que haga intervenir fenómenos de atracción en el desarrollo de la imagen se estrella contra un obstáculo. La atracción puede ejercerse en todos los sentidos, y así, pues, no existe motivo alguno para que una imagen se desarrolle en profundidad y no en todos los sentidos.

Cualquier teoría á que se acuda para explicar la imagen latente debe ser de naturaleza que explique la manera de que sólo en la dirección que ha obrado la luz y, en consecuencia, en la profundidad de haz, se produce el desarrollo.

La teoría química, pues, debe conducirnos á admitir que, si bien infinitésima, la modificación producida por la luz puede abarcar toda la profundidad del haz que sufrió la acción reductiva en el desarrollo.

A ello obedece que consideremos indispensable, ya sea admitiendo la teoría del subaloide ó la de los gérmenes de plata metálica, considerar el subaloide ó la plata como si formaran un todo único con el alcaloide de plata que fué alcanzado por la luz, esto es, una especie de solución sólida, como admite Lüppo Cramer en una de sus teorías.

La imagen latente es oxidante.—Teoría de Homolka.—Para demostrar cuán contradictorias son las hipótesis que, incluso en el campo de las modificaciones químicas, se han hecho para explicar

la imagen latente, citaremos los siguientes experimentos y conclusiones de un ilustre fotoquímico: Homolka.

Según este fotoquímico, la imagen latente se produce por la formación de perbromuro y subbromuro de plata; esto es, tres moléculas de bromuro de plata (3AgBr) se descomponen por la acción de la luz en una de perbromuro (AgBr^2) y una de subbromuro (Ag^2Br). Apoya esta teoría un experimento bastante convincente. En efecto; una solución de indosil (indigotina blanca) puede desarrollar la imagen latente, dando además de plata metálica, indigotina azul, lo que demuestra precisamente la presencia de un cuerpo que puede ejercer de oxidante; este sería precisamente el perbromuro de plata.

Independientemente de aceptar las explicaciones teóricas de Homolka, su demostración sobre el poder oxidante, que puede des- pedir la imagen latente, nos parece bastante interesante.

Encontramos más sencillo, sin embargo, y también más en armonía con varios hechos, admitir que la modificación que produce la luz sea de índole física ó molecular.

Es sabido, entre otras cosas, que la imagen latente se produce también por efecto de causas que difícilmente pueden encontrar su explicación en un principio de reducción; así, por ejemplo, con la presión sobre la capa de una placa al gelatino-bromuro se pueden producir señales invisibles, que con el desarrollo se ponen de manifiesto.

Además, también ciertas acciones químicas sobre el gelatino-bromuro de plata, que dan lugar á impresiones latentes análogas por completo á las producidas por la luz, no pueden explicarse fácilmente con la teoría química.

Por ello llamamos la atención sobre las investigaciones que venimos publicando desde 1905, relativas á la acción del cloruro estañoso sobre la placa fotográfica (*Progreso Fotografico*, pág. 66, 1905, e *Eder Jahrbuch*, 1906). Reproducimos aquí completo nuestro estudio, en nota, porque sólo en parte se refiere á la imagen latente ⁽¹⁾.

(1) *Sobre la acción del cloruro estañoso sobre las placas y papeles al bromuro de plata.*— En una comunicación que en 1897 hice á la Sociedad Química de Milán sobre las reacciones químicas utilizadas en la fabricación de los espejos plateados insistí sobre un hecho que siempre me ha parecido interesante.

Si se vierte en un vidrio perfectamente liso una solución de cloruro estañoso en disolución de 1 : 100000 y se lava después con agua destilada, se observa que sobre el vidrio, así tratado, la plata de una solución tártaro-amoniaca, se deposita con rapidez mucho mayor. La infinitésima cantidad de sal de estaño que permanece sobre la placa es suficiente para facilitar la reducción de la plata. El equilibrio inestable de la

En conclusión.—Lüppo Cramer, tan conocido por sus innumerables estudios científicos sobre la imagen latente, ha pasado por una serie de opiniones con motivo de los resultados de los experimentos que poco á poco iba haciendo.

En su reciente manual *Das latente Bild* (W. Knapp, editor) desarrolla el concepto que abarca las causas física y química que juegan en la producción de la imagen latente. Como causa física considera una acción de pulverización ó, por decirlo mejor, de desagregación física que producirá la luz, de la que se tiene una prueba transformando la capa de plata de un espejo en yoduro con vapores de yodo y exponiéndolo á la luz bajo un negativo de trazos. Después de algunos minutos de exposición á la luz solar directa, el yoduro de plata pierde adhesión y cohesión y se separa en forma de polvos en las partes iluminadas. Pero para Lüppo Cra-

solución amoniacal tártaro-argéntica es destruido por la acción de huellas infinitamente pequeñas de este poderoso reductor, que es el cloruro estañoso. Experimentado el comportamiento de este cuerpo con las sales de plata, en la producción de la imagen latente, he podido convencerme de que su acción es también enorme.

En efecto; una solución (en agua destilada perfectamente exenta de aire) de cloruro estañoso cristalizado ($\text{SnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) en la proporción de 1: 200000 basta para producir en pocos minutos, sobre las placas al gelatino-bromuro, una acción latente que se comprueba con el desarrollo con un revelador ordinario. La acción del cloruro estañoso parece perfectamente similar á la de la luz. Si se hace obrar durante poquísimo tiempo una solución concentrada (al 1 por 100, por ejemplo) ó durante más tiempo una solución diluida, se obtiene una imagen latente. Si se opera de igual modo con la sal estañosa durante un espacio de tiempo mucho mayor, se obtiene análogo efecto al producido por la supraexposición; la placa se vela y no se obtiene intensidad alguna. Ello se logrará haciendo obrar, por ejemplo, durante dos ó tres minutos la solución de cloruro estañoso al 1 por 100; continuando la acción de la solución durante mayor tiempo todavía, puede producirse, como con la luz, una reducción visible. ¿Cómo obra el cloruro estañoso para producir una imagen latente?

Los partidarios de la hipótesis química encontrarán en mis experimentos un nuevo argumento favorable á su hipótesis. Dirán, en efecto: el cloruro estañoso es un poderoso reductor, pues reduce el bromuro de plata en subbromuro. Pero es fácil demostrar que esta reducción no puede ser sino infinitésima. Una placa 9×12 , en cuya capa sensible puede calcularse entra 0,1 gr. de bromuro de plata, es alterada completamente por acción bastante prolongada de 50 c. c. de una solución de cloruro de estaño al 1 : 200000, esto es, por acción de 0,00025 gr. de cloruro estañoso (admitiendo que todo el cloruro estañoso entra en acción, mientras en realidad sólo es una pequeña parte la que obra). Esta cantidad de cloruro estañoso no puede reducir á subbromuro, sino 0,001 gr. de bromuro de plata. No se formaría, pues, más subbromuro que 1:1000 del del peso total de bromuro de plata de la placa. Para mí, que durante diez

mer la acción preponderante debe mantenerse siempre, que es la química por la cual se produce una descomposición, aun infinitésima, del aloide de plata y formación de fotosal.

El profesor Luther, de Dresde, uno de los más ilustres fotoquímicos, en el Congreso Internacional de Fotografía de Bruselas, en 1910, resumiendo en una memoria el estado actual de los conocimientos sobre la índole de la imagen latente, se pronunció más bien en favor de las hipótesis químicas, por parecerle á él las más verosímiles.

Entre éstas, las que cuentan con mayores y más notables factores son precisamente la que admite la formación de un subaloide de plata, y la que admite, en cambio, la formación de la plata que queda mezclada al aloide de plata ó que con él forma una solución sólida. Las dos teorías pueden resumirse simbólicamente

años me he declarado, con muchas pruebas, contra la hipótesis del subbromuro, es este un hecho más que apoya mi modo de ver teórico. En efecto, podemos preguntarnos: ¿cómo pudo extenderse la reducción á todo el bromuro de plata?

Pero dejo á un lado estas consideraciones teóricas para volver á los experimentos. Una placa ó un papel al bromuro de plata, sumergidos en una solución al 3 por 100 de cloruro estañoso, una vez secada, da una impresión directa si estuvo expuesta á la luz suficiente tiempo; la imagen resiste al hiposulfito. Pueden utilizarse, pues, placas ó papeles, exentos para el velo, para obtener imágenes de impresión directa. No he conseguido por otro medio alguno obtener con el bromuro de plata imágenes de tal intensidad sin desarrollo.

El ácido oxálico y los oxalatos, que aconsejé hace algunos años como sensibilizadores del bromuro de plata, dan, es cierto, imágenes muy intensas á la luz; pero en el hiposulfito estas imágenes desaparecen casi por completo.

La reducción á la luz no es, pues, tan profunda con el ácido oxálico como con el cloruro estañoso. En el primer caso, á la luz, sólo puede formarse subbromuro de plata, que el hiposulfito disuelve en gran parte; en el segundo caso se debe formar plata metálica, porque el hiposulfito no ataca sino muy poco la imagen. El ennegrecimiento del bromuro de plata á la luz en presencia de cloruro estañoso es rapidísimo.

Otra aplicación de la acción del cloruro estañoso consiste en la reproducción de dibujos, escritos, etc., por simple contacto. Si se escribe ó dibuja sobre papel con tinta á la que se haya añadido una pequeña cantidad de cloruro estañoso, y se comprime después la hoja durante corto tiempo sobre una placa ó papel al gelatino-bromuro, se obtiene después en el desarrollo una imagen intensa del escrito ó dibujo, y esto sin necesidad de aparatos.

Y he comprobado que, si la cantidad de cloruro estañoso es relativamente grande, se pueden hacer varias reproducciones de un mismo dibujo. De cuanto he dicho se deduce que el cloruro estañoso es un cuerpo que en fotografía puede ofrecer mucho interés, ya sea científico ó práctico.

en esta forma: $Ag^2 X$ (teoría del subaloide), $Ag + Ag X$ (teoría de la plata mezclada ó absorbida dando solución sólida). Para una y otra teoría existen razones no despreciables, que Luther expone en una especie de tabla contradictoria.

Después de lo cual, el autor se pregunta: ¿Debe existir necesariamente una solución clara del problema?, y, contesta: No lo creo. El paso de combinaciones químicas de mezcla y de absorción es continuo, y no cabe excluir que nos encontremos aquí en presencia de un caso en el que los diversos tipos y los pasos entre las diversas categorías de fenómenos estén bastante mal limitados.

Como conclusión hace observar el autor que, en fotografía, hoy todavía se aprovecha un fenómeno que la ciencia está muy lejos de haber definido.

Antes de dejar el argumento de la imagen latente diremos que tal imagen tiene siempre duración limitada.

En el colodión la duración es mínima y máxima en las placas al gelatino-bromuro, en las cuales la imagen puede persistir durante años.

En los papeles al gelatino-bromuro, la duración es siempre inferior que en las placas. Esto se explica considerando que, no siendo el soporte de materia indiferente, como el vidrio, puede acelerar la regresión de la imagen.

La atenuación, de todos modos, desaparición de la imagen latente debe atribuirse, según el Dr. Koenig, al hecho que el fenómeno que se produce en la formación de la imagen latente es invertible.

CAPITULO IX

LA DAGUERROTIPIA

La daguerrotipia tiene actualmente un interés casi solamente histórico. Sin embargo, en un curso completo de química fotográfica no se puede dejar de hacer una descripción á la ligera del procedimiento, no sólo porque la daguerrotipia fué el primer procedimiento que condujo á la fotografía moderna, sino también porque la daguerrotipia puede tener todavía algunas aplicaciones, especialmente, como Eder opina, en los cálculos astronómicos (á causa de la inextensibilidad de la capa que lleva la imagen).

La placa que sirve para la daguerrotipia se obtiene exponiendo á la acción de los vapores de yodo una placa de plata ó de cobre plateado en la superficie.

La placa debe ser perfectamente plana y tener una superficie perfectamente lisa, lo que se obtiene con una pulimentación conveniente. Para ello se empieza extendiendo sobre la placa con un algodón un poco de trípoli y alcohol, y cuando se ha secado se frota la placa con otra muñeca.

En lugar del trípoli y alcohol se aconsejó la piedra pómez en polvos finísimos mezclados con aceite ó esencia de trementina.

La placa está dispuesta para el uso cuando no presenta ya señal alguna y pasando el dedo sobre ella se comprueba que la superficie es iridescente y perfectamente regular.

La sensibilización de la placa se obtiene exponiéndola á los vapores de yodo. De esta manera procedía Daguerre. La placa expuesta á la acción del yodo se hace primero, amarilla, después rojiza, rojo violeta y, por último, verde azul. A los colores rojizo y rojo violeta corresponde la máxima sensibilidad de la placa.

En consecuencia, observóse que la exposición de la placa á la acción del yodo y bromo, yodo y cloro, bromo y cloro, da capas más sensibles que á la acción del yodo puro. Se obtienen también placas bastante sensibles exponiendo primero la placa á la acción del yodo, después á la del bromo y, finalmente, de nuevo á la acción del yodo. He aquí la manera de proceder: Se coloca la placa en un marco y éste se introduce en la muesca de una cajita á la que hace las veces de tapa. En el fondo de la cajita se coloca una cápsula conteniendo las sustancias que deben sensibilizar la placa.

El bromo es un cuerpo líquido, y el yodo, sólido; ambos, sin embargo, despiden abundantes vapores á la temperatura ordinaria, como lo indica el persistente y molesto olor que ambos despiden, especialmente el bromo. Estos vapores son los que desarrollan espontáneamente los dos cuerpos que van á obrar sobre la capa de plata y la sensibilizan, dando lugar á la formación de yoduro y bromuro de plata. La operación, como es natural, debe ser más corta en verano que en invierno, siendo más abundante la emanación de vapores.

Se empieza colocando en la cápsula el yodo, dejando expuesta la placa á los vapores de éste durante uno á tres minutos hasta que haya tomado una coloración amarillo oro. Después se expone la placa á la acción del bromo. En lugar de bromo líquido es más conveniente y cómodo usar hipobromito de calcio compuesto, que desarrolla espontáneamente bromo. Se deja expuesta á la acción del bromo durante unos veinte segundos.

Por último, se expone la placa á la acción del yodo durante unos treinta segundos, hasta que haya tomado una coloración azul de acero. Debe procurarse hacer esta operación en completa obscuridad. La placa conserva la sensibilidad durante brevísimo tiempo, y debe ser expuesta, por lo tanto, en seguida ó á lo sumo, media hora después.

La exposición se efectúa en el gabinete oscuro durante treinta ó cuarenta segundos si las placas han sido preparadas con el procedimiento indicado, y durante cinco á diez minutos si la capa sensible se obtuvo con sólo la exposición á los vapores de yodo.

Efectuada la exposición, debe desarrollarse la placa con los vapores de mercurio. Para ello se utiliza una cajita especial, en cuyo fondo existe una cápsula de hierro conteniendo mercurio, que puede ser calentado con una lamparilla de alcohol. Se coloca la placa en la caja oblicuamente, con la superficie sensible hacia abajo, y dispuesta de manera que se pueda ver á través de un vidrio amarillo y seguir de esta manera el curso del desarrollo.

Se pone la placa en la caja cuando el mercurio está calentado á unos 50 á 60 grados. El desarrollo se efectúa, por lo general, en dos ó tres minutos. Si la exposición fué demasiado prolongada se forma un velo general.

Produce el desarrollo de la imagen el hecho que los vapores de mercurio son retenidos sólo en los puntos que sufrieron la acción de la luz; el mercurio forma en estos puntos una unión con la plata (amalgama) que presenta un color blanco.

Se fija después la placa sumergiéndola directamente en una solución concentrada de hiposulfito de sodio, y dejándola en ella cerca de cinco minutos. En esta solución, la sal aloide de plata se disuelve y queda la imagen formada por la amalgama.

La placa, una vez lavada, es dorada. Para ello se calienta sobre

una lamparilla de alcohol y se vierte sobre ella una solución de cloruro de oro (1 : 1000). De esta manera, las partes claras de la imagen, que después del fijado muestran una coloración azulada, quedan perfectamente blancas por acción de esta solución. Después se lava la placa cuidadosamente.

Las imágenes daguerrotípicas que á causa de una larga conservación se mancharan ó aparecieran con un velo general gris, pueden quedar perfectamente nuevas sumergiéndolas en una solución de cianuro de potasio (1 : 100), y lavándolas después durante algunos minutos. Si después de este tratamiento las manchas persisten, se frotarán ligeramente con una muñeca de algodón bastante fino, y se repetirá el tratamiento con cianuro de potasio. Este tratamiento tiende á dar á la imagen su fuerza primitiva. De las imágenes daguerrotípicas se puede obtener con la máquina un negativo sobre las placas al gelatino-bromuro.

Es digno de mención el hecho que, vertiendo sobre un daguerrotipo dorado una solución de gelatina, se observa sobre la película destacada una imagen. Una capa de cobre colocada por la vía galvánica y destacada, muestra también la imagen.

La placa daguerrotípica desarrollada, pero no fijada, toma el cobre, por procedimiento galvánico, más rápidamente en las partes cubiertas de mercurio que en las otras donde se encuentra el yoduro de plata. De esta forma se obtiene una imagen en relieve sobre cobre (Becquerel).

El papel tratado con solución de nitrato de plata y expuesto después á los vapores de bromo ó yodo, ó bañado en solución de bromuro de potasio y tratado después con nitrato de plata é impresionado á la luz, puede ser desarrollado con vapores de mercurio y se obtiene de esta forma una daguerrotipia sobre el papel. Lo mismo ocurre en una placa al colodio-yoduro de plata, lavada.

CAPÍTULO X

PROCEDIMIENTO AL COLODIÓN HÚMEDO

No se pasó de golpe vez de la daguerrotipia al procedimiento al colodión. El procedimiento llamado talbotípico siguió á la daguerrotipia; á la talbotipia sucedió el procedimiento de Niepce, y á este último el al colodión. En la talbotipia (procedimiento debido á Talbot), la materia sensible era el yoduro de plata, al que servía de soporte el papel. El desarrollo de la imagen latente se efectuaba con solución mixta de ácido gálico y nitrato de plata; el fijado, con hiposulfito. En el procedimiento de Niepce, en cambio, la materia sensible estaba constituida por yoduro, bromuro y cloruro de plata, contenidos en una capa de albúmina sobre el papel. El desarrollo de la imagen latente se producía como en el procedimiento Talbot. En ambos procedimientos la exposición necesaria para producir una imagen desarrollada era bastante larga. El procedimiento al colodión representó, sobre los precedentes, un notable perfeccionamiento, y durante muchos años fué el único empleado. Ni el procedimiento al gelatino-bromuro, que presenta sobre el al colodión considerables ventajas, pudo suplantarlo completamente. El procedimiento al colodión conserva todavía ciertas cualidades que el algelatino-bromuro no posee y que lo hacen preferible en algunos casos.

El procedimiento al colodión permite obtener imágenes de una fineza y exactitud mayor que con otro cualquiera; da imágenes con la opacidad deseada y permite mayor latitud de exposición que los otros procedimientos. En las reproducciones exactas de dibujos ó planos, el procedimiento al colodión es el que ostenta la preferencia.

La facilidad con que las películas de colodión que llevan la imagen se destacan del vidrio y la fineza mucho mayor de las imágenes obtenidas por medio del retículo, hace que los negativos al colodión sean preferidos en los procedimientos fotomecánicos de impresión, en los cuales, por lo general, es necesario volver la imagen. Además, el procedimiento al colodión es bastante más económico que el al gelatino-bromuro.

Existen dos procedimientos al colodión: el al colodión húmedo y el al colodión seco. El primero es el más importante, y de él hablaremos con mayor extensión.

El algodón pólvora y el colodión.—Antes de entrar en la práctica del procedimiento conviene hablar del colodión. Este es una solución de algodón pólvora en una mezcla de alcohol y éter. Dicha solución, vertida sobre una superficie, deja, después de evaporados los solventes alcohol y éter, el algodón fulminante bajo forma de sutilísima película perfectamente transparente y capaz de retener una imagen. El algodón pólvora, llamado también fulmicotón ó piroxilina, es una materia dotada de propiedades explosivas enérgicas, que se obtiene tratando el algodón con una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico. El algodón así tratado no presenta alteración alguna visible. Su composición química, sin embargo, varía notablemente. El oxígeno que el algodón debía tomar en gran parte al aire para poder arder, antes del tratamiento con la mezcla ácida indicada, entra ahora en su composición; así es que la combustión puede efectuarse también fuera del contacto con el aire mismo. Dicha combustión se produce con gran rapidez y con emisión de considerable cantidad de gas; á estos dos hechos debe el algodón pólvora sus propiedades explosivas.

No todas las calidades de este algodón se prestan para la preparación del colodión fotográfico. La concentración de los ácidos y la temperatura á la cual se hacen obrar sobre el algodón tienen notable influencia sobre la calidad de la piroxilina que se obtiene.

He aquí una excelente fórmula ensayada por nosotros para la fabricación de algodón pólvora perfectamente soluble en la mezcla de alcohol y éter:

Se toma algodón hidrófilo puro, se seca y se trata con una composición conteniendo 60 por 100 de ácido sulfúrico (H^2SO^4 , efectivo), 24 por 100 de ácido nítrico (HNO^3 , efectivo) y 16 por 100 de agua. Se emplearán 2 kg. de esta mezcla por cada 50 gr. de algodón, teniendo el recipiente en agua de manera que la temperatura no exceda de los 18° . Se prolongará la acción durante dos horas por lo menos, y después se lava el producto con cuidado para eliminar toda huella de ácido.

En todos los casos tiene grandísima importancia, para salir airoso en el procedimiento, no sólo la temperatura y el tiempo, sino también la pureza de los productos empleados.

La presencia de cloro, por ejemplo, puede ser muy perjudicial.

La fórmula química del algodón común, que químicamente hablando es *celulosa* pura, es $C^6H^{10}O^5$, ó un múltiplo de ésta. Cuando se hace obrar sobre él la mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico, sucede que una parte del hidrógeno es sustituida por el grupo NO^2 , y se obtiene entonces la *nitrocelulosa*, que no es otra cosa que algodón pólvora.

Ahora bien; según la temperatura de los ácidos y sus concentraciones, puede ocurrir que uno, dos ó tres átomos de hidrógeno

sean substituídos por el grupo NO^2 ; así es que pueden obtenerse tres compuestos diversos, ó sea:

$\text{C}^6\text{H}^2(\text{NO}^2)\text{O}^5$	mononitrocelulosos.
$\text{C}^6\text{H}^4(\text{NO}^2)^2\text{O}^5$	dinitrocelulosos.
$\text{C}^6\text{H}^7(\text{NO}^2)^3\text{O}^5$	trinitrocelulosos.

De estos tres compuestos, el primero no se utiliza porque posee débiles propiedades explosivas y no se presta para usos fotográficos, porque no es soluble en la mezcla de alcohol y éter, y el tercero se emplea solamente como explosivo y constituye el algodón fulminante propiamente dicho.

El segundo, esto es, la dinitrocelulosa, que pudiera llamarse más propiamente algodón colodión, es el que nos interesa, porque se disuelve fácilmente y por completo en una mezcla de alcohol y éter y da un excelente colodión fotográfico; este se obtiene, en efecto, con el tratamiento antes indicado.

El algodón colodión de la mejor calidad contiene cerca de 11,50 de ázoe. Cuando la nitración se ha producido bien, de 100 partes de algodón hidrófilo puro se obtienen de 155 á 156 partes de algodón pólvora. El algodón pólvora, si está bien preparado, debe presentarse en copos del tipo del algodón ordinario y no tener tendencia á pulverizarse.

Inútil decir que al operar con el algodón colodión seco debe procederse con sumo cuidado, porque una cantidad de él un poco notable que se inflamara en una habitación daría lugar á una peligrosa explosión.

Conservando el algodón colodión un poco húmedo en vasos de cristal se evita también el peligro de que se encienda; en este caso, antes de usarlo se hará secar la cantidad que se necesita, colgándolo en la pared.

Para preparar el colodión llamado *normal* se disuelven de 15 á 20 gr. de fulmicotón en un líquido formado por:

Eter.	1/2 litro.
Alcohol de 90 á 95 por 100.	1/2 —

Puede añadirse, si se quiere, más éter que alcohol, siendo el primero más volátil; con ello en una solución de dos volúmenes de éter, y dos de alcohol puede disolverse también el algodón pólvora.

Se introduce primeramente el algodón en el alcohol, se agita fuertemente para subdividirlo y se añade después *en porciones* el éter, cuidando de agitar en cada adición. Procediendo así, la piroxilina se disuelve con facilidad. El éter debe ser perfectamente

neutro al papel atornasolado, pues de otro modo descompondría los yoduros. El colodión así preparado se deja en reposo durante diez ó quince días. Se decanta entonces con precaución, para no elevar el depósito formado, ó, lo que es mejor, se filtra á través de algodón, utilizando para ello con preferencia un aparato especial que impida la evaporación del éter y del alcohol.

La yoduración del colodión.—Al colodión normal debe añadirse la preparación yodurante. Para la yoduración del colodión se han dado muchas fórmulas.

Hay quien añade yoduros y bromuros; otros, yoduros y cloruros; otros, yoduros, bromuros y cloruros.

Los yoduros, bromuros y cloruros que se empleen deben escogerse de entre los que se disuelven más fácilmente en el alcohol y el éter. Por ello se aconseja, generalmente, sales de amonio, cadmio, estroncio, calcio y litio.

El yoduro de amonio entra en todas las fórmulas; es el que da la máxima sensibilidad.

Pero el yoduro de amonio es también el que con más facilidad se descompone, y por ello el colodión preparado con mucho yoduro de amonio enrojece más fácilmente por la liberación del yodo.

La liberación del yodo, como hemos demostrado, influencia perjudicialmente la sensibilidad. Pero una pequeñísima cantidad de yodo libre, el suficiente para dar al colodión una coloración amarillo oro, es indispensable, pues de otro modo se obtienen imágenes un tanto veladas.

Hemos comprobado que se puede conservar mucho tiempo el colodión yodurado, sin que se haga demasiado rojo, teniendo en el frasco, pedazos de cinc purísimo.

Si en el momento del uso aparece, en efecto, incoloro, lo que demuestra no contiene yodo libre, se le puede hacer bueno para el uso añadiéndole algunas gotas de una solución de yodo en alcohol puro, hecha, eso sí, al momento. La adición debe ser tal que dé al colodión sólo una coloración amarillo-oro y no anaranjada ó roja.

Si bien los yoduros, bromuros y cloruros de amonio, cadmio, estroncio, calcio y litio son suficientemente solubles en alcohol, su disolución en alcohol puro se efectúa muy lentamente.

Para facilitar esta disolución se aconseja, en muchas ocasiones, disolver antes estos cuerpos en la menor cantidad de agua destilada caliente posible, añadiendo después alcohol á la solución. Si bien una pequeñísima cantidad de agua no perjudica la solubilidad del algodón pólvora en la mezcla de alcohol y éter, influye, sin embargo, perjudicialmente en la resistencia de la película de colodión que se obtiene, y es por ello, precisamente, poco aconsejable el empleo del agua.

Algunos disuelven directamente el yoduro, el bromuro y el cloruro en el colodión; otros hacen primero una solución alcohólica

(solución yodurante), que mezclan después poco á poco con el colodión normal.

De ordinario se hace una solución yodurante, de la que bastan 100 c. c. por 900 c. c. de colodión normal.

La solución yodurante se conserva mejor que el colodión yodurado (especialmente conservándole en la oscuridad), y por ello puede ser preferible, en ciertos casos, preparar la solución yodurante, á conservar separadamente del colodión. De todos modos, debe tenerse presente que también el colodión yodurado se conserva bien durante varios meses y sólo será conveniente evitar, como se ha dicho, que quede libre un exceso de yodo.

Fórmula para la preparación de colodión yodurado.—Damos á continuación una buena fórmula de yoduración:

Yoduro de amonio.	4 gramos.
» de cadmio.	6 —
Bromuro de cadmio.	1 —
Yodo.	2 centigr.
Alcohol de 95°.	100 gramos.

Se toman 800 c. c. de colodión normal al 1 ¹/₂ por 100 y se le añade 100 c. c. de la solución yodurante antes indicada.

En el Instituto Geográfico Militar de Florencia se usa un colodión de la composición siguiente, la que nos fué amablemente comunicada:

	Para negativos de media tinta.	Para negativos de trazos ó rasgos.
Algodón pólvora.	10 á 15 gramos.	10 á 15 gramos.
Alcohol de 95°.	333 c. c.	333 c. c.
Eter.	666 —	666 —
Bromuro de amonio.	1 gramo.	»
» de cadmio.	1 —	»
Yoduro de amonio.	3 —	4,7 gramos.
» de cadmio.	3 —	7,8 —
Cloruro de calcio.	»	1,6 —

No tenemos la yoduración aparte, pero se hace directamente colodión yodurado.

Fluidez y sensibilidad del colodión.—Según sea la cantidad de algodón empleado, el colodión que se obtiene es más ó menos espeso. Si se quiere aumentar ó disminuir la fluidez del colodión, se usará una fórmula de yoduración antes que otra, teniendo en cuenta el hecho de que las sales de amonio aumentan la fluidez

del colodión, mientras que las de cadmio la disminuyen. El empleo de los bromuros en la solución yodurante no es indispensable, pero sí bastante útil. La presencia de los bromuros hace la placa al colodión más sensible á las luces más débiles; el colodión que sólo contiene yoduros, da imágenes más duras, mientras que el que contiene también bromuro da imágenes mórbidas con sombras bien detalladas. La proporción de bromuros y yoduros debe mantenerse entre ciertos límites. La sustitución de cloruros por bromuros es aconsejable, especialmente, cuando se desean negativos duros, como ocurre en las reproducciones de papeles, etc.

Frecuentemente se presenta una cuestión, y es la que se refiere al modo como puede aumentarse la sensibilidad del colodión húmedo.

Ahora es preciso considerar que el colodión húmedo no puede conducir en ningún caso á placas de gran sensibilidad. Las innumerables fórmulas de yoduración aconsejadas difieren poco, en general, en lo que se refiere á la sensibilidad que dan á la capa. Muchos creen que basta cambiar un yoduro por otro ó aumentar mucho cierto bromuro ó yoduro para aumentar la sensibilidad. Pero no es así. Para efectuar la sensibilidad mayor que permite el procedimiento se tendrá en cuenta:

1.º Que exista una cantidad relativamente grande de yoduro de amonio.

2.º Que sea mínima la cantidad de yodo libre.

3.º Que exista un poco de bromuro.

Sensibilización.—No hablamos de toda la parte práctica y manual del procedimiento al colodión, porque se encuentra tratada extensamente en nuestro manual *I processi fotomeccanici su metallo*.

Nos limitamos á decir que en el procedimiento al colodión tiene enorme importancia la perfecta pulimentación de las placas de vidrio. Infinitésimas impurezas son causa de manchas negras ó blancas en la imagen.

Para la pulimentación de las placas es aconsejable, sobre todo, la inmersión prolongada en ácido nítrico concentrado y una sucesiva pulimentación mecánica con blanco de España.

Las placas perfectamente pulidas y enjuagadas son recubiertas de una capa uniforme de colodión, lo que exige una regular práctica.

Apenas el colodión haya hecho presa y antes de que se seque se inmerge la placa en una solución de nitrato de plata destinado á la sensibilización.

He aquí la composición del baño sensibilizador:

Nitrato de plata cristalizado.	100 gramos.
Agua destilada.	1.000 c. c.
Solución de yoduro de potasio al 1 por 100.	2 —
Acido nítrico concentrado.	1 á 2 gotas.

Una pequeña cantidad de ácido nítrico en el baño es conveniente, porque permite obtener negativas más claras si disminuye demasiado la sensibilidad. La solución de nitrato de plata ejerce un leve poder solvente sobre el yoduro de plata, y por ello es conveniente saturarla antes con yoduro de plata, añadiéndole el yoduro de potasio, como hemos indicado en la fórmula, ó mejor todavía añadiendo una pequeña cantidad de colodión yodurado, que tiene la ventaja de no enturbiar el líquido. Si el baño está saturado de yoduro de plata puede ocurrir que, evaporándose un poco de líquido, se deposite yoduro de plata en pequeñísimos cristales, que perjudican las placas, produciéndose tantos puntos que empañen el negativo. Para hacer frente á este inconveniente lo mejor es filtrar y añadir al baño una ulterior cantidad de nitrato de plata cristalizado.

Con el uso, el baño de sensibilización va cargándose de impurezas, y después de cierto tiempo no da resultados satisfactorios. El baño va cargándose de nitrato de amonio, cadmio, etc., cuyas sales se forman precisamente en la reacción química que se produce entre el nitrato de plata del baño y el yoduro de amonio, de cadmio ó potasio contenidas en el colodión. (Por ejemplo, nitrato de plata más yoduro de cadmio da nitrato de cadmio, y yoduro de plata.)

Además de estas sales, pasan también al baño pequeñas cantidades de alcohol y éter procedentes del colodión. Estas materias orgánicas ejercen sobre el baño de nitrato de plata una acción reductora, á consecuencia de la cual éste se oscurece.

El baño tiende además á hacerse cada vez más ácido, especialmente á causa de la acción del yodo libre (esto es, no combinado al estado de yoduro) que se encuentra en el colodión, introducido artificialmente ó formado espontáneamente con el tiempo por la descomposición de una pequeña cantidad de yoduro contenido en el colodión mismo.

La disminución de acidez del baño puede obtenerse añadiendo algunas gotas de solución saturada de bicarbonato de sosa, hasta que el precipitado que se forma en el punto donde cae la gota deje de disolverse con la agitación.

El baño oscurecido por efecto de las materias orgánicas da, en general, negativos velados ó manchados. Una filtración no basta para clarificar el baño y evitar tales inconvenientes. Es preciso destruir ó modificar las materias orgánicas; esto puede hacerse

exponiendo el baño durante veinticuatro horas al sol y filtrándolo.

Mejor es añadir cualquier sustancia, como caolín verdadero (silicato de alumina y no sulfato de calcio, que destruiría el baño por completo) y agitarlo frecuentemente durante la exposición al sol. Así se facilita la clarificación.

No son aconsejables, en este caso, adiciones de permanganato ú otro producto, pues sólo se aumenta las impurezas del baño, las cuales influyen todas más ó menos, perjudicándole, en la sensibilidad. Cuando el baño es muy viejo conviene colocarlo en residuos de plata.

Exposición y desarrollo.—La exposición de la placa debe hacerse inmediatamente después de la preparación, y nunca después de transcurridos cinco minutos de ésta. Esperando más tiempo pierde en sensibilidad y da negativas manchadas.

La exposición es relativamente larga; puede calcularse en diez á veinte veces la necesaria con placas al bromuro. La poca sensibilidad de tales placas permite manipularlas á la luz, incluso amarilla, mientras no sea demasiado clara. El desarrollo se hace con solución ácida de sulfato ferroso, que se vierte rápidamente sobre la placa.

He aquí una solución aconsejable para este objeto:

Sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr)	50 gramos.
Acido acético	50 c. c.
Alcohol	50 —
Agua	1.000 —

En lugar del sulfato ferroso amoniacal puede usarse también el simple; pero el primero tiene la ventaja de dar soluciones más conservables. Se aconsejó también baños de desarrollo á base de pirogalol en solución ácida; pero estos baños son poco recomendables.

Para el desarrollo se requiere también ciertas prácticas, sobre lo cual llamamos la atención en nuestro manual *I processi fotomeccanici su metallo*.

Fijado —Efectuado el desarrollo, se enjuaga la placa y después se fija. Para el fijado se podría usar una solución saturada de hiposulfito. Pero ocurre que el fijado con esta solución se produce lentamente, porque el yoduro de plata es bastante poco soluble en hiposulfito, aparte de que hay que temer otros inconvenientes graves por la influencia perjudicial que restos, aunque mínimos, de hiposulfito puedan producir. Empleando el hiposulfito debe prestar el operador la mayor atención, porque los restos de hiposulfito en las manos pueden producir manchas en las placas que maneje

para prepararlas. Por ello es preferible hacer el fijado con cianuro de potasio, que se usará en solución de 15 á 20 gr. por litro.

La disolución del yoduro de plata en el cianuro es rapidísima, y de ordinario se hace vertiendo la solución sobre la placa.

El fijado con cianuro permite un lavado de pocos minutos bajo el grifo; mientras que si el fijado se hizo con hiposulfito es necesario un lavado más prolongado, pues de otro modo los restos de hiposulfito darían lugar á manchas negras en las sucesivas operaciones de refuerzo á que, en general, debe someterse el negativo.

Constitución de la imagen.—Y ahora veamos cómo se forma la imagen en las placas al colodión húmedo.

La capa sensible de estas placas está constituida, como hemos visto, por yoduro de plata, bromuro de plata (este último cuerpo puede también no encontrarse) y por nitrato de plata. ¿Cómo ha obrado la energía luminosa sobre estos cuerpos para dar lugar á la formación de la imagen latente? No es el caso hablar de ello, si se recuerda el capítulo en que tratamos ampliamente de la imagen latente y donde quedaron expuestas las razones que están en pro y en contra de las dos teorías física y química. Sólo haremos observar que, en este caso, la teoría química no puede emplearse en absoluto.

En la imagen desarrollada el yoduro de plata se encuentra tal como era. El desarrollo ácido que se emplea no tiene la potencia de descomponer el yoduro de plata aunque haya sufrido en seguida la acción de la luz. El revelador no hace más que descomponer el nitrato de plata, del cual está impregnada la placa; la plata que queda libre á raíz de esta descomposición no se depone más que en los puntos donde ha obrado la luz, y esto debe atribuirse al efecto de una atracción ejercida sobre la plata por el yoduro de plata que ha sufrido la acción de la luz.

Resumiendo: En el procedimiento al colodión húmedo, la exposición modifica, físicamente por fuerza, el yoduro de plata en forma que retiene la plata que se forma en la descomposición del nitrato de plata. En el fijado, todo el yoduro de plata es eliminado. El bromuro de plata obra como el yoduro de plata, si bien menos enérgicamente; éste tampoco puede, ó muy poco, descomponerse por acción del revelador ácido.

Todos comprenderán que, en el procedimiento al colodión húmedo, la imagen no penetra en la capa, pero permanece en su superficie misma, donde forma como un relieve; muy diversamente ocurre con las placas de emulsión de gelatina, en las cuales la imagen se forma precisamente por reducción en profundidad del bromuro de plata que constituye el cuerpo sensible.

La plata que se reduce de la solución de nitrato de plata es, puede decirse, sin grano, y por ello las imágenes al colodión húmedo tienen la mayor fineza y pueden resistir las ampliaciones

más notables. Además de esto, la plata tiene un color gris claro muy distinto del que presenta en las placas al gelatino-bromuro, que es negro.

Refuerzo físico.—Las imágenes obtenidas por el procedimiento al colodión húmedo se prestan más que otras á sufrir el llamado refuerzo físico.

Este refuerzo se efectúa vertiendo sobre la placa desarrollada y no fijada todavía (estando á la luz amarilla ó roja, bien entendido) una solución obtenida mezclando á la solución ácida de sulfato ferroso que sirve para el desarrollo, y que indicamos precedentemente, un volumen igual de la solución siguiente:

Nitrato de plata	1 partes.
Acido cítrico	3 —
Alcohol	2 á 3 —
Agua	100 —

Un baño reforzador que da los mejores resultados se obtiene con el ácido pirogálico con una de las dos fórmulas siguientes (*Eder Handbuch der Photographie*):

1. Acido pirogálico	1 gramo.
Agua	300 c. c.
Acido acético	30 —
2. Acido pirogálico	1 gramo.
Agua	300 c. c.
Acido cítrico	1 á 1,5 gramos.

Estas soluciones se conservan mucho sin alterarse; en el acto de hacer uso de ellas se las añade algunas gotas de solución de nitrato de plata al 2 por 100. O bien puede usarse el baño siguiente:

Hidroquinona	10 gramos.
Acido cítrico	6 —
Agua	1.000 —

al cual se añade, al usarlo, un quinto á un décimo de su volumen de nitrato de plata al 6 por 100.

Veamos ahora el motivo por el cual la solución de sal de hierro y la de ácido pirogálico ó de hidroquinona, mezclada con nitrato de plata obran como reforzadores.

El nitrato de plata en presencia del sulfato ferroso, del ácido pirogálico, de la hidroquinona y de otra sustancia cualquiera reductora, como en lenguaje químico se dice, es descompuesto lentamente y se forma junto al líquido un precipitado negro de

plata metálica, muy tenue. Ahora bien; si un líquido de esta naturaleza, apenas preparado y antes de que empiece á producirse la descomposición, se vierte sobre la placa al colodión, desarrollada tan sólo (lavada ó no lavada), sucede que la plata que se forma junto al líquido va á depositarse con preferencia sobre la imagen misma, reforzándola de una manera regular.

Estamos, pues, en presencia de una acción física análoga á la que se produce en el desarrollo de las placas al colodión húmedo. Aquí es el yoduro de plata el que, después de haber sufrido la acción de la luz, queda en disposición de retener la plata que queda libre por acción del revelador sobre el nitrato de plata; en el refuerzo, en cambio, la acción atractiva es ejercida, además de por el yoduro de plata, que ha sufrido la acción de la luz (el cual se conserva todavía, habiendo sido la placa sólo desarrollada y no fijada), también por la plata, que constituye la imagen desarrollada. Este método de refuerzo toma el nombre de refuerzo físico. Es mucho menos eficaz si se emplea después de haber sido fijado el negativo.

Debilitación.—Para la debilitación y clarificación sirven perfectamente los procedimientos con hiposulfito y prusiato rojo (reductor de Farmer) y con permanganato acidificado con ácido sulfúrico ó nítrico. Explicamos más adelante estos procedimientos al hablar de la debilitación de las imágenes al gelatino-bromuro.

En general, es conveniente emplear soluciones notablemente más diluidas; porque estando en la superficie la plata que contiene la imagen, y no protegida por la gelatina, es atacada bastante más fácilmente.

El persulfato, que sirve en los negativos al gelatino-bromuro como debilitador armonizante, no produce acción debilitadora alguna en las imágenes obtenidas por el procedimiento al colodión.

Para la debilitación da buen resultado una solución mixta de cianuro y prusiato rojo, ó de hiposulfito y prusiato rojo con amoníaco, como hemos aconsejado (véase el capítulo referente á la debilitación de los negativos al gelatino-bromuro).

Pero el procedimiento más usado en los establecimientos fotográficos para clarificar y debilitar los negativos al colodión (especialmente cuando se quiere cortar la aureola que rodea los puntos de los negativos reticulados) consiste en hacer un primer tratamiento rápido con una muy débil solución de yodo en el yoduro de potasio, efectuando á continuación un tratamiento con solución de cianuro.

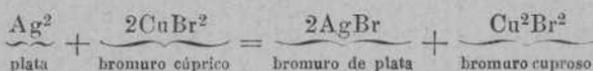
De esta manera, con la solución de yodo se transforma una mínima cantidad de plata en yoduro, y con el cianuro se disuelve el yoduro de plata formado.

Refuerzo por transformación química.—Veamos ahora los métodos de refuerzo químico:

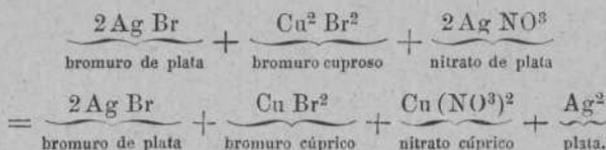
1.º *Método de refuerzo al mercurio.*—Describimos este método en otro capítulo más atrás, hablando del refuerzo de las placas al gelatino-bromuro. Así es que, tanto por la parte teórica como en lo que á la práctica se refiere, nos remitimos á lo dicho.

Añadiremos, sin embargo, que este método, que se usa bastante para el refuerzo de las placas al gelatino-bromuro, es, en cambio, usado raramente, por lo general, para el refuerzo de los negativos al colodión. Algunos emplean para el refuerzo de estos negativos, después del tratamiento con bicloruro de mercurio, el ennegrecimiento con sulfuro de sodio ó de amonio, que da una opacidad bastante mayor, porque se forma sulfuro de plata y sulfuro mercurioso. En las placas al gelatino-bromuro, este sistema de ennegrecimiento no es posible.

2.º *Método de refuerzo al cobre.*—Se hace una débil solución de sulfato de cobre (10 á 20 gr. por litro) y se le añade bromuro de potasio (50 gr. por litro). En estas condiciones, se forma junto á la solución bromuro de cobre (CuBr^2). Haciendo obrar esta solución sobre el negativo, se forma bromuro de plata y bromuro cuproso.



Después del tratamiento, la imagen, que está constituida por bromuros de plata y cuproso, aparece de color claro. Vertiendo sobre ella una débil solución de nitrato de plata (1 por 100) se forma nueva plata, que se acumula en la imagen. He aquí la reacción:



Esto es; el bromuro cuproso, por su acción reductora, reduce el nitrato de plata en plata, mientras se forman dos compuestos cúpricos: bromuro y nitrato, que se disuelven.

La operación puede repetirse varias veces, y en esta forma se puede obtener el refuerzo deseado.

Se comprende que, repitiendo el refuerzo, se vaya acumulando en la imagen bromuro de plata.

Parece ventajoso, por lo mismo, si bien no se hace, efectuar un último tratamiento con baño revelador alcalino (previo un lavado muy cuidadoso) para reducir todo el bromuro de plata presente en

plata y obtener así una imagen más intensa. Si este tratamiento se hiciera cada vez después del baño de nitrato de plata, se podría también hacer intervenir una creciente cantidad de plata reducida en la reacción.

A veces, después del tratamiento con bromuro cúprico se hace otro con solución de sulfuro sódico al 1 por 100. En este caso, la imagen final está formada por sulfuros de plata y de cobre. He aquí la ecuación:



El refuerzo es bastante notable; pero no puede ser repetido. En este caso, se debe tener cuidado también de hacer un lavado más prolongado antes del tratamiento con sulfuro de sodio, porque donde quedaran aun siendo huellas de sal de cobre darían lugar á manchas, debidas á formación de sulfuro de cobre.

Los métodos de refuerzo al bromuro de cobre que hemos explicado no pueden aplicarse bien sino con imágenes contenidas en colodión.

En presencia de la gelatina resultan fácilmente veladuras ó manchas, porque es bastante más difícil eliminar por completo de la gelatina ciertas sustancias usadas en los tratamientos, además de que la gelatina, por sus propiedades reductoras, no puede, como el colodión, ejercer de medio indiferente por completo.

3.º *Método de refuerzo al plomo.*—Es este el método que creemos preferible á cualquier otro para el refuerzo de los negativos al colodión.

He aquí el mejor modo de aplicar el refuerzo al plomo, según nuestros experimentos.

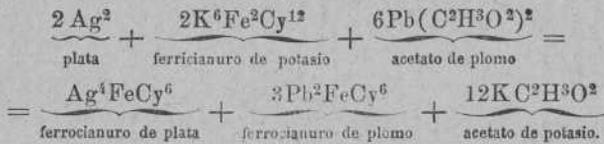
Se preparan las dos soluciones siguientes:

1. Acetato de plomo. 100 gramos.
 Agua. 1.000 c. c.
 Acido acético glacial. 20 —
2. Ferricianuro de potasio (prusiato rojo). 80 gramos.
 Agua. 1.000 c. c.

Para el uso se mezclan volúmenes iguales de estas dos soluciones.

Con la inmersión del negativo en este baño sucede que la plata de la imagen se transforma en ferrocianuro de plata, y, á la vez, se deposita en la imagen ferrocianuro de plomo.

He aquí la reacción:



La imagen se blanquea, haciéndose al mismo tiempo bastante opaca por la formación de un denso depósito de ferrocianuro de plomo. En efecto; por cada parte en peso de plata contenido en la imagen primitiva, se forman cerca de cuatro partes en peso de ferrocianuro de plata y plomo.

Después del tratamiento indicado, la placa debe ser lavada cuidadosamente, y como el lavado con agua sola puede producir la formación de huellas de compuestos de plomo, no eliminables (especialmente carbonato), por ello, después del lavado bastante prolongado con agua, conviene hacer un breve tratamiento con agua ligeramente acidificada con ácido nítrico y enjuagarla luego durante algunos momentos.

Al llegar á este punto se procederá al ennegrecimiento de la imagen mediante soluciones de sulfuro de sodio ó de amonio; se forma así un depósito negro muy opaco de sulfuro de plata y plomo. Ningún otro método de refuerzo puede dar tanta opacidad á la imagen. Por esto, en nuestro manual sobre los procedimientos fotomecánicos aconsejamos, sobre todo, este método para el refuerzo de los negativos punteados para autotipia.

Añadiremos que, en todos los casos en los que se deba emplear un sulfuro es indiferente servirse del de amonio ó de sodio; utilizando sólo éste se tiene la ventaja de trabajar con un producto bastante menos molesto.

Hay quien afirma que, en ciertos casos, el empleo de sulfuro de amonio amarillo es preferible, porque la presencia de polisulfuros resulta ventajosa por la opacidad, mientras que el sulfuro de sodio comercial, cristalizado ó fundido, se tiene siempre, esencialmente, en estado de monosulfuro.

Pero en ningún caso hemos observado una diferencia notable desde el punto de vista de la opacidad, haciendo el ennegrecimiento con un sulfuro en lugar de otro.

El método de refuerzo al plomo, que hemos descrito, no puede aplicarse bien á los negativos al gelatino-bromuro, porque aun procediendo con el mayor cuidado en los lavados sirviéndose de soluciones débilmente ácidas de ácido nítrico, la gelatina retiene tenazmente huellas de plomo y un amarilleamiento general más ó menos notable es inevitable, puede decirse, cuando se trata el negativo con sulfuro de sodio.

Barnizado y separación de las películas en los negativos al colodión.—Para el barnizado de los negativos al colodión da buenos resultados un barniz á base de resina dammar disuelta en bencina.

Las películas de colodión que llevan la imagen pueden ser destacadas del vidrio de modo relativamente fácil y usadas una vez separadas.

La pelliculatura de los negativos al colodión tiene importancia, sobre todo, en los procedimientos fotomecánicos.

Para separar la película se empezará por cubrir el negativo (no barnizado) con una solución de goma de Pará en bencina, solución que se encuentra preparada en el comercio; pero que puede obtenerse tomando:

Goma de Pará en hojas (caucho no vulcanizado).....	2 gramos.
Bencina ordinaria.....	50 c. c.
» de alquitrán (benzol).....	50 —

Para obtener una solución más ligera es preferible disolver antes el caucho en una pequeña cantidad de cloroformo (10 c. c.) y añadir después la bencina y el benzol. Para clarificar la solución de caucho, el mejor modo consiste en dejarla algunos días y decantarla después.

Cuando la capa de caucho está seca se cubre la placa (colocada sobre un soporte perfectamente horizontal) con una capa de colodión formado por

Alcohol.....	100 c. c.
Eter.....	100 —
Algodón pólvora.....	4 gramos.
Aceite de ricino.....	1 c. c.

El aceite de ricino tiene la misión de dar mayor elasticidad á la capa de colodión.

Algunos han aconsejado, para el mismo fin, añadir al colodión una pequeña cantidad de glicerina; pero las películas que se obtienen en esta forma se pegan fuertemente á la capa de cola bicromatada y no pueden servir en la autotipia y zincotipia.

No se puede verter directamente el colodión sobre la placa, sino que es necesaria la capa intermediaria de caucho, por el hecho de que de otro modo el colodión disolvería la capa de fulmicotón que lleva la imagen, la cual quedaría de esta manera estropeada. Una vez secada la capa de colodión, se incide á todo el alrededor la película, que puede ser separada entonces con facili-

dad. Para obtener una película más gruesa y también de más fácil manejo, conviene dar dos capas de caucho una después de otra, y luego dos capas de colodión. Procediendo en esta forma resulta también más fácil obtener una película de espesor uniforme extendiendo una vez por una parte y otra por la otra.

En lugar de dar dos capas, una con solución de caucho y otra de colodión, se puede hacer una sola de gelatina.

Para ello se prepara una solución de gelatina como sigue:

Gelatina..	10 gramos.
Agua.	100 —
Glicerina.	1 —

Se vierte esta solución en caliente sobre la placa colocada plana; se usan unos 4 ó 5 c. c. por cada decímetro cuadrado. Cuando la gelatina ha cuajado se ponen las placas en posición casi vertical en un soporte especial. Cuando la capa está seca se incide á su alrededor y se retira la película. Este método es más fácil y sencillo que el precedente y da excelentes películas, mucho menos fáciles de gastarse que las obtenidas con caucho.

Pero el secado de la gelatina requiere mucho más tiempo (cerca de doce horas) y existe además el grave inconveniente de que las películas tienen una elasticidad mucho menor y con bastante dificultad se adaptan perfectamente á la superficie de placas de metal. Es, pues, casi imposible servirse de ellas en la autotipia.

La ferrotipia.—Como es sabido, con el nombre de ferrotipia se indica un procedimiento que permite obtener directamente, sobre placas de metal, una imagen que hace el efecto de positiva, debido á que el depósito de plata blanca que constituye la imagen negativa es sobrepuesto á una superficie barnizada de negro.

Se comprende que el efecto será tanto mejor cuanto más blanca y transparente es la imagen de plata.

El procedimiento al colodión húmedo se presta particularmente bien para este objeto. También se dan recetas especiales de yoduración y de desarrollo con las que se puede obtener un depósito de plata del máximo color blanco.

El fijado se hace siempre con cianuro, porque con él se puede, no sólo eliminar el yoduro y bromuro de plata, sino también atenuar la imagen hasta el grado deseado.

Actualmente existen también placas ferrotípicas al gelatinobromuro.

Estas son bastante muy cómodas y muy rápidas; pero es mucho más difícil obtener con ellas un depósito de plata de color blanco.

Por ello se aconseja, generalmente, blanquear la imagen de plata con un baño de bicloruro de mercurio ú otro cualquiera.

Pero en este caso, si se compromete la estabilidad de la imagen, no es fácil obtener otra detallada.

Creemos que se obtendrían resultados bastante mejores con placas ferrotípicas preparadas con emulsión al cloro-bromuro de plata y desarrollando tales placas con un revelador especial preparado como indicamos en la segunda parte de este manual. (Procedimientos positivos.)

La ferrotipia, además de no dar nunca imágenes brillantes, porque faltan los blancos (el color de la plata no puede ser sino de un blanco bastante relativo), tiene también el inconveniente de dar el anverso y reverso cambiados.

Sobre la práctica de la ferrotipia y sobre los métodos que pueden sustituir á ésta para el objeto de producir imágenes positivas con gran rapidez, véase lo que decimos en nuestra *Enciclopedia fotografica*, edición italiana.

Procedimiento al colodión con preservativos.—Hablando del procedimiento al colodión húmedo, dijimos que las placas deben emplearse apenas sensibilizadas, porque de otro modo se hacen pronto inservibles. Lo que produce la rápida alteración de la capa sensible es el nitrato de plata, cuya presencia es necesaria para tener una capa suficientemente sensible. Si después del tratamiento con baño de nitrato de plata se lavan las placas con agua para quitar todo el exceso de nitrato de plata, éstas pueden dejarse secar y conservarse mucho tiempo, pero la sensibilidad disminuye de una manera notable. Sin embargo, si después de la eliminación del nitrato con agua se tratan las placas con ciertas sustancias (*preservativos*) y se enjuagan después, se obtienen placas que tienen una sensibilidad bastante notable y se conservan inalteradas durante un tiempo suficientemente largo (algunos meses).

Se han indicado muchísimas sustancias capaces de ejercer de preservativos: resina, gelatina, azúcar, goma arábiga, tanino, ácido gálico, albúmina, morfina, cafeína, etc. No es fácil comprender la manera cómo obran los preservativos en dar sensibilidad á la capa. Algunos tienen acción química reductora, y se podría admitir que facilitasen la formación de aquella subsal de plata á que nos referimos al hablar de la imagen latente.

Pero otras sustancias que obran también como preservativos tienen acción reductora nula ó casi nula.

Entre ellas el tanino (cuyo empleo fué aconsejado por Russel) y la albúmina son las que pueden dar mejores resultados.

Lüppo Cramer ha explicado la acción del tanino y de los otros preservativos de manera muy sencilla y que nos parece racional.

Admite que los preservativos tienen ante todo la misión de mantener á la capa de colodión una regular permeabilidad, incluso después de enjuagada.

Esta permeabilidad permite á la soluci3n destinada á producir el desarrollo físico, penetrar en la película.

Diremos ahora con bastante brevedad cómo se aplica el método al colodión con preservativos, método que hoy, puede decirse, sólo tiene una importancia teórica.

La placa, que ha recibido la capa de colodión yodurado y que después ha sido sensibilizada en el baño de nitrato de plata en la forma de costumbre, es repasada con agua para eliminar el nitrato de plata, y después se vierte una soluci3n de tanino al 1 por 60 aproximadamente. La primera porci3n de líquido se deja gotear y después se vierte otra, enjuagando la placa, mejor, rápidamente.

Para el desarrollo se usa una soluci3n de pirogalol ácida, de ácido cítrico, que se mezcla al momento con soluci3n de nitrato de plata.

Este baño, como ya explicamos al hablar del refuerzo físico de las imágenes al colodión, deposita plata donde el aloide de plata ha sufrido la acci3n de la luz. Después se fija la imagen en la forma de costumbre.

La sensibilidad á la luz de las placas obtenidas con el método descrito es un tanto inferior á las del colodión húmedo.

CAPÍTULO XI

EL PROCEDIMIENTO Á LA EMULSIÓN DE COLODIÓN

Después del procedimiento al colodión húmedo, y con preservativos, viene por orden cronológico el á la emulsión de colodión, debido á los estudios de Chardon.

En la emulsión de colodión se tiene bromuro de plata suspendido en un medio de colodión. Para el uso se extiende sobre la placa, y después de la exposición se desarrolla no con un revelador físico, sino con un revelador químico.

Creemos superfluo dar las fórmulas é indicaciones inventadas por Chardon; éstas no tienen importancia alguna, porque otras, sin comparación mejores, existen hoy.

La sensibilidad de las placas que se obtienen por el procedimiento Chardon es todavía menor (cerca de la mitad) de la que se tiene en las placas al colodión húmedo.

La emulsión Albert.—El procedimiento de emulsión de colodión que, con la introducción de las placas secas al gelatino-bromuro, parecía abandonado adquirió de nuevo importancia gracias á los estudios del Dr. Albert, de Munich (Baviera), quien consiguió preparar y poner á la venta una excelente emulsión al colodión-bromuro de plata, de la que se hace hoy mucho uso en los establecimientos fotomecánicos.

Además de la emulsión líquida, el Dr. Albert sirve también emulsión seca, la cual, para el uso, se disuelve en una mezcla de alcohol y éter.

Nosotros efectuamos el análisis químico de la emulsión Albert seca, y encontramos en ella: algodón pólvora, 23 por 100; bromuro de plata, 66 por 100; humedad, 1 por 100.

Para preparar la emulsión líquida se disuelven 50 gr. de ésta, seca, en 1 litro de mezcla por partes iguales de alcohol-éter.

El empleo de la emulsión de colodión es menos fácil que el del colodión, ya sea por la necesidad de hacer el extendimiento á la luz del cuarto oscuro, ó porque la emulsión se resiente, en grado todavía mayor que el colodión húmedo, de las menores impurezas del vidrio, ó, en fin, porque da una capa mucho más delicada y por lo tanto más fácil de separarse y deteriorarse en los diversos tratamientos.

Mientras que con el colodión húmedo se puede ó no hacer ribete en las placas con solución de goma de Pará ú otra, en la emulsión de colodión tal bordura es necesaria para una mejor adherencia. Pues si la película no debe ser destacada, conviene utilizar entonces placas ligeramente gelatinadas.

La emulsión no se usa casi nunca sola, porque no presentaría ventaja alguna sobre el colodión húmedo; es menos sensible, más cara y de uso más difícil.

La ventaja de la emulsión de colodión consiste, sobre todo, en la facilidad con que es cromatizada.

La sensibilización cromática de la emulsión al colodión.—Mientras que el colodión húmedo es, de todas las capas sensibles ó desarrollo, la que se resiente en menor grado á la acción sensibilizadora por las radiaciones menos actínicas, de donde la dificultad de tener colodión húmedo ortocromático y pancromático, la emulsión de colodión goza, en cambio, de tal propiedad en el grado más elevado.

El Dr. Albert vende un sensibilizador («Eos») con el cual se puede aumentar de manera considerable la sensibilidad general de la placa y su sensibilidad cromática para las radiaciones amarillas y verdes.

Así, pues, especialmente en las reproducciones fotomecánicas de sujetos colorados, la emulsión al colodión, adicionada del sensibilizador Eos, será bastante preferible al colodión húmedo.

El sensibilizador Eos está constituido por eritrosinato de plata disuelto en amoníaco, y basta una cantidad bastante pequeña de él para aumentar considerablemente la sensibilidad general y cromática de la emulsión. Pero con la adición del sensibilizador Eos, la emulsión pierde bastante en la conservación, y por ello tal adición debe hacerse al usarse ó pocos días antes del uso.

El Dr. Albert vende también, actualmente, soluciones especiales colorante-sensibilizadoras, con las que se consigue dar á la emulsión la sensibilidad para cualquier zona del espectro que se desee.

Sobre tales emulsiones, llamadas *chromo*, en las que entran materias colorantes que obran de filtros de luz y sensibilizadores ópticos de la categoría moderna (pinacromo y pinaverdol, especialmente), nos ocupamos en nuestro *Manuale sulla fotografia in colori*, capítulo sobre la tricromía industrial.

Desarrollo y fijado.—Para el desarrollo de las placas á la emulsión de colodión se puede recurrir al baño siguiente, aconsejado por Albert:

Agua destilada.	750 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado puro.	300 —
Carbonato de potasa puro.	250 —
Hidroquinona.	15 —
Alcohol puro.	75 c. c.
Bromuro de amonio.	15 gramos.

Esta solución, conservada en botellas llenas y tapadas, se conserva bastante tiempo. Para el uso se toma 1 parte del baño y 6 de agua.

La placa es fijada y lavada después como de costumbre; pero con el mayor cuidado, porque la tenuísima película es más susceptible de gastarse que la que se obtiene con el colodión húmedo. Para el refuerzo, debilitamiento y separación de la película se procederá como para el colodión húmedo.

Otras emulsiones comerciales.—Además de las citadas, son muchas las emulsiones excelentes al colodión que se venden hoy en día, especialmente indicadas para los trabajos de tricromía. La Casa Sillib y Bruckmann, de Munich (Baviera), por ejemplo, prepara una emulsión excelente, que no desmerece comparada con la Albert, si bien no es superior; con la cual da también los diversos colorantes sensibilizadores é instrucciones detalladas para su uso.

Preparación de emulsiones por uno mismo.—Sin terminar todavía lo referente á las emulsiones al colodión, del comercio, diremos algo sobre la manera de prepararse uno mismo tales emulsiones.

El procedimiento siguiente, aconsejado por el profesor Eder, lo emplean en la Escuela de Fotografía y Artes gráficas de Viena.

Se preparan las soluciones siguientes:

- | | |
|---|------------|
| 1. Nitrato de plata cristalizado. | 15 gramos. |
| Agua destilada templada. | 12 c. c. |

Y se le añade:

- | | |
|---|------------|
| Alcohol puro de 95°. | 90 c. c. |
| Colodión corriente al 3 ó 4 por 100. . | 150 — |
| 2. Solución alcohólica de eosina al 1 : 800 | 7 c. c. |
| Bromuro de cadmio cristalizado. . . . | 15 gramos. |

Se hace disolver el bromuro de cadmio, á mediano calor, y se le añade luego:

Colodión corriente al 3 ó 4 por 100. . 150 c. c.

Después, estando á la luz roja, se vierte la solución 2 en la 1, agitando fuerte y continuamente. Pero la solución 2 no se añade toda, sino que se reservan 5 á 10 c. c., que se añaden eventualmente después de la prueba que vamos á indicar.

Se vierte sobre una placa una gota de emulsión y se deja secar, dejando caer después sobre la emulsión algunas gotas de una solu-

ción al 1 por 100 de cromato neutro de potasio. Si se forma una mancha de un hermoso rojo carminado (de cromato de plata) demuestra que el nitrato de plata está en exceso. Pero los mejores resultados se obtienen si el exceso de nitrato de plata es bastante leve: esto se deduce del color de la mancha, que en vez de ser rojo debe ser anaranjado pálido. Así, pues, se debe continuar y añadir la solución 2, poco á poco, hasta que se obtenga una mancha del color indicado. Si se excede del límite preciso se remediará la falta con algunas gotas de solución alcohólica de nitrato de plata.

La presencia de un leve exceso de nitrato de plata es necesaria para aumentar la sensibilidad general, y el ortocromatismo á causa de la formación de eosinato de plata. Pero un exceso demasiado considerable da lugar á velo y hace la emulsión bastante menos conservable. La inconstancia de la composición del bromuro de cadmio hace necesaria la prueba citada para establecer cuándo se ha llegado al justo límite.

La emulsión está lista para el uso después de doce horas de su preparación; puede conservarse hasta quince días. Se extiende la emulsión sobre una placa perfectamente pulida, á la que se hace un pequeño borde con una solución de caucho. Después del extendimiento se deja secar la capa y se sumerge la placa en una cubeta conteniendo agua destilada, hasta que la capa no rechace ya el agua; con ello se eliminan los nitratos contenidos en la emulsión. Se coloca en el marco mientras la capa está todavía húmeda, porque es más sensible. Se puede desarrollar con el baño siguiente:

Agua.	100,0 gramos.
Sulfito de sosa.	10,0 —
Bromuro de potasio	3,0 —
Acido cítrico.	1,0 —
» pirogálico.	2,5 —

Para el uso se toma 10 c. c. de este baño, 100 de agua y 10 de solución de amoníaco al 20 por 100. El fijado se hace con hiposulfito.

Este método es, relativamente, bastante sencillo; pero no da, precisamente, la emulsión del tipo Albert.

La emulsión retiene todavía todos los cuerpos usados en la preparación, de no haber sufrido un lavado.

Esto es lo que obliga á lavar la placa antes de la exposición.

Hübl estudió otro método para obtener emulsiones lavadas análogas, por el comportamiento, á las comerciales.

El método de Hübl, que hemos ensayado, conduce, en efecto, á una emulsión al colodión dotada de los mejores requisitos.

Para evitar repeticiones nos remitimos, para la descripción del procedimiento Hübl, á nuestro *Manuale sulla fotografia in colori*, capítulo «Tricromía industrial».

Hübl prefería, para el desarrollo de la emulsión de colodión, un baño á la glicina con carbonato de potasa y sulfito.

CAPÍTULO XII

EL PROCEDIMIENTO AL GELATINO-BROMURO DE PLATA

La gelatina.—Puede decirse que la introducción de las placas al gelatino-bromuro (ocurrída en 1880, aproximadamente) constituye el más grande perfeccionamiento que en el campo de la fotografía se ha hecho, desde su descubrimiento. La sensibilidad grandísima de estas placas, en relación á las de colodión, que se empleaban precedentemente, la facilidad de manipulación, su inalterabilidad, contribuyeron grandemente al incremento de la fotografía é hicieron este hermoso arte accesible á todo el mundo.

La preparación de las placas al gelatino-bromuro requiere operaciones bastante delicadas. Si para la preparación, en escala industrial, se necesitan aparatos especiales y costosos, bien poco es lo que se necesita para preparar tales placas, en pequeña escala, para uso particular. Y conocemos no pocos aficionados á la fotografía que han querido tener la satisfacción de hacer negativos con placas al gelatino-bromuro preparadas por ellos mismos.

La mayor dificultad está en el extendimiento de la emulsión sobre la placa, que á mano resulta siempre muy imperfecto, y en la obtención de placas de alta sensibilidad, sin la producción del velo y defectos que se acompañan fácilmente en las emulsiones de sensibilidad elevada.

Antes de pasar á describir la manera práctica de operar, creemos bastante útil detenernos para hablar de un producto que es uno de los principales constituyentes de la capa sensible que se utiliza en este procedimiento, esto es, la gelatina.

Habiendo hablado ya en un anterior capítulo de las sales de plata, conoceremos por ello completamente los constituyentes.

Constitución y propiedades de la gelatina.—La gelatina es una sustancia que se obtiene con la ebullición prolongada, en agua, de las pieles de los animales, de los cartílagos de los peces y de los huesos de los animales (después de extraída de estos últimos la parte mineral mediante un tratamiento con ácido clorhídrico diluído).

Se admite que en la formación de la gelatina concurren dos sustancias bien distintas, llamadas *glutina* y *condrina*. Ambas se disuelven en el agua caliente y se cuajan por enfriamiento. Sin

embargo, la condrina tiende más fácilmente á dar compuestos insolubles con alumbre y otras sales. Para la preparación de las emulsiones al gelatino-bromuro creemos es la condrina la que especialmente tiene importancia.

La composición centesimal de los dos constituyentes de la gelatina es la siguiente:

	Glutina.	Condrina.
Carbono.	49,3	50,0
Hidrógeno.	6,6	6,6
Azoe.	18,3	14,4
Oxígeno.	25,8	29,0

La gelatina se vende en el comercio en forma de hojas sutiles transparentes, incoloras. Esta tiene la propiedad de ser insoluble en agua fría, pero de hincharse con la inmersión en el agua; la cantidad de agua que absorbe varía según su calidad, y puede llegar muchas veces á su peso.

En agua caliente, la gelatina, se disuelve por completo en líquido incoloro: una ebullición bastante prolongada en agua, produce una alteración de la gelatina, á consecuencia de la cual su solución pierde la propiedad de cuajarse por enfriamiento. Se admite que el calentamiento prolongado descompone la gelatina en dos sustancias llamadas semiglutina y emicolina. Las sustancias ácidas y alcalinas alteran también en frío la gelatina y la hacen perder la propiedad de cuajarse. Los alcalis cáusticos, potasa y sosa, tienen una acción bastante enérgica; menor es la del amoníaco y los carbonatos alcalinos. Procediendo con la atención debida puede calentarse moderadamente la gelatina con soluciones diluídas de amoníaco ó de carbonatos sin que pierda la propiedad de cuajarse, ni se modifique sensiblemente.

El alumbre ordinario (sulfato doble de alumina y potasa) y el alumbre de cromo (sulfato doble de cromo y de potasa), en soluciones no demasiado diluídas, haciéndoles obrar sobre la gelatina en frío, la hacen insoluble. El ácido tánico y el ácido gálico precipitan las soluciones de gelatina, dando lugar también á la formación de compuestos insolubles. Otras sales metálicas y otros cuerpos producen una insolubilización parcial de la gelatina. El aldehído fórmico (CH^2O), llamado comúnmente formalina, ejerce sobre la gelatina una enérgica acción insolubilizante, que se utiliza en muchos casos en la práctica, como veremos. Se forma un compuesto llamado *formol-gelatina*, que resiste la acción del agua hirviendo y de muchos reactivos que ejercen acción sobre la gelatina.

Alteración de la gelatina.—Hinchada la gelatina con agua ó cuajada la solución de ella, si no contiene sustancias antisépticas

(ácidos fénico, acético, salicílico, etc.), está sujeta á una putrefacción producida por microorganismos, á consecuencia de la cual se hace líquida. En esta putrefacción se desarrolla considerable cantidad de amoníaco. Las hojas secas de gelatina se conservan inalteradas indefinidamente mientras estén en un ambiente seco; con la humedad ocurre la putrefacción tarde ó temprano.

La putrefacción de las soluciones de gelatina tiene por efecto quitarle la propiedad de cuajarse, incluso á temperatura baja.

La solubilización de la gelatina la producen ciertos fermentos ó enzimas; la pepsina, por ejemplo, y todavía más la tripsina, como W. Gamble ha demostrado (en el Congreso Internacional de Fotografía de Bruselas, 1910).

Por efecto de los fermentos se produce de la gelatina un producto de hidrolisis que Gamble llama gelatosa y á la vez se forman también otras sustancias, especialmente peptogelatina ó gelatona. La gelatina así solubilizada, diferentemente de la hecha fluida por putrefacción, conserva las propiedades adhesivas.

La gelatina solubilizada por fermentos y que contiene la máxima cantidad de gelatosa sirve regularmente como cola fluida para el procedimiento fotomecánico llamado *al esmalte*.

Influencia de la calidad de la gelatina en la emulsión.—La calidad de la gelatina tiene una influencia bastante notable sobre la calidad de la emulsión que se obtiene.

Todas las causas de la alteración de la gelatina que citamos, y que podrían presentársenos ya sea antes de su empleo ó durante la preparación de la emulsión, deben evitarse, porque una alteración de la gelatina tiene inevitablemente por efecto la producción de un velo en la emulsión. Y por velo, digámoslo desde ahora, entendemos un ennegrecimiento general más ó menos intenso que se produce en la capa sensible de la placa inmersa en el baño revelador.

Para ser convenientemente usada, para la preparación de emulsiones, la gelatina no debe contener sustancias reductoras, cuales obrando sobre la sal de plata darían una emulsión que vela después en el desarrollo; si bien éstas no pueden, en las condiciones que se efectúa, producir una visible descomposición, ó sea un ennegrecimiento de la sal de plata. La gelatina no debe contener grasa; las partículas de esta sustancia se reconocen dejando algún tiempo, á un calor mediano, una solución de gelatina. Si hay en ella grasa, se forman en la superficie burbujas oleosas.

Una solución de gelatina al 4 por 100 debe cuajarse cerca de los 20° C, por lo menos; la masa gelatinosa cuajada debe fundirse á una temperatura de 8 á 10° mayor á la que se cuajó. Cuanto más elevado es el punto en que se cuaja, y de fusión, tanto mejor es la calidad de la gelatina, si bien se disuelve completamente en el agua á una temperatura de 40 á 50°.

Algunos aconsejan purificar la gelatina de ciertas sustancias solubles, que á veces contiene gomas, con un lavado prolongado con agua fría. Pero tal lavado influye desfavorablemente en la gelatina, y por ello no es aconsejable; á lo más, aconsejamos hacer, en ciertos casos, una inmersión de la gelatina en agua, tirando después ésta una vez aquélla se ha engreído por completo, exprimiendo la gelatina misma.

En el comercio se encuentran dos calidades de gelatina especiales para emulsión: dura y tierna. La primera da soluciones que se cuajan y funden á temperaturas mayores y dan una masa gelatinosa más consistente.

Para la preparación de la emulsión al gelatino-bromuro se usarán sólo las calidades especiales de gelatina fabricadas á este fin. El uso de la gelatina comercial, llamada también cola de pescado, no puede aconsejarse en absoluto, porque es un producto impuro y demasiado blando, que especialmente para las emulsiones amoniacales no serviría.

Para la fabricación de la gelatina dura se emplean materias primas escogidas, procediendo en la cochura con sumo cuidado para evitar cualquier elevación de temperatura demasiado notable, y se añade después, á veces, un poco de alumbre.

Entre las mejores gelatinas que se encuentran en el comercio deben citarse las de Carl Creutz, de Michelstadt (Essen); de Gelatin Fabrik di Winterthur (Suiza); de Heinrich, en Hoeschst (Alemania); de Nelson, en Londres; de Stoess y C., en Ziegelhausen (Heidelberg), y de Schill y Seilacher, de Stuttgart (1).

Hemos encontrado gelatinas que daban, en grado elevado, á las placas al gelatino-bromuro el defecto de los puntos transparentes

(1) Damos á continuación los resultados de los análisis químicos efectuados por nosotros de las dos gelatinas para emulsiones de Winterthur:

	Dura.	Tierna.
Grasa	Ausencia.	Ausencia.
Reacción	Neutra.	Neutra.
Engreídas en agua han absorbido en veinticuatro horas un peso de agua igual al propio multiplicado por.	6,80	6,50
Una solución al 4 por 100 funde á cerca de	32°	32°
Cenizas	1,47 %	1,66 %

Las cenizas presentan la composición siguiente:

Cloruros	Pequeña cantidad en ambas.
Fosfatos	Pequeña cantidad en ambas, pero más abundantes en la tierna.
Sulfatos	Pequeña cantidad.
Cal.	Pequeña cantidad.
Alúmina	Ausencia.

y manchitas, transparentes también, sin que en el análisis químico se encontrase la menor anomalía.

Sobre las sustancias capaces de insolubilizar la gelatina han hecho investigaciones interesantes los Sres. Lumière y Seyewetz.

He aquí el resultado de sus estudios:

Los autores han determinado, ante todo, la cantidad máxima de los diversos insolubilizantes que pueden ser añadidos á una solución caliente de gelatina de determinado título, sin producir una disminución de fluidez que impida colarla.

Para ello prepararon una solución de gelatina al 10 por 100 y añadieron cantidades variables de solución insolubilizante y agua, de manera que dé, en cada caso, el volumen final de 142 c. c., esto es, el tenor de gelatina al 7 por 100.

Considerando la cantidad de insolubilizante á 100 gr. de *gelatina seca*, encontraron que las cantidades máximas de aquél son las siguientes:

Formalina en solución acuosa al 20 por 100 (cantidad efectiva), 10 gr. La coladura debe hacerse, sin embargo, con gran rapidez, pues de no ser así la gelatina cuaja.

Alumbre de cromo (en solución al 20 por 100), 3 gr. También aquí la coladura debe hacerse con gran rapidez para evitar el cuajamiento.

Alumbre ordinario (en solución al 20 por 100), 80 gr. La solución no se cuaja; pero se hace espesa y no puede colarse en capa regular. La acción del alumbre ordinario sobre la gelatina difiere, pues, de la de otros cuerpos insolubilizantes.

Quinona-monosulfonato-sódico (en solución acuosa al 20 por 100), 80 gr. La coladura puede hacerse también lentamente; pero la gelatina se colora de rojo.

Quinona ordinaria ⁽¹⁾ (en solución alcalina al 5 por 100), 20 gramos. No se puede añadir más á causa de la poca solubilidad en agua; pero se está muy lejos del límite de cuajamiento.

Los autores determinaron, seguidamente, la proporción de agua que es absorbida por la gelatina diversamente insolubilizada.

Sobre vidrios pesados fueron extendidas capas de gelatina conteniendo notable cantidad de materia insolubilizante hasta el límite máximo antes indicado. Las placas, enjuagadas y pesadas, fueron inmersas en agua durante un cuarto de hora, una hora, veinticuatro horas, á la temperatura de 16°. Retirada el agua y secadas en la superficie, fueron pesadas.

Los autores dan numerosas tablas, que demuestran la cantidad de agua absorbida por 100 gr. de gelatina en los diversos casos.

⁽¹⁾ La quinona ordinaria ó benzoquinona tiene la fórmula química $C^6H^4O^2$, y la quinona-sulfonato-sódico, $C^6H^4O^2(NaSO^1)$.

Y para citar ejemplos, damos cifras comparativas para las diversas sustancias empleadas al máximum, y por una hora de inmersión de las placas gelatinadas en el agua:

•100 gramos de gelatina.	Absorben.
Sin adición alguna (en una hora)	800 gr. de agua.
Con 10 de formalina.	97 —
Con 3 de alumbre de cromo.	366 —
Con 80 de alumbre ordinario.	346 —
Con 80 de quinona-monosulfonato sódico.	118 —
Con 20 de quinona.	262 —

De los experimentos de los autores resulta que, en relación con la acción impermeabilizante sobre la gelatina, los varios cuerpos citados pueden clasificarse por el orden siguiente: formalina, quinona-sulfonato-sódico, quinona ordinaria, alumbre de cromo, alumbre ordinario.

La formalina ejerce, pues, la máxima acción, y el alumbre ordinario la mínima.

De todos los cuerpos, sin embargo, parecería preferible la quinona-sulfonato-sódico, porque produce una acción insolubilizante lenta, mientras da una impermeabilización no muy distinta de la de la formalina; pero es indudable que la coloración que da á la gelatina no puede menos de ser un obstáculo para su empleo en la mayoría de los casos. Como observan los autores, la acción de la formalina es tan enérgica, que produce incluso una contracción de la gelatina misma, lo que tiende á hacerla destacar del soporte.

Ampliando lo manifestado por los célebres autores, creemos útil también hacer observar que en el alumbre de cromo la acción insolubilizante ó impermeabilizante varía notablemente, según se use la solución simple (siempre muy ácida) ó la solución hecha básica (véase nuestros experimentos detallados en el capítulo sobre el tratamiento reforzador de los negativos).

Por otra parte, hay que tener también en cuenta que la estabilidad de la insolubilización ó impermeabilización es variable. Por ello, la capa insolubilizada con formalina no resiste, como la insolubilizada con alumbre de cromo (especialmente básico) á la acción de líquidos ácidos. Y por esto, con alumbre de cromo básico se puede insolubilizar la película de los negativos, de manera que con la inmersión en solución incluso relativamente fuerte de ácido fluorhídrico, puede separarse sin dilatación, mientras esto es más difícil de obtener cuando la insolubilización se ha hecho con formalina.

CAPÍTULO XIII

LA EMULSIÓN FOTOGRAFICA AL GELATINO BROMURO DE PLATA Y SUS PROPIEDADES

En términos químicos se llama emulsión á una solución que tiene en suspensión sustancias insolubles.

Si tomamos una solución de jabón y le añadimos una pequeña cantidad de aceite y agitamos fuertemente, en lugar de colocarse el aceite rápidamente en la superficie, como ocurre en presencia de agua, queda suspendido en forma de muy ténues partículas y el líquido, antes limpio, aparece turbio.

Esto es una emulsión.

La leche es también una emulsión natural de varias sustancias, entre ellas caseína y grasa, que le dan aspecto blanco.

Pasando á la emulsión fotográfica, diremos que está constituída por sales aloides de plata (en general, bromuro de plata con poco yoduro ó poco cloruro) en suspensión en la solución de gelatina, conteniendo bromuro alcalino con solución de nitrato de plata. Sin embargo, es conveniente añadir, que la emulsión fotográfica participa también del carácter de las soluciones coloidales, y en el momento de su formación puede decirse es, en gran parte, una solución coloidal, como demostró Lüppo Cramer.

Llámase solución coloidal ó pseudosolución á un estado de la materia entre la solución propiamente dicha y la suspensión. Cuando, por efecto del calor ó de la adición de sales (electrolitos), la solución coloidal se transforma y tiende á depositar la sustancia insoluble que contiene, se dice que se efectúa peptonización y que el cuerpo en solución coloidal pasa del estado de *hidrosol* al de *hidrogel*.

No podemos detenernos para hablar de las soluciones coloidales; para ello acúdase á los tratados de química, entre los cuales es especialmente recomendable el del Dr. Conrado Granell (1).

Nos limitaremos á decir que la emulsión fotográfica, sin grano,

(1) *Tratado elemental de Química Moderna*. Precio, franco de porte, 13 pesetas.—Bailly-Bailliere, editor, Madrid.

que se obtiene para el procedimiento interferencial de fotografía en colores de Lippmann, y cuya preparación aparece descrita en nuestro *Manuale sulla fotografia in colori*, es una solución completa ó casi completamente coloidal de bromuro de plata.

Pero esta solución tiene una sensibilidad mínima, porque no ha sufrido la operación de la maduración.

Maduración de la emulsión.—Llámase maduración á aquella operación por la que la mezcla de gelatina y aloide de plata, del estado de solución, en gran parte coloidal, pasa al de emulsión propiamente dicha, adquiriendo el aloide de plata (en gran parte, bromuro de plata) una forma de granos más ó menos grandes.

De todas las operaciones que deben hacerse para preparar la emulsión sensible al gelatino-bromuro de plata, la *maduración* es, sin duda, la que tiene mayor importancia, y en la cual se debe tener el mayor cuidado. La maduración, sin embargo, se produce también en frío, en un tiempo notablemente más largo.

La rapidez con que se produce la maduración y el grado de sensibilidad que la emulsión puede alcanzar, varían en forma bastante considerable, no sólo con la temperatura sino también con las sustancias contenidas en la emulsión misma.

Es sumamente interesante estudiar un tanto profundamente esta operación tan importante de la maduración y las circunstancias que en ella influyen. En las primeras tentativas que se hicieron para preparar emulsiones al gelatino-bromuro de plata se empleaba, para precipitar el bromuro de plata, una cantidad de bromuro de potasio inferior á la necesaria para descomponer completamente todo el nitrato de plata. Quedaba de esta manera en la emulsión, un poco de nitrato de plata, el cual daba á la emulsión apenas preparada una sensibilidad notablemente mayor; pero la maduración no podía hacerse más que á temperaturas relativamente bajas, pues de otro modo era fácil la producción del velo. No se podía, pues, en tales emulsiones, aumentar lo bastante su sensibilidad primitiva.

A raíz de esto, se descubrió que las emulsiones preparadas con exceso de bromuro soluble poseían, apenas preparadas, una sensibilidad notablemente menor que las preparadas con exceso de nitrato de plata; pero por medio de la maduración que puede efectuarse en ellas á temperaturas relativamente elevadas sin peligro de velo, se llega á tener en ellas un grado de sensibilidad bastante mayor que en las primeras.

Así, pues, una de las primeras circunstancias que deben tenerse en cuenta en la preparación de las emulsiones es la de producir la precipitación del bromuro de plata por medio de un *exceso* de bromuro de potasio (ú otro bromuro soluble), esto es, con una cantidad tal de bromuro que, después de descompuesta toda la sal de plata, quede todavía.

La cantidad de nitrato de plata y bromuro de potasio que se corresponden son 2 del primero y 1,4 del segundo; esto es, empleando 2 gr. de nitrato de plata y 1,4 gr. de bromuro de potasio, tanto el nitrato como el bromuro se descomponen completamente. Con objeto de que quede un poco de bromuro de potasio sin descomponer, se deberá emplear una cantidad un poco mayor de esta sal. Las proporciones más convenientes son 5 partes de nitrato de plata y 4, aproximadamente, de bromuro de potasio. El empleo de un exceso demasiado grande de bromuro de potasio podría resultar perjudicial, porque daría imágenes demasiado débiles en el desarrollo. Es importante hacer notar que aquellas sustancias, como el bromuro de potasio, que se oponen á la formación del velo en la maduración de la emulsión son las mismas que obran de retardadores y, en consecuencia, contra el velo en el desarrollo de la imagen. Es racional admitir que el bromuro de potasio tienda á formar con el bromuro de plata un bromuro doble de potasio y plata que, al mismo tiempo que pueda resistir bastante más al calentamiento y á acciones de otra naturaleza durante la maduración, sin alterarse, ofrezca también en el desarrollo mayor dificultad á sufrir la reducción por efecto de los reveladores.

Influencia de la temperatura.—La maduración de las emulsiones, esto es, la transformación del bromuro de plata en la forma sensible, puede ocurrir aún á una temperatura relativamente baja, y también en frío en la emulsión completamente cuajada. En tal caso, la transformación puede efectuarse bastante más lentamente y es mínima en las emulsiones que no contienen amoníaco. En todos los casos el grado de sensibilidad así obtenido es bastante menor del que puede alcanzarse con calentamiento á temperatura relativamente alta.

La temperatura máxima á que puede hacerse madurar una emulsión sin que se produzca velo, varía con la calidad y cantidad de las sustancias que entran en la emulsión misma. En presencia de amoníaco y de sustancias alcalinas en general (sosa, potasa, etc.), la maduración se efectúa á una temperatura relativamente baja, y la máxima temperatura á que pudo hacerse el calentamiento es en tal caso bastante inferior que en aquel en que la emulsión sea neutra ó ligeramente ácida.

Una emulsión débilmente ácida puede ser calentada sin inconvenientes durante una hora á 100°, y hasta 120° durante un tiempo algo menor. En cambio, en las emulsiones alcalinas no se puede ir más allá de los 55° sin peligro de velo, y, por lo general, hay que limitar el calentamiento á 45-50°.

Dijimos al hablar de la imagen latente que otros agentes físicos, además de la luz, y entre ellos el calor, pueden producir una modificación latente en el gelatino-bromuro de plata.

Así, pues, cuando en la maduración de emulsiones se excede de

cierta temperatura, ó también de un cierto tiempo (porque también el tiempo que dura el calentamiento tiene grandísima influencia) es racional admitir que se produzca en las partículas de bromuro de plata aquella modificación molecular que las hace susceptibles de ser descompuestas por los reductores; esto es, que las hace desarrollable. Por ello, el calor, después de haber contribuído grandemente á poner las partículas de bromuro de plata en aquel estado de equilibrio especial en el cual éstas son lo bastante sensibles á la luz, continuando obrando, rompe este equilibrio en forma forzosamente análoga á como lo hace la luz y la emulsión resulta velada.

Pues si la temperatura ó el tiempo de calentamiento exceden de un cierto límite, entonces no sólo se produce la modificación latente, sino un verdadero y propio ennegrecimiento producido por una parcial descomposición de la sal de plata en presencia de la gelatina.

Influencia de la maduración sobre el grano.—En la maduración de la emulsión ocurre que las partículas de bromuro de plata aumentan de espesor. De 0,0008 mm. de diámetro pueden crecer hasta 0,02 mm. Una emulsión de grano demasiado grueso sirve mal en la práctica; las placas que con ella se obtienen dan imágenes de grano visible, en el cual los detalles más delicados se pierden y en los que los efectos perjudiciales de la irradiación, como explicamos, se hacen sentir en grado máximo. El calentamiento á una temperatura demasiado elevada ó prolongada durante demasiado tiempo, la presencia de una cantidad demasiado pequeña de gelatina ó de bromuro soluble, son las causas más comunes que tienden á hacer aumentar demasiado las partículas de bromuro de plata. La presencia de un poco de alcohol durante la maduración parece que facilita la obtención de una emulsión más fina. El empleo del amoníaco produjo un notable perfeccionamiento en la preparación de las emulsiones. Con el uso del amoníaco se consiguió aumentar bastante considerablemente la sensibilidad y obtener placas capaces de dar con el desarrollo imágenes más intensas.

Influencia del amoníaco.—El amoníaco fué usado al principio, adicionándolo en proporciones de 1 á 3 por 100 á la emulsión, antes de calentarla. Después el amoníaco fué añadido á la solución de nitrato de plata (hasta disolver el precipitado formado al principio), vertiendo luego la solución amoníaca de nitrato de plata así obtenida en la de gelatina mixta de bromuro de potasio. Es este el camino que se sigue, por lo general, hoy también, porque es el que conduce á los mejores resultados y á la máxima sensibilidad. Parece ser que el comportamiento del amoníaco es diverso si se añade después que el bromuro de plata se haya precipitado ó se encuentre, en cambio, presente en el acto que se forme el bromuro.

Cuando se añade amoníaco á la solución de nitrato de plata hasta la redisolución del precipitado, se forma, como dijimos al hablar de las sales de plata, un compuesto de amoníaco y nitrato de plata, al que corresponde, según Mitscherlich, la fórmula química $2\text{NH}^3, \text{AgNO}^3$.

Cuando esta solución de nitrato de plata amoniacal es vertida en la solución de bromuro de potasio, mezclado ó no con gelatina, se forma bromuro de plata y nitrato de potasio y el amoníaco permanece todavía libre; y siendo volátil, si se calienta la emulsión en vaso abierto, ocurre, en consecuencia, que en parte se elimina, y esto puede provocar una inconstancia notable de los resultados. Un exceso demasiado fuerte de amoníaco es bastante perjudicial para los resultados, porque conduce á emulsiones que dan imágenes sin vigor y veladas.

El calentamiento de la gelatina en presencia de amoníaco produce en la gelatina misma una alteración, á raíz de la cual ésta pierde en poder adhesivo y se cuaja con mayor dificultad. Tal alteración de la gelatina es causa de que, en el desarrollo y en los baños sucesivos, la capa que lleva la imagen tienda á levantarse y á concentrarse, lo que constituye un no leve inconveniente.

Para evitar tal inconveniente es necesario, en todo caso, hacer madurar el bromuro en presencia de una parte solamente de la gelatina, añadiendo el resto después de terminar el calentamiento.

Está demostrado que, dentro de ciertos límites y de acuerdo con otras condiciones, cuanto menor es la cantidad de gelatina que se tiene cuando se efectúa el calentamiento, tanto mayor es la sensibilidad de la emulsión que se obtiene.

En lo que á esto se refiere, es conveniente pues tener presente una cantidad no demasiado fuerte de gelatina durante la maduración. Todas las circunstancias que tienden á hacer aumentar la sensibilidad de las emulsiones, esto es, calentamiento, débil contenido de gelatina, fuerte contenido de amoníaco, encuentran una limitación en el hecho que, al seguir aumentando el grano del bromuro de plata, llega un momento en que éste se peptoniza y se separa en el fondo.

Con objeto de que la alteración que sufre la gelatina durante el calentamiento en presencia de amoníaco sea menor, es absolutamente necesario que aquella porción de gelatina que se introduce antes de la maduración sea de calidad *dura*.

El carbonato de amonio tiene en la maduración una influencia análoga al amoníaco, si bien en grado mucho menor.

Este, también, facilita la maduración; pero con él, sin embargo, no se puede obtener la sensibilidad que puede dar el amoníaco.

Tiene, no obstante, la ventaja de alterar bastante menos la gelatina, de evitar más fácilmente la formación de velo durante la maduración, por lo que al carbonato de amonio se le podrá asignar la

preferencia cuando no sea necesaria una gran sensibilidad. El carbonato de amonio, sin embargo, se añadirá á la solución de gelatina y bromuro alcalino y no á la solución de nitrato de plata.

No sabiéndose nada, de manera positiva, referente á la modificación molecular que sufren las partículas de bromuro de plata en la maduración, no se puede establecer en qué forma el amoniaco y el carbonato de amonio obran en el hecho de facilitar la maduración misma. Hay que considerar, pues, que la leve acción solvente que ejercen tales sustancias sobre el bromuro de plata tiene un notable puesto en el procedimiento de transformación molecular.

En la maduración se produce un cambio de color de las partículas de bromuro de plata. Dichas partículas, las cuales apenas formadas presentan un color amarillo claro, se hacen con la maduración de color verde oliva. Vista por transparencia una capa muy ténue de la emulsión, su color es amarillo rojizo antes de la maduración y rojo-violeta, gris-violeta ó gris-azul después de la maduración misma. Cuanto hemos dicho con respecto al color puede aplicarse al bromuro de plata puro obtenido en ciertas condiciones. La presencia de yoduro de plata y también la de ciertas sustancias, unas más que otras, durante la maduración hacen variar más ó menos el color de la emulsión.

Teoría de Bancroft sobre la maduración.—En el Congreso internacional de Fotografía celebrado en 1910 en Bruselas, el señor W. D. Bancroft, profesor en la Universidad de Ithaca (Nueva York) hizo una comunicación sobre la importante cuestión de la maduración de las emulsiones, de la que copiamos algunos extremos.

La modificación que se produce en la maduración es un aumento de espesor de granos; pero este aumento de tamaño no puede por sí solo explicar la razón del aumento de sensibilidad. Por otra parte, por los estudios de notables autores queda excluído que la maduración se deba á un principio de reducción, ni tampoco debe atribuirse, al parecer, á una modificación alotrópica.

Expuesto lo que antecede, el autor se inclina á deducir que lo convenido en llamar grano de bromuro de plata, sea un complejo de bromuro de plata, gelatina y agua. También puede admitirse *a priori* que exista una proporción *óptima*, si bien desconocida, á la cual corresponde la máxima sensibilidad. En este caso, la maduración tendría precisamente por efecto hacer tender el complejo que constituye el grano hacia tal combinación *óptima*.

Por otra parte, existen hechos que dan la razón precisamente á tal interpretación. En efecto, sábese que la sensibilidad que se obtiene es influenciada bastante por la proporción de gelatina presente en la emulsión.

Según esta hipótesis, la presión que, como es sabido, puede dar una impresión latente sobre la placa fotográfica no serviría sino

para romper el equilibrio de los componentes del grano, despidiendo agua y llevando el grano más allá del límite de la maduración máxima, de donde resultaría la más fácil reducibilidad.

El autor considera como una coincidencia casual la hinchazón del grano en la maduración: tal hinchazón debe considerarse el efecto de la maduración practicada con los métodos usados hoy en día; pero no por ello puede excluirse que por otro camino no se puede llegar al fin sin hinchazón.

Esta concepción teórica del Sr. Bancroft nos parece, en verdad, bastante arriesgada; cierto es que si fuese factible estaría resuelto el importantísimo problema de la obtención de emulsiones extrarrápidas de grano finísimo y dotadas pues de un poder resolvente muy superior al que posee la placa extrarrápida actual. Enorme ventaja podría sacarse de ello, especialmente en las investigaciones científicas (astrofotografía, microfotografía, etc.). Pero no creemos en la coincidencia fortuita de la hinchazón de los granos con la sensibilidad.

Según Bancroft, explicado según su hipótesis el fenómeno de la maduración, se pueden poner en claro ciertos inconvenientes inherentes á la maduración, esto es, deficiencia de uniformidad en la sensibilidad debida á diferentes composiciones de los granos. Algunas de nuestras experiencias están en armonía con tal interpretación.

El autor refiere un experimento importante acerca de la posibilidad de aumentar la sensibilidad de la emulsión, independientemente de la operación de maduración. El autor ha comprobado, en efecto, un notable aumento de sensibilidad mediante el tratamiento de las placas secas con una solución de metol que obre de depolarizante. Este hecho contradice la afirmación de Lüppo-Cramer, quien había encontrado una disminución de sensibilidad con el tratamiento con reveladores y sustancias de índole capaz de absorber el bromo.

De esto deduce el autor que si la gelatina es un coloide ideal para mantener el bromuro de plata en emulsión, protegiéndolo contra su tendencia á peptonizarse, no es ni puede ser el sensibilizador ideal de la emulsión, pues obra, ciertamente, también en este sentido.

La concepción del profesor Bancroft, no corroborada por experimentos, no puede decirse haya resuelto la cuestión importantísima de la causa que produce la diversa sensibilidad de las emulsiones al bromuro de plata.

El hecho que á un aumento de sensibilidad corresponde un aumento de grano, podría hacer suponer que se trata de un fenómeno esencialmente físico.

Entre otras, se ha expuesto la hipótesis que el bromuro de plata modificado con la maduración tenga un poder absorbente bastante

mayor para la luz, lo que, precisamente, explicaría la mayor sensibilidad.

Hace algunos años expusimos la hipótesis de que la sensibilidad distinta se debería á contener la emulsión proporciones diversas de dos estados moleculares diversos de bromuro de plata: uno poco sensible (que se forma en el acto de la mezcla de la solución de bromuro de plata con la de nitrato de plata), y otro muy sensible, que representa el estado intermedio entre el bromuro apenas precipitado y el impresionado por la luz, que constituye la imagen latente.

Así, pues, admitiendo tres estados moleculares diversos del bromuro de plata, se encontraría una explicación racional á muchos fenómenos que se verifican en la práctica.

Pero tampoco esta teoría, que puede resultar cómoda para explicar muchos hechos, puede satisfacer completamente, y hay que tener en cuenta que, sólo cuando el fenómeno principal, esto es, el que se produce en la formación de la imagen latente, sea aclarado suficientemente por la ciencia, así como la causa por la cual el bromuro de plata adquiere sensibilidad con la maduración, encontrará una explicación racional.

Influencia del yoduro de plata y del cloruro de plata en la emulsión.—El yoduro de plata es menos reducible que el bromuro de plata por los reveladores, y por ello su presencia en la emulsión al bromuro de plata, es conveniente porque contribuye á mantener más transparente la imagen negativa haciendo más difícil la formación del velo.

Por consideraciones esencialmente químicas parecería que el yoduro de plata debería poseer mayor sensibilidad á la luz que el bromuro de plata en la producción de la imagen latente, porque en las propiedades de los tres cuerpos, cloro, bromo y yodo, y sus combinaciones con el metal mismo, se observa siempre una variación regular de propiedades químicas. Y es bastante probable que, en realidad, sea así; pero la imposibilidad de reducir el yoduro de plata con reveladores que obren solamente sobre el cuerpo modificado por la luz, y no sobre el resto, no permite comprobarlo prácticamente.

Por otra parte, una circunstancia parece confirmar la hipótesis de la mayor sensibilidad del yoduro de plata, y es que la emulsión al bromuro conteniendo una pequeña cantidad de yoduro de plata, es más sensible que la formada por bromuro de plata únicamente.

Sin embargo, esta mayor sensibilidad podría ser debida al hecho que, siendo el yoduro de plata más estable que el bromuro, permite excitar mayormente, la operación de maduración, sin que la emulsión sufra aquella alteración á la que corresponde la producción de velo en el desarrollo.

Hay que hacer observar también que el comportamiento del

yoduro de plata en la emulsión al gelatino-bromuro es diverso según que su formación sea contemporánea á la del bromuro de plata ó no.

Para obtener emulsiones más sensibles es necesario que el yoduro de plata sea precipitado junto con el bromuro de plata y no añadido sucesivamente.

En efecto, en la preparación de emulsiones extrasensibles se hace disolver, junto con la gelatina, bromuro de potasio y yoduro de potasio.

Añadiendo después nitrato de plata se precipitan juntos bromuro y yoduro de plata.

De todos modos, la cantidad de yoduro de plata que se añade á la emulsión debe ser bastante pequeña.

No se puede exceder de un cierto límite sin comprometer el vigor de la imagen.

La presencia del yoduro de plata en la emulsión al gelatino-bromuro tiene también por efecto hacer que alcance el máximum de sensibilidad, haciéndolo tender más y más hacia el violeta.

En las emulsiones para papeles positivos al gelatino-bromuro de plata no se pone nunca yoduro de plata, el cual puede influir perjudicialmente en el vigor y en la tinta de la imagen.

De investigaciones recientes, hechas por los Sres. Lumière y Seyewetz, parece resultar que en el desarrollo, incluso bastante prolongado de las imágenes obtenidas sobre placas preparadas con emulsión sólo al bromuro de plata y sucesivo fijado, la sustancia negra que constituye la imagen misma está formada de plata que conserva cierta cantidad de azufre procedente del hiposulfito; pero no bromo.

En cambio, con las emulsiones al bromo-yoduro de plata queda siempre en la imagen un poco de yodo y menor cantidad de azufre. Esto demuestra el hecho de que la presencia de yoduro de plata en la emulsión influye también en la constitución de la imagen desarrollada y fijada.

La presencia de cloruro de plata en la emulsión al gelatino-bromuro de plata ejerce un efecto opuesto al del yoduro.

Siendo el cloruro de plata bastante más fácilmente reducible que el bromuro de plata, su presencia hace que el desarrollo sea facilitado y más fácil es la obtención del velo con reveladores demasiado enérgicos.

Por el hecho mismo de la mayor descomposición del cloruro de plata con respecto al bromuro es imposible acelerar la maduración de las emulsiones al bromuro solamente ó al bromo-yoduro de plata.

Por ello no se pueden obtener nunca emulsiones al cloro-bromuro de gran sensibilidad, como ocurre con las emulsiones al bromuro de plata.

También el hecho de la gran solubilidad del cloruro de plata en el amoniaco, constituye una dificultad para la obtención, con el procedimiento amoniacoal, de emulsiones al cloro-bromuro de gran sensibilidad.

Pero tales emulsiones se distinguen por vigor de imagen y bondad de tono negro, y ésto las hace más útiles para papeles positivos de desarrollo.

Las emulsiones que contienen yoduro de plata, aun en pequeña cantidad, son mucho más amarillas que las que contienen solamente bromuro de plata.

Puede decirse que colorimétricamente, haciendo emulsiones amoniacoales en cantidades crecientes de yoduro y confrontando el color de la capa con el que presenta una cierta placa sensible, se puede establecer con apreciable aproximación la cantidad de yoduro que contiene.

No resulta tan fácil, en cambio, fijar cuánto cloruro de plata está contenido en una emulsión al cloro-bromuro.

Los Sres. Lumière y Seyewetz indicaron recientemente un método que permite distinguir la emulsión al bromuro de la al cloro-bromuro. Se someten las placas ó papeles á la acción del siguiente baño:

Agua.	1.000 gramos.
Quinona-sulfonato-sódico.	10 —
Sulfito de sosa anhidro	50 —

Esta solución desarrolla en pocos minutos una capa que sólo contenga cloruro de plata, mientras no desarrolla, en cambio, las capas que contienen sólo bromuro de plata.

Las capas conteniendo cloruro y bromuro de plata se comportan de manera intermedia, dando una imagen tanto más intensa cuanto mayor es la cantidad de cloruro de plata.

Emulsiones al cloruro de plata solamente, se emplean hoy raras veces en la práctica, y únicamente para ciertos papeles de tonos variados modificando los baños reveladores.

Los papeles al cloruro de plata solamente, no se conservan mucho tiempo y tienen una sensibilidad demasiado limitada para usarlos como papeles de desarrollo.

Por lo general, se asocia, en las emulsiones para papel, el cloruro al bromuro de plata.

Una circunstancia que conviene tener presente es el comportamiento de las diversas sales aloides de plata respecto á los cloruros, bromuros y yoduros alcalinos.

El yoduro de potasio puede transformar completamente el bromuro de plata en yoduro, mientras que el bromuro de potasio no puede transformar el yoduro de plata en bromuro. El hecho se

debe á una causa termoquímica, y á la misma causa se debe también el hecho de la transformación del cloruro de plata en bromuro ó yoduro, por acción, respectivamente, del bromuro ó yoduro en potasio, mientras el cloruro de potasio no tiene acción alguna sobre el bromuro y sobre el yoduro de plata.

Es posible, pues, transformar una emulsión al cloruro de plata ó al cloro-bromuro de plata, en otra constituída sólo por bromuro de plata, bastando para ello un tratamiento en caliente con exceso de bromuro de potasio. En cambio, no es posible la transformación inversa de una emulsión al bromuro ó al cloro-bromuro en otra al cloruro de plata solamente.

CAPÍTULO XIV

MODO PRÁCTICO Y RECETAS PARA LA PREPARACIÓN DE LAS EMULSIONES AL GELATINO-BROMURO Y EXTENDIMIENTO SOBRE LAS PLACAS

Puede decirse son dos los métodos prácticos para la preparación de la emulsión al gelatino-bromuro de plata; esto es, el método amoniacal y el método ácido.

El primero es el usado generalmente, y sirve para obtener emulsiones bastante sensibles. El segundo no sirve sino para preparar placas lentas especiales para positivos sobre vidrio y también para reproducciones. Pero hoy puede decirse que está casi por completo abandonado, prefiriéndose obtener emulsiones lentas con el procedimiento amoniacal, oportunamente modificado, con el cual se pueden tener capas sensibles, bastante mejores, en el vigor especialmente. Y si se quieren emulsiones menos sensibles todavía, se preparan al cloro-bromuro de plata en la forma explicada en el tomo II de esta obra.

Muchísimas son las fórmulas publicadas para la preparación de las emulsiones por el procedimiento amoniacal. Pero de las recetas, que, también se encuentran en los manuales en abundancia, pocas satisfacen en la práctica, así, pues, nos abstendremos por ello de dar á nuestros lectores un caos de recetas más ó menos racionales, entre las cuales la selección resultaría bastante engorrosa.

Fórmula para la preparación de la emulsión.—Fundándonos en los importantes principios teóricos expuestos precedentemente, hemos conseguido, después de gran número de experimentos, llegar á establecer una receta con la cual es posible obtener una rápida y excelente emulsión. Con la misma receta, variando las condiciones de la preparación, es posible obtener un aumento ó una disminución de la sensibilidad. Se empieza por preparar separadamente las tres soluciones siguientes:

1. Agua destilada.	500 gramos.
Gelatina dura Winterthur, Heinrich ó Creutz.	40 —
Bromuro de potasio.	50 —
Yoduro de potasio.	60 centigr.

Se deja primero engreir la gelatina durante media hora en agua, después se añade el bromuro y el yoduro y se hace calentar el recipiente (vasija de tierra ó de vidrio) en baño maría á la temperatura de 60° á 70°, hasta la completa disolución de la gelatina.

De otra parte se prepara en una botella la solución:

2. Agua destilada.	500 gramos.
Nitrato de plata.	60 —
Amoníaco	c. s.

hasta redissolver el precipitado formado en principio, evitando añadirlo en exceso.

Para preparar esta solución, es algo importante emplear nitrato de plata purísimo. El nitrato de plata cristalizado es bastante preferible, porque en la fusión del nitrato de plata se forman compuestos (entre ellos el nitrito de plata) que ejercen una influencia perjudicial.

La presencia de cobre, aun en cantidad mínima, parece obra también desfavorablemente en la sensibilidad. La purificación de todas las huellas de sal de cobre se obtendrá con cristalizaciones sucesivas.

El amoníaco se añadirá en cantidad apenas suficiente para disolver el precipitado que se forma al principio. Empleando amoníaco de la densidad 0,935, se necesitan unos 60 c. c.

La solución 2 se vierte después poco á poco en la solución 1 á la temperatura de 50° al máximum, agitando continuamente. Se forma con ello un precipitado de bromuro de plata, que se emulsiona pronto con la gelatina, formando un líquido lechoso amarillento que tiene un fuerte olor á amoníaco.

La mezcla se hará en recipientes de porcelana ó también en grandes vasijas de grés de 20 litros, aproximadamente, cuando se trabaja en gran escala industrial.

La emulsión así obtenida debe ser sometida á la operación de la maduración, que tiene, como hemos visto, la misión de darle un elevado grado de sensibilidad.

Maduración.—La maduración se produce haciendo calentar la emulsión durante un tiempo variable y á una temperatura también variable; el tiempo que debe durar la maduración y la temperatura serán tanto mayores cuanto más elevado sea el grado de sensibilidad que se desee obtener. La máxima sensibilidad se obtendrá calentando la emulsión en vasija cerrada (agitando de vez en cuando) y á una temperatura de 50° durante media hora, poco más ó menos. No conviene exceder estos límites, porque con facilidad se corre el riesgo de velar la emulsión. Si en vez de tener cerrado el recipiente se tiene abierto, ocurre que durante la maduración una gran parte del amoníaco se perdería y la temperatura

debería ser mayor para tener la misma sensibilidad, que si se trabajara con vaso cerrado. Por ello es preferible, en atención á la constancia de los resultados, trabajar en vasija cerrada; en la tapadera debe haber un agujero para el paso del termómetro destinado á controlar la temperatura. Naturalmente que la mezcla de los dos líquidos 1 y 2, y el sucesivo calentamiento de la emulsión, se deben hacer en una estancia iluminada con una luz inactiva. Las luces color amarillo anaranjado, rojo rubí y verde se prestan también á este objeto.

Para la vista, la más clara de estas luces es la de color amarillo anaranjado; sin embargo, esta luz es la que, de entre las tres, ejerce mayor acción sobre la emulsión. También, á menos que no se exceda demasiado en el grado de claridad, la luz amarilla-anaranjada se presta muy bien para la iluminación de la estancia donde se prepara la emulsión, mientras durante la maduración se tenga tapado el vaso en el que está la emulsión y sólo se destape de vez en cuando para agitar la emulsión.

De todos modos, debe tenerse en cuenta que la emulsión líquida, durante la preparación, tiene un grado de sensibilidad notablemente menor que en estado seco, y, por lo tanto, una luz que puede no ser útil para iluminar el gabinete en que se manejan las placas secas, puede ser perfectamente buena para iluminar los locales en los que se prepara la emulsión y se extiende sobre las placas.

Hemos de hacer observar, además, que puede alcanzarse un grado elevado de sensibilidad de la emulsión, ya sea manteniendo la temperatura un tanto baja y prolongando bastante más la duración del calentamiento, ó manteniendo la temperatura relativamente alta durante un espacio de tiempo más corto. Con la receta dada anteriormente se pueden obtener, pues, emulsiones bastante sensibles incluso también la temperatura á 40°, pero prolongando el calentamiento durante tres cuartos á una hora. Con esta segunda manera de operar, por muchos preferida, se evita con mayor facilidad toda huella de velo, el cual debe atribuirse, forzosamente, á la acción de la gelatina alterada por el amoníaco á causa de la temperatura relativamente alta en que se ha hecho la maduración.

Se obtiene también un aumento de sensibilidad reduciendo la cantidad de gelatina. Pero es necesario tener en cuenta que la disminución de gelatina hasta más allá de un cierto límite no permite al bromuro de plata continuar emulsionando y da lugar á una hinchazón, á veces considerable, en el grano.

Enfriamiento de la emulsión y su importancia — Mientras la emulsión madura se prepara una solución de gelatina con

3. Gelatina dura 40 á 50 gramos.
Agua destilada para tener completamente sumergida la gelatina. c. s.

Después que se ha dejado hinchar la gelatina en el agua durante algún tiempo, se vierte en seguida el agua no absorbida por la gelatina y se hace fundir la gelatina así hinchada á 60-70°. Una vez madurada la emulsión se le añade la solución 3, agitando bien; después se vierte la emulsión en un recipiente grande y bajo (una cubeta, por ejemplo), que se pone en una nevera ó en agua helada, donde se deja que la emulsión cuaje.

Es de la mayor importancia que el enfriamiento sea rapidísimo. Muchos defectos de la emulsión, y especialmente insuficiencia de vigor, dependen, en general, de un enfriamiento no lo suficientemente rápido.

Para acelerar el enfriamiento conviene utilizar una cubeta fuertemente enfriada con antelación y ponerla dentro de otra mayor conteniendo agua helada y colocando el todo en una nevera.

Vertida la emulsión en la cubeta se deja así, teniendo la precaución de cubrir la cubeta, si es el caso, para evitar por completo la influencia de la luz.

La emulsión cuaja en poco tiempo; pero conviene dejarla reposar algunas horas, con objeto de hacerla más consistente y más sensible.

Puede decirse que, por lo general, es conveniente dejar en esta forma la emulsión de un día para otro, teniéndola siempre al fresco y con preferencia en una nevera.

La emulsión cuajada es susceptible de una maduración ulterior, y, en consecuencia, de ulterior aumento de sensibilidad por el hecho de que contiene todavía amoníaco. Sin embargo, no se debe dejar la emulsión cuajada durante tiempo exagerado pues en tal caso se produciría, indudablemente, un velo más ó menos intenso.

Sin embargo, hemos comprobado, con gran número de experimentos, que se podría reducir á la mitad, y hasta á una tercera parte, el tiempo de maduración en caliente, y recurrir, en cambio, á una maduración en frío, que se obtiene dejando en esta forma la emulsión cuajada en una nevera durante cinco á seis días á lo más. Con ello se obtiene la gran ventaja de llegar á una sensibilidad bastante notable también, sin producir hinchazón en el grano de la emulsión, aumento que es causa de que la emulsión pierda mucho en opacidad y de imágenes muy débiles en el desarrollo.

Cómo dijimos ya en el procedimiento amoniacal descrito, es posible obtener emulsiones de sensibilidades notablemente variadas haciendo la maduración durante un tiempo más ó menos largo y á una temperatura más ó menos elevada.

Haciendo, por ejemplo, la mezcla de las dos soluciones 1 y 2 de manera que la temperatura de la mezcla no supere los 40°, agitando durante algunos minutos y añadiendo, sin otra cosa, la

solución 3 de gelatina, haciendo enfriar después rápidamente la emulsión en nevera, se obtiene una sensibilidad mucho menor, y por lo mismo mayor fineza de grano y mayor transparencia de imagen.

Recetas modificadas para la preparación de emulsiones de menor sensibilidad.—Esto no obstante, para obtener emulsiones menos sensibles, capaces de dar imágenes de mayor transparencia, es preferible valerse de las modificaciones que vamos á indicar.

Para la fabricación de placas al gelatino-bromuro de plata, que servirán para las reproducciones, lo que interesa especialmente es aplicar métodos que den placas de sensibilidad moderada; pero de notable fineza de grano y transparencia.

Dos son los caminos que podemos seguir para conseguir este objeto: ó se disminuye la cantidad de amoníaco, ó se pone un poco de ácido capaz de neutralizar una parte del amoníaco añadido.

Así, pues, podemos valernos de las recetas dadas, con la diferencia de emplear una solución de nitrato de plata simple en lugar de nitrato de plata amoniacal. El amoníaco se añade después de hecha la mezcla del nitrato de plata con la solución de gelatina; pero en lugar de añadir los 60 c. c. de densidad 0,935, que, poco más ó menos, son necesarios para obtener la solución clara de nitrato de plata amoniacal preparada con los 60 gr. de nitrato de plata indicados, se añadirá sólo 30 c. c., y eventualmente aún menos, haciendo después la maduración en la forma indicada. En presencia de menor cantidad de amoníaco se puede aumentar la temperatura y el tiempo del calentamiento sin correr el riesgo de producir velo.

Se asegura que el comportamiento de la emulsión, ya sea por la sensibilidad alcanzable, ya por el carácter de la imagen que da, es variado, según que el amoníaco se añada, junto con el nitrato de plata, en el momento de la precipitación del bromuro de plata, ó después.

Pero nosotros no hemos podido observar de manera cierta tal diferencia.

Otro método para obtener emulsiones de menor sensibilidad, debido á nuestros estudios, consiste en añadir un poco de ácido cítrico, bien á la solución de gelatino y bromuro antes de verter en ella el nitrato de plata amoniacal, ó después de hecha la mezcla.

Este método es, indudablemente, preferible, por la constancia de los resultados que permite obtener, y también nos ha parecido conduce á emulsiones capaces de dar imágenes más vigorosas que las obtenidas por el método precedente.

La cantidad de ácido cítrico que debe añadirse en la receta dada al principio es de 5 á 10 gr.

Siendo así que en la práctica no hemos notado diferencias apreciables haciendo la adición de ácido cítrico antes de la mezcla ó

después, parece más razonable hacer la adición del ácido cítrico (previamente disuelto en poca agua) una vez hecha la mezcla.

Ello, porque en el primer caso tenemos, así que se vierte el nitrato de plata amoniacal en la solución ácida de gelatina, la formación de bromuro de plata precipitante en medio ácido.

Y cuando se hace rápidamente la mezcla, la diferencia señalada no puede por menos de existir igualmente.

Teóricamente, se ha llegado á aceptar que el bromuro de plata que precipita en medio ácido, aun llegando á estar sucesivamente en contacto con notable exceso de amoníaco, se diferencia siempre, en lo que se refiere á la sensibilidad y al comportamiento en presencia de reveladores, del bromuro de plata directamente precipitado en medio alcalino.

Teniendo esto en cuenta, parece preferible la adición de ácido una vez hecha la mezcla.

Haremos observar que, especialmente en manos inexpertas, la preparación de emulsiones extrarrápidas, con las recetas dadas al principio de este capítulo, conduce con frecuencia á emulsiones en las que falta la tendencia á dar imágenes del vigor deseado.

Ahora bien; este inconveniente se remedia bien cuando, aun siendo en cantidad bastante reducida, se recurre á la adición de ácido cítrico, como hemos explicado.

Tal adición, que puede ser reducida incluso á menos de 5 gr. para la dosis de emulsión indicada (por ejemplo, á 2 ó 3 gr.), tiene siempre por efecto aumentar el vigor de la emulsión evitando más fácilmente la producción de velo, mientras que en lo que á la sensibilidad se refiere, si no se llega precisamente á la que se obtiene dejando la adición de ácido, se podrá siempre acercarse á ella más ó menos prolongando más y más la operación de maduración.

Hay que tener en cuenta que el citrato de amonio que se forma en la neutralización del ácido cítrico con el amoníaco no ejerce influencia alguna en la emulsión y es como si no existiera.

La adición de ácido cítrico, por nosotros estudiada y aconsejada, tiene solamente el objeto de regular, según se desee y con la máxima exactitud, la alcalinidad del líquido, factor éste que tiene extraordinaria influencia en la sensibilidad y naturaleza de la capa sensible.

Emulsión preparada en frío.—Si bien las mejores emulsiones se obtienen fundándose en las recetas ó indicaciones dadas anteriormente, fruto de estudios é investigaciones prácticas innumerables hechas por nosotros en el laboratorio y en fábricas, daremos además un método, indicado por Handerson hace algún tiempo, para obtener emulsiones en frío, porque tal método puede interesar á los aficionados especialmente.

Con el método de Handerson, modificado por Sreniewsky, se procede como de costumbre. Se preparan las tres soluciones:

A Bromuro de potasio	80 gramos.
Agua.	200 —
Gelatina Nelson núm. 1.	10 —
Carbonato de amoníaco	10 —
Yoduro de potasio.	2 —
B Nitrato de plata	100 gramos.
Agua.	400 —
Ácido nítrico (solución 10 por 100). . .	20 gotas.
C Alcohol á 95°	500 gramos.
Amoníaco	40 —

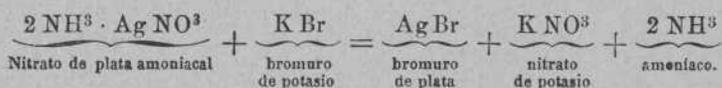
A la solución A, apenas templada, se añade la solución B; después, poco á poco, la solución C, agitando continuamente. Se deja reposar la emulsión, á la temperatura ordinaria, durante ocho ó diez horas y se le añade después una solución caliente de 180 gramos de gelatina en 1.200 de agua, y después que la emulsión ha cuajado se lava con agua.

Esta emulsión da placas bastante sensibles, si bien lo son mucho menos que las preparadas en caliente con nuestra emulsión amoníacal dada. Este procedimiento no se aplica industrialmente, por lo largo, por lo caro y también porque da placas de una sensibilidad bastante limitada; sin embargo, puede emplearse, con ventaja, por quien desee preparar placas en pequeña escala, para uso particular, sin fines industriales, pues es de ejecución más sencilla y segura, no interviniendo el calor en la maduración. Las placas que se obtienen dan negativos mórbidos con una notable graduación de las medias tintas que da relieve á la imagen.

Lavado de la emulsión.—Cuajada la emulsión y dejada en esta forma el tiempo conveniente, debe ser después lavada, y con objeto de que el lavado se efectúe de manera perfecta, es necesario dividir la emulsión en pedacitos. Esto puede hacerse ya sea cortando la emulsión con un cuchillo de plata ó con una espátula de vidrio ó porcelana, y mejor todavía haciendo pasar la emulsión por presión (lo que se efectúa por medio de prensa) á través de un cedazo de hilo de plata. Algunos establecimientos utilizan máquinas para triturar la carne ú otra cosa con cuchillos de plata ó plateados. De todos modos, se debe evitar en la subdivisión el contacto de la emulsión con cualquier metal que no sea plata, porque de lo contrario se perjudicaría mucho la emulsión. Si la emulsión se dividió en sutiles hilos, el lavado puede hacerse más rápido y completamente.

El lavado perfecto de la emulsión es condición indispensable para obtener placas sin defectos y capaces de conservarse incluso durante mucho tiempo sin mostrar velo. Para ver cuáles son las sustancias que con el lavado se eliminan, examinemos las reacciones que ocurren en la preparación de la emulsión.

Cuando se vierte el amoníaco en la solución de nitrato de plata, se forma, como vimos al hablar de las sales de plata, el compuesto $2\text{NH}^3 \cdot \text{AgNO}^3$, que es una combinación soluble de amoníaco y nitrato de plata. Cuando se mezcla la solución amoniacal de plata con la solución mixta de bromuro de potasio y gelatina se verifica la reacción siguiente:



Esto es, se forma el bromuro de plata insoluble, el cual se emulsiona con la gelatina y al mismo tiempo nitrato de potasio, sal soluble y amoníaco. Con el calentamiento de la emulsión sucede que una parte del amoníaco desaparece; de modo que en la emulsión madurada se debe eliminar el amoníaco que quedó, todo el nitrato de potasio y, además de esto, el bromuro de potasio, todavía presente en la emulsión, ya que, debiéndose emplear, como dijimos, un exceso de bromuro de potasio, queda de él cierta cantidad sin descomponerse.

El agua que se emplea para el lavado tiene, como es fácil comprender, una influencia notable sobre la calidad de la emulsión que se obtiene. Pudiendo hacer el lavado con agua destilada, debe hacerse así; pero en la industria esto, generalmente, no se hace. Un agua muy calcárea, si bien no demasiado rica en sulfatos, no ejerce influencia perjudicial en el lavado. En cambio, el agua que contenga sales férricas, aun en pequeñísima cantidad, puede obrar en la sensibilidad y producir defectos en las placas. Un lavado demasiado prolongado altera la gelatina, que cuaja después mucho peor y da placas defectuosas. Han sido aconsejados muchos aparatos para mejorar, haciéndolo todo lo perfecto posible, el lavado.

Se toma una caja ó barril de madera, y á la mitad de su altura, aproximadamente, se coloca un cedazo con malla de crén, en el que se pone la emulsión. Después se hará caer agua sobre el cedazo en que se encuentra la emulsión, agitando ésta bien, y cuando la caja está llena de agua se cierra ésta y se vacía luego la caja abriendo un grifo inferior. La misma operación se repite cinco ó seis veces. Algunos aconsejan hacer un lavado previo de la emulsión en alcohol. Pero este lavado, que sale caro, no presenta ventajas si se omite la de hacer un poco más consistente la gelatina.

Pulimentación y preparación preliminar de las placas de vidrio destinadas á ser recubiertas con la emulsión.—Una vez lavada la emulsión no debe dejarse en esta forma demasiado tiempo, porque la gelatina en estado húmedo se altera con gran facilidad, por efecto de los microorganismos, y tal alteración de la gelatina produce

siempre un velo. Si se quiere conservar la emulsión sin extenderla sobre las placas, se debe hacer secar sobre redecillas de plata; en esta forma puede conservarse bastante tiempo, y cuando sea necesario usarla, sólo se tendrá que inmergir en agua, dejándola hasta que se haya hinchado completamente; verter después el agua y prensar la emulsión para librarla del exceso de agua, y fundirla después. Si la emulsión debe conservarse durante pocos días solamente, para evitar hacerla secar, para hincharla de nuevo después, se puede añadir á la emulsión cualquier antiséptico en cantidad mínima (ácido salicílico, por ejemplo). Pero los antisépticos obran todos, más ó menos, de manera poco favorable en la emulsión. Bastante más conveniente es la adición de un poco de alcohol puro en el recipiente que contiene la emulsión lavada subdividida. Debiendo extender la emulsión sobre placas, se hará fundir la emulsión lavada á una temperatura no superior á 50°, y después se filtrará en una tela densa. Algunos aconsejan la piel de gamuza para filtrar la emulsión, pero la filtración, aun con presión, es larguísima.

Es siempre muy útil añadir á la emulsión terminada, esto es, lavada y fundida, una pequeña cantidad de bromuro alcalino, pues con ello se corta á las placas la tendencia á velarse con la conservación, como ya dijimos.

En la fusión de la emulsión es importante no calentarla á una temperatura superior á 50°, porque no conteniendo ya la emulsión lavada bromuro alcalino, es alterada más fácilmente por el calor y se vela también con mayor facilidad.

El método más sencillo para efectuar la filtración consiste en adaptar la tela á un embudo grande y verter la emulsión bien caliente.

La filtración tiene por objeto separar ciertas impurezas que pueden encontrarse en suspensión en la emulsión y que pueden estar constituidas por pelos, arena ú otras sustancias procedentes de la gelatina ó del agua del lavado y del aire del ambiente. Ahora la emulsión está ya lista para extenderla sobre placas ó superficies de otra especie.

Algunos añaden á la emulsión, antes de extenderla, un poco de gelatina tierna ó dura (15 ó 20 gr. por litro) disuelta separadamente en poca agua. Esta adición es bastante útil, según hemos comprobado, y especialmente en verano, para facilitar que la emulsión se cuaje cuando se hace el extendimiento mecánico. La adición de gelatina es conveniente hacerla, sin embargo, antes de filtrar la emulsión.

No debemos olvidar tampoco que el aumento de gelatina en la emulsión hace que la capa tarde más en fijarse, inconveniente que se observa en ciertas placas comerciales.

Las placas destinadas á recibir la emulsión deben ser cuidado-

samente pulidas. Para ello suelen ser frotadas con tapones ó espátulas, utilizando una solución de carbonato de sosa al 5 por 100, con preferencia algo caliente. Después se enjuagan bien las placas con agua y se dejan secar poniéndolas en posición casi vertical sobre pequeños soportes de madera no sujetos á la acción del polvo.

Las placas lavadas, antes de ser recubiertas con la emulsión, deben sufrir un baño destinado á dejar una ténue subcapa. Para ello se usó hace tiempo una débil solución de silicato de sosa; pero hoy en todos los establecimientos se emplea una débil solución de gelatina adicionada de alumbre de cromo.

Esta subcapa tiene la misión de adherir bien la película sensible al vidrio.

El baño destinado á dar la subcapa se prepara en la forma siguiente:

Solución de gelatina pura	5 gramos.
Agua.	900 —

A esta solución templada se añade poco á poco 30 á 50 c. c. de una solución conteniendo 1 por 100 de alumbre de cromo.

Extendimiento de la emulsión sobre las placas.—Llegada la emulsión á una temperatura de 35 á 45° (según la estación), está en disposición de ser extendida sobre las placas. Por lo general, es conveniente, para dar mayor fluidez á la emulsión y hacerla más corrediza, añadir inmediatamente, antes de extenderla, unos 50 centímetros cúbicos de alcohol puro (de 95°) por cada litro de emulsión.

El extendimiento de la emulsión puede hacerse, bien sea á mano ó con máquinas especiales.

Extendiéndola á mano se obtiene una capa menos uniforme y más gruesa que con la extensión mecánica, y puede decirse que en todos los establecimientos donde se fabrican las placas al gelatino-bromuro para fines industriales, el extendimiento á mano ya no se efectúa.

Si se quiere recubrir á mano una placa, se sujetará ésta con una mano, y con la otra se verterá en ella la emulsión fundida, haciendo de manera que ésta se extienda sobre toda la superficie. El sobrante se vierte después de nuevo en el frasco por un ángulo de la placa, procurando á la vez igualar la capa en toda la superficie. Después se pone la placa sobre un plano horizontal frío, donde se deja hasta que la gelatina esté bien cuajada, y, finalmente, se coloca en un secador, poniéndola en posición casi vertical. El secador para prácticas de laboratorio ó para ensayos de aficionados puede consistir en un pequeño armario metálico de planos horizontales. En cada plano existen muescas para mantener las placas de pie. Los planos comunican uno con otro; el aire caliente

(producido, con preferencia, por un pequeño hornillo eléctrico colocado debajo del secador) pasa por todos los compartimientos en contacto con todas las placas y es aspirado superiormente por medio de un tubo de estufa un poco largo, dentro del cual se encuentra un mechero de gas destinado precisamente á producir la corriente de aire. Debe tenerse cuidado de que el aire que entra por la parte inferior tenga una temperatura menor de 30°, porque de lo contrario, se correría el peligro de hacer fundir la gelatina. Para el secado completo, aun efectuado en un aparato bien hecho, son necesarias, por lo general, doce horas por lo menos.

Extendimiento mecánico.—Para el extendimiento mecánico, que, como hemos dicho, es el único que se emplea en los establecimientos industriales, se han elegido máquinas de diversos sistemas.

En todas, sin embargo, ha sido aplicado el mismo principio: se hace pasar la placa por una cubeta que contiene la emulsión fluida, y después que la placa ha sido recubierta con la emulsión, se la hace recorrer un trayecto lo suficiente largo, en posición horizontal, enfriándola con artificios diversos durante todo ó parte del recorrido, de manera de tener la placa en la extremidad de la máquina, con la emulsión completamente cuajada.

En invierno puede resultar conveniente efectuar el calentamiento preventivo de la placa, debido á que si la emulsión cae sobre una superficie algo caliente se extiende más uniformemente.

Para el calentamiento de la placa se pueden usar cilindros metálicos, por dentro de los cuales se hace pasar vapor y que giran flotando con intermitencias en una pila conteniendo agua hirviendo. Para el enfriamiento se usa una tela sin fin que flota con intermitencias en agua enfriada con hielo.

En la estación cálida conviene también enfriar el aire que rodea las placas, lanzando en el conducto formado por coberteras curvadas, en las que circulan las placas, una corriente de aire muy frío obtenida haciéndola pasar á través de una columna de hielo.

La emulsión desciende de un recipiente que puede ser calentado teniéndolo encima de un plano calentado por medio del vapor. También puede evitarse el calentamiento teniendo la botella envuelta en fieltro. Se evita con ello la irradiación de calor, y si la emulsión no está en cantidad muy considerable, permanece fluida durante tiempo suficiente para extenderla toda (una hora y media á dos). Durante el tiempo que la emulsión permanece en la botella es conveniente, por lo general, agitar aquélla con un agitador mecánico para contrastar la tendencia que tiene el bromuro de plata á depositarse en el fondo, lo que tiene por efecto dar placas más ricas y otras más pobres de dicho bromuro. Pero no en todos los establecimientos que hemos tenido ocasión de visitar encontramos aplicada esta agitación; sobre todo si el recipiente de la emulsión

es pequeño, no hay que temer que durante el tiempo del extendimiento se separe bromuro de plata en el fondo. Para hacer que la emulsión descienda con la misma presión, tanto cuando la botella está llena como cuando está vacía, se hará uso de una botella provista de tubulatura en la parte inferior, en la que se aplica el tubo del cual desciende la emulsión; á la tubuladura superior se coloca un tapón de goma con un agujero, por el que pasa un tubo de vidrio que llega hasta casi el fondo de la botella. Esta disposición toma el nombre de botella de Mariotte, en la que el líquido que desciende de la abertura inferior sale siempre con la misma presión.

Del recipiente que la contiene, la emulsión pasa al distribuidor; éste tiene grande influencia en la regularidad de la capa que se obtiene. El de los tubos es el sistema distribuidor de la emulsión sobre la superficie de las placas que usan varios establecimientos.

De la tubuladura inferior de la botella, pasando la emulsión por un tubo de goma, va á un tubo horizontal (mantenido caliente con vapor), y en éste se subdivide, descendiendo por pequeños tubitos; de éstos, pasando á una gafa de piel, ú otra que desflora las placas, los hilos de emulsión se reúnen en una tira casi continua que va á depositarse en la placa que pasa por debajo.

Pero este sistema mecánico para distribuir la emulsión sobre las placas no es el más perfecto ni el más aconsejable para obtener un extendimiento del todo uniforme. Como sea que los tubitos del sistema antes indicado tienen pequeñísimos orificios, éstos tienden á obstruirse, lo que conduce á irregularidades; por otra parte, la lista de piel ó de goma elástica que frota la placa, con el uso tiende á hacerse hirsuta y no se adhiere bien á la placa, haciendo que la emulsión no se distribuya bien, porque donde falta adherencia con la tira de piel, la placa no se recubre de emulsión. Bastante más perfecto y recomendable es el sistema de distribución aplicado en la máquina extendidora del Dr. I. H. Smith, que es una de las mejores y más en uso; he aquí una breve descripción:

Un barril de gres contiene la emulsión líquida; en éste flota un tubo de vidrio que va hasta la altura del grifo y sirve, precisamente, para mantener constante el flujo. Por dentro del tubo de vidrio pasa el agitador de plata con dos paletas debajo, sueltas, para poder pasar por el tubo; el agitador recibe el movimiento junto con la máquina. Las placas destinadas á ser emulsionadas son primero cuidadosamente limpiadas y después colocadas en un plano de fieltro; pasan después sobre los rodillos, constituidos por árboles con discos que flotan en el agua templada destinada á recoger la emulsión que no va á las placas. Así, pues, la placa va sobre rodillos cilíndricos y también sobre un fieltro que flota en agua fría y que está destinado á enfriar la emulsión y cuajarla.

A este fieltro siguen otros, pues es necesario un camino de 3 ó 4 metros por el fieltro enfriado para que la emulsión cuaje bien.

La velocidad de los rodillos de discos respecto á la de los cilíndricos es mayor, y ello es causa de alejamiento de las placas unas de otras, lo que es útil para evitar deterioros en los bordes de las placas. Veamos ahora el distribuidor:

La emulsión desciende de un grifo y pasa por un tubo de goma, en cuya extremidad se encuentra uno de vidrio que tiene una abertura distinta para cada diverso tamaño de placas á recubrir; de estos tubitos se emplean seis ó más, uno distinto del otro.

Por otra parte, incluso variando la velocidad de la máquina se pueden producir leves diferencias en la cantidad de emulsión que va á recubrir cada placa. Del tubito de vidrio, la emulsión cae en una superficie de gradas de metal liso y plateado. En los canales de ésta, la emulsión se alarga y se iguala y desciende después sobre las placas. Pero el paso sobre éstas sería irregular y presentaría muchos inconvenientes, á no ser por una plaquita de plata curvada movable que permanece en continuo contacto con ésta y sigue sus irregularidades. De la superficie de gradas la emulsión va, por adherencia, á la plaquita movable, y de ésta se traslada después á la placa. El extendimiento se produce de este modo con la mayor perfección.

Observaremos que en la máquina Smith el mismo distribuidor sirve para cualquier tamaño de placas. La longitud de la capa de emulsión que desciende de la superficie de gradas puede ser regulada á voluntad, teniendo la precaución de bañar con emulsión sólo el espacio necesario. Con ello, por un fenómeno de adherencia, la emulsión desciende sólo al trozo de superficie metálica bañada, y si tendiese á ensancharse demasiado se puede acortar rozando hasta el rincón de la grada un dedo ligeramente engrasado con parafina.

Otro tipo de máquina de extender que funciona bien es el de la Casa inglesa Edward. Más sencillo y económico que todos es el tipo de máquina de extender de la Casa Braun, de Berlín, la cual funciona muy bien. La Casa Aug. Koebig, de Radebeul (Dresde), produce también excelentes máquinas para el extendimiento de la emulsión al gelatino-bromuro sobre placas. Esta Casa, que se ha especializado en toda clase de maquinaria para la industria del papel y placas fotográficas, sirve también máquinas lava-placas, aparatos especiales para subdividir la emulsión, etc.

Secado de las placas.— Llegadas las placas al final de la carrera en la máquina, deben tener tan cuajada la emulsión que no ceda bajo la presión del dedo. En este estado son colocadas, en posición casi vertical, en sostenes de madera que pueden estar constituidos de un marco rectangular que lleve á ambos lados dos hileras de surcos á la distancia de 3 cm. aproximadamente uno de otro. Entre los surcos se colocan las placas apoyadas por la parte del vidrio.

Los sostenes que contienen las placas son trasladados á una

habitación secadero, en la que se encuentran planos destinados á recibirlos. Estos planos no están formados por mesas, sino por listones de madera separados uno de otro para permitir el paso del aire. Para producir la secación es necesario un calentamiento moderado (30° como máximo) y una notable ventilación; el secado debe producirse en doce horas, aproximadamente. El calentamiento conviene hacerlo en caloríferos á vapor dispuestos alrededor del local en contacto con el suelo.

Para la ventilación la aspiración natural producida con chimeneas no puede bastar; son necesarios ventiladores aspirantes que funcionen fuera del secadero.

Más aconsejables todavía son los impelentes, con los que se debe temer menos la acción del polvo.

El aire aspirado y emitido por los ventiladores debe proceder de una cierta altura, en forma que se evite por completo todo inquinamiento de polvo; siempre, sin embargo, se debe filtrar el aire á través de telas. El polvo es un gran enemigo, porque donde se deposita produce sobre la placa que lleva la emulsión cuajada rayas, que en la placa seca se presentan en forma de manchitas transparentes; además, el polvo, aun cuando no produce este defecto, da puntos transparentes al negativo, dificultando la acción de la luz. En el local donde se encuentre la máquina de extender debe evitarse también, con mucho cuidado, la producción de polvo, teniendo para ello mojado el pavimento y bien limpias las paredes, que conviene estén revestidas de cemento lavable. El pavimento conviene sea de cemento, tanto en el secadero como en el local de la máquina. Las precauciones contra el polvo, lo repetimos, nunca serán bastantes.

Todos los establecimientos importantes acostumbran hoy día enfriar ante todo fuertemente el aire destinado á la ventilación de los secadores.

Para este enfriamiento se valen de conductos especiales enfriados mediante soluciones muy frías obtenidas con las máquinas de hielo artificial. Con el enfriamiento, el aire pierde gran parte de su humedad y se purifica también el polvo que contiene. Se eleva después la temperatura del aire, aumentándola hasta 20° ó 25° , y á esta temperatura se introduce en el secadero mediante ventiladores impelentes. Con aire seco como el que se obtiene de este modo, el secamiento es bastante más rápido y resulta mucho más regular, porque puede hacerse á una temperatura más baja.

La emulsión, que apenas preparada tiene una sensibilidad bastante leve, va ganando sucesivamente en ella, en las operaciones de maduración, lavado y secado, por lo que la atención debe ser siempre mayor para evitar la acción de cualquier luz perjudicial ó también la prolongada acción de luces bastante inactínicas.

CAPÍTULO XV

EMBALAJE DE LAS PLACAS.—CONSERVACIÓN. ALTERACIONES

Iluminación de los locales en las fábricas de placas.—Para la iluminación de los diversos laboratorios en que se prepara la emulsión se extiende sobre las placas y se cortan y empacan éstas, es muy preferible, al uso de lámparas provistas de vidrios de colores (amarillo, rojo y verde), el empleo de lámparas de vidrio blanco, colocadas en fundas de papel colorado, anaranjado, rojo y verde. Difundiéndose la luz dentro del espacio de la funda, se debilita, y la filtración de la luz á través del papel colorado en superficie relativamente grande, corta á la luz blanca bastante más fácilmente las luces actínicas que la constituyen. Así es que con el sistema de grandes envoltorios de papel colorado, de forma esférica ó cúbica, se tiene mayor cantidad de luz difusa con menor peligro de velo.

En cuanto á la calidad de luz á emplear, dejando aparte, bien entendido, la luz del día, la cual, á causa de su inconstancia, no se presta sino muy mal á este fin, diremos que la luz eléctrica de incandescencia es la preferible y la sola adoptada en casi todos los establecimientos de alguna importancia.

La luz de gas, que podría también utilizarse, tiene el grave inconveniente que, debiéndola encender con fósforos en el sitio donde se encuentra, es necesario que en el momento de encenderla no haya en el local ni emulsión, ni placas recubiertas sobre las cuales pueda obrar la luz. Podría disponerse, es cierto, las lámparas en las paredes de manera que pudieran encenderse estando en habitaciones próximas, ó también proveer las lámparas de una especie de galería de palastro, barnizado interiormente de negro, larga del tamaño del brazo, dentro de la cual se puede encender el fósforo, que á su vez sirve para encender la lámpara. Con todo esto, donde no se tenga luz eléctrica es preferible, por la sencillez de su uso, emplear lámparas de petróleo, ó mejor todavía de aceite, que perjudican mucho menos el ambiente.

El color de la luz dijimos podía ser amarillo, anaranjado, rojo ó verde. En la habitación donde se prepare la emulsión, la luz puede ser también amarilla-anaranjada (y por lo tanto relativamente

clara) sin temor que influya perjudicialmente en la emulsión. Sin embargo, es siempre aconsejable, bien sea durante la preparación ó lavado de a emulsión, y también después, tener cubierto todo lo posible el recipiente que contiene la emulsión, pues á la larga la luz podría obrar.

En el local que sirve para extender la emulsión, en el que sirve de secadero y en el otro en que se cortan y empaacan las placas, la luz conviene sea de color rojo-rubí ó verde. La vista se acostumbra más pronto á la luz roja que á la luz verde; pero esta última, al parecer, cansa menos la vista, y en el establecimiento Lumière es la única empleada. De los experimentos del capitán Houdaile (*Bull. de la Soc. Franç. de Phot.*) resulta que la luz más clara á la vista y que, al mismo tiempo tiene en la capa sensible, á igualdad de luminosidad, menor influencia, es la que se obtiene filtrando la luz á través de una doble pantalla amarillo-verde. Hay que tener siempre presente, sin embargo, que la eficacia de una misma pantalla colorada, en lo que á la eliminación de luces actínicas se refiere, varía con la calidad de la luz, con su intensidad y con la distancia á que se encuentra la pantalla del manantial luminoso. Para una misma luz, sin modificar la pantalla, se puede, pues, atenuar la acción, bien sea disminuyendo su intensidad ó colocándola á mayor distancia de la pantalla. Recientemente han sido estudiadas varias clases de pantallas formadas por líquidos, papel ó por tejidos colorados, las cuales, además de dar una luz relativamente clara para la vista, absorben las radiaciones de mayor efecto sobre los preparados sensibles.

Según el Dr. Castellani, se prepara un papel amarillo, á emplear como filtro de la luz, tomando:

Auranina	5 gramos.
Alcohol	1.000 c. c.
Solución alcoholizada de zafranina al 0,5 por 100	100 c. c.

Se inmerge en este baño papel un poco grueso y de superficie muy uniforme; se corta, se seca y queda listo para el uso.

Nosotros preparamos un papel de modo mucho más sencillo y económico, que se presta mejor todavía. Se hace una solución saturada de amarillo naftol (5 ó 6 gr por 100) en sulfito de sosa al 10 por 100, y en esta solución se inmerge el papel. Con este papel se obtiene una luz amarilla que presenta notable seguridad. Es mejor, sin embargo, añadir además un poco de zafranina.

Cortado y empaque.—Las placas cortadas con diamante, ya sea á mano ó á máquina, deben ser empaquetadas para preservarlas por completo de la acción de la luz, y también, en parte por lo menos, de la humedad. El empaqueo de las placas, es una opera-

ción que tiene gran importancia, porque en muchos casos se presentan inconvenientes, debido al empaquetado, de los que resultan alteraciones rápidas de las placas.

En el empaquetado se pueden poner las placas una sobre otra de manera que, dos á dos, tengan la gelatina en contacto inmediato, ó también pueden tenerse separadas una de otra con hojas de papel, marcos de papel ó con dos tirillas de papel doblado que se introducen entre una placa y otra para tenerlas separadas.

Actualmente se usa casi exclusivamente el sistema de empaquetado con las capas sensibles en contacto. Para evitar más fácilmente las roturas que con este sistema podrían ocurrir, se reparan las placas en paquetes de 2, 4 ó 6, según sus dimensiones.

El papel que se emplea para el empaquetado de las placas puede ser amarillo, anaranjado, rojo ó negro; este último es, sin embargo, preferible. El papel que sirve para el empaquetado de las placas debe tenerse siempre antes algunos días en la oscuridad; esta precaución hay que cumplirla especialmente si el papel no es negro, y es indispensable si el papel es blanco. Este último papel sería muy conveniente excluirlo; algunos emplean papel de filtro blanco para un primer envoltorio, no sabemos con qué objeto.

Luz almacenada por el papel.— La razón por la cual es conveniente emplear para el empaquetado papel conservado algún tiempo en la oscuridad radica en el hecho que, todos los papeles, unos más, otros menos, tienen la propiedad de almacenar luz; esta luz almacenada cede poco á poco si el papel está en lugar oscuro. Es bastante fácil demostrar esta, propiedad del papel. Si se toma una hoja de papel blanco cualquiera, y después de haberlo tenido algunos días en completa oscuridad se expone debajo de un negativo durante una hora por lo menos, al sol intenso, y después se aprieta la parte expuesta contra la superficie sensible de una placa durante unos minutos, se obtiene una imagen positiva más ó menos visible, desarrollando después la placa. Si, en cambio, se tiene apretado el papel expuesto sobre un papel sensible (papel albuminado ó al gelatino-cloruro), después de algunas horas de contacto se tendrá sobre la superficie sensible una débil imagen directa.

Un papel que tuviera un color negro absoluto no tendría, como es fácil de comprender, la propiedad de almacenar la luz; pero como tal papel no existe, es conveniente por ello conservar también el papel negro en la oscuridad durante algún tiempo antes de emplearlo.

Influencia de las impurezas del papel y modo de atenuarlas.— La calidad del papel que se emplea puede ejercer influencia perjudicial en la capa sensible de las placas. Tal influencia, si las placas están colocadas con la gelatina en contacto, se deja sentir en mucho menor grado. Sin embargo, es siempre conveniente asegurarse de la calidad del papel teniendo algunos trozos de éste pegados á

las placas durante algunos días, fuera de la acción de la luz; si colocada después en el baño de desarrollo una de las placas no se vela en el trozo que sufrió el contacto con el papel, y si, por otra parte, otra placa expuesta á la luz un instante é introducida después también en el baño revelador se desarrolla uniformemente en toda su superficie, quiere decir esto que en la pasta del papel no existen impurezas, sustancia alguna que pueda producir velo ú obrar desfavorablemente sobre la sensibilidad.

Muchas veces, el velo en los bordes de las placas y otros defectos que en ellos se encuentran, se deben á la calidad del papel empleado en el empaquetado, como hemos podido comprobar con muchos experimentos. Para conservar las placas mucho mejor es conveniente, como aconseja Colson, tratar previamente el papel con solución de bicromato de potasa. Hemos comprobado que el método es eficacísimo; pero es absolutamente superfluo según la exposición á la luz del papel bicromatado, como Colson aconseja.

Inmergido simplemente el papel en solución de bicromato de potasio al 1 por 100, y dejado á secar después, preserva bastante mejor las placas del velo en los bordes, sin producir inconveniente alguno en la capa sensible. Hicimos adoptar este papel en un establecimiento, donde le encontraron una ventaja real.

Hay que rechazar en absoluto, para el empaquetado, el papel impreso ó manuscrito, ya que, á causa de la impresión ó del escrito, la capa perdería en sensibilidad. Algunos prefieren emplear, para el empaquetado, papeles parafinados; el uso de éstos es superfluo cuando las placas no deben conservarse en lugares excesivamente húmedos.

Una vez empaquetadas en papel, las placas son colocadas dentro de cajas cerradas por completo á la acción de luz.

Las placas bien preparadas, y empaquetadas, se conservan bastante tiempo sin alterarse mientras se tengan en ambientes secos. La humedad, más que sobre el bromuro de plata directamente, es de temer influya sobre la gelatina, la cual, una vez alterada aun ligeramente, modifica el bromuro de plata y la capa adquiere la propiedad de velarse.

Cuanto más rápidas son las placas, tanto menor tiempo, en general, se conservan exentas de velo.

En verano, la conservación es menor que en invierno. El calor húmedo, especialmente, es muy perjudicial.

En los países ecuatoriales, donde existe aire caliente muy húmedo, la buena conservación de las placas es bastante difícil. Se remedia teniéndolas en cajitas de latón cerradas con soldadura, dentro de las cuales se coloca cloruro de calcio seco, que absorbe la humedad. El calor seco, á menos que no llegue á límites que sólo por exposición directa al sol ecuatorial intenso podría efectuarse, no ejerce influencia perjudicial en las placas.

Influencia de la presencia de bromuro alcalino en las emulsiones sobre la conservación de las placas.—La buena conservación de las placas se facilita bastante añadiendo á la emulsión, antes de verterla sobre las placas, una pequeña cantidad de bromuro de potasio ó de amonio (0,1 á 0,2 gr. por litro de emulsión), como indicamos ya, al hablar de las recetas para la fabricación.

Esta adición no influye de manera apreciable sobre la sensibilidad, y permite una conservación de las placas bastante mejor. El efecto benéfico de la adición de bromuro fué comprobado por nosotros de manera convincente.

Pero no se puede exceder en la cantidad de bromuro alcalino sin influir demasiado en la sensibilidad.

La presencia del bromuro alcalino atenúa bastante la tendencia á la producción de aquel defecto, bastante fastidioso, constituido por el velo en los bordes, defecto que puede atenuarse, pero no eliminarse, con el empleo para el empaquetado de papel tratado con solución de bicromato, como hemos dicho.

El hecho de que, en todos los casos, la tendencia á velar de las placas, con la prolongada conservación, se observe antes á lo largo de los bordes, parece (según Homolka) puede explicarse admitiendo que, por un fenómeno de difusión no bien definido, las partículas de bromuro alcalino soluble tienden, por el hecho de que el secado se inicia en los bordes, á trasladarse hacia la parte central. Esto especialmente en el primer período del secado, en el que la capa retiene todavía mucha humedad. Este empobrecimiento en bromuro soluble de la capa hacia los bordes tiene por consecuencia hacerlo más alterable.

Debemos hacer resaltar, desde ahora, un hecho importante, que se presenta cuando se fabrican las placas llamadas ortocromáticas, de las cuales hablaremos más adelante en capítulo especial. En estas placas, el aumento de sensibilidad del gelatino-bromuro, por las radiaciones menos actínicas, se obtiene añadiendo á la emulsión ciertos colores del alquitrán llamados sensibilizadores ópticos.

Algunos de estos colores, y especialmente los del grupo de la eosina, que son muy empleados para la fabricación de las placas ortocromáticas, desarrollan su acción sólo si están en combinación con la plata. Por ello, éstos se añaden, por lo general, á la emulsión en combinación argéntica (eosinato ó eritrosinato de plata). Ahora bien, la combinación de que hablamos es descompuesta inmediatamente por el bromuro alcalino y la sensibilidad cromática perdida. No se puede, pues, en estas placas, hacer adiciones de bromuro alcalino y la tendencia á velar es por ello notable y se inicia en los bordes por efecto de las inevitables impurezas del papel. El empleo de papel tratado con bicromato para el empaquetado de las placas ortocromáticas lo creemos, por experimentos hechos directamente, muy recomendable y útil.

Acción perjudicial de los metales y cuerpos diversos sobre la capa sensible.—Las placas, algunas semanas después de su preparación, se muestran mejores que acabadas de preparar; tienen también una rapidez algo mayor, dan imágenes más brillantes y la capa de gelatina aparece más resistente y tiene menor tendencia á separarse del vidrio.

A fin de que quien prepara las placas esté bien atento para evitar la acción de todas aquellas sustancias (y son numerosísimas) que pueden obrar perjudicialmente sobre las placas antes del secado ó una vez secadas, llamamos desde ahora la atención sobre los experimentos hechos por dos hombres de ciencia, Colson y Russel, que demuestran la gran influencia que ciertos metales y otras sustancias ejercen sobre la capa de las placas al gelatinobromuro.

En efecto, Colson demostró que un trozo de cinc metálico bien pulido y reluciente, puesto en contacto con la capa sensible, ó también separado por un trozo de cartón, produce en pocas horas una acción latente que puede ponerse después de manifiesto con el desarrollo.

En las partes en que la acción del cinc se dejó sentir se produce en el desarrollo un ennegrecimiento más ó menos notable. Colson atribuye la modificación que sufre la capa á la acción de los vapores de cinc; pero esto parece hay que excluirlo en absoluto.

Otros han manifestado que la acción pudiera atribuirse al hidrógeno que se desarrolla por efecto de la humedad sobre el cinc.

De las investigaciones del Dr. Bettini, que parecen convincentes, parece deducirse, en cambio, que la acción se deba á ozono ó agua oxigenada que se producen durante la oxidación lenta del cinc en el aire.

El cadmio y el magnesio producen una acción análoga á la del cinc.

Russel, distinguido fotoquímico inglés, ha estudiado la acción de otras sustancias.

De los metales encontró que no sólo el cinc, el magnesio y el cadmio, pueden obrar sobre la placa, sino también el níquel, el mercurio, el plomo, el bismuto, el estaño, el antimonio, etc. El hierro, el oro y el platino no tienen acción; el cobre, poca.

Russel comprobó que la acción de estos metales es independiente de la humedad y del aire. Entre los cuerpos no metálicos, existen algunos que pueden impresionar la placa. Por ejemplo, una rama de árbol cortada en sección bien plana, y adaptada sobre la placa, por el corte, la impresiona, y en la impresión se observan los círculos de ennegrecimiento. El bambú, la paja, el heno, el carbón de leña tienen también acción. La tinta de imprimir tiene y no tiene acción. Por ello, á veces, una hoja impresa puede dejar

sobre la placa una impresión latente (capaz de ser desarrollada) de la letra, y otras no. Los carbonos minerales, el cok, el azúcar no tienen acción. Una leve acción presentan también el alcohol metílico y la esencia de trementina; el alcohol, el éter, la bencina, el aceite de linaza y el alquitrán no ejercen acción.

Becquerel comprobó que los compuestos de uranio (óxido, nitrato y cloruro), colocados en vasitos de cristal y puestos sobre la capa sensible producen una acción latente que puede ser puesta de manifiesto con el desarrollo. La acción es igual si los frascos conteniendo los compuestos estuvieron expuestos á la luz ó permanecieron en lugar oscuro.

Análogamente á los compuestos de uranio, pero en grado bastante mayor, obran el polonio y, sobre todo, el radio; pero de ésto hablaremos en otro capítulo.

De nuestros estudios se deduce que el barniz copal ejerce una acción bastante enérgica sobre las placas, sean húmedas ó secas; en brevísimo tiempo las placas sufren una alteración invisible, que se manifiesta con un velo más ó menos notable. Basta la presencia en una habitación de una pequeña cantidad de barniz copal para que todas las placas no empaquetadas que se encuentran en el local resulten atacadas.

Además de las sustancias que ejercen una acción latente desarrollable, existen otras que ejercen, en cambio, sobre la capa sensible de la placa al gelatino-bromuro, una acción opuesta, y esto es tal, que en aquellos puntos la placa pierde en sensibilidad y puede sufrir, en consecuencia, en grado mucho menor la acción de la luz. Entre estas sustancias figura la tinta de escribir, comprobada por Colson. Esta acción de la tinta de escribir seca (á base de tanato y galato de hierro) puede tener aplicación en la copia directa de los manuscritos sin necesidad de aparato alguno. Basta tener el manuscrito, hecho recientemente, apretado contra la placa durante varias horas y exponer después ésta un instante á la luz, y desarrollar, para tener una reproducción del escrito.

Considerando la influencia enorme de ciertos cuerpos sobre la placa al gelatino-bromuro se comprende cuánta importancia tiene el excluir del secadero todas aquellas sustancias que puedan ejercer acción. Se debe proceder con cautela, especialmente en el empleo de los barnices para el barnizado de maderas, paredes, etc., porque muchos de ellos tienen acción perjudicial.

CAPÍTULO XVI

DEFECTOS DE LAS PLACAS AL GELATINO-BROMURO

Hemos llegado á un punto en el que no queda para hacer más que extender la emulsión sobre las placas, sea á mano ó por medio de máquinas, en la forma que diremos.

Pero teniendo preparada una cantidad algo notable de emulsión, es bastante recomendable extender antes un poco á mano sobre cualquier placa, y extender después el resto. Algunos inconvenientes que pueden encontrarse en las placas de prueba pueden atenuarse quizás en las sucesivas placas, haciendo sufrir un tratamiento especial á la emulsión; mientras que, sobre las placas ya preparadas, cualquier tratamiento resulta difícil ó imposible.

Así, pues, una emulsión obtenida de sensibilidad demasiado escasa, puede hacerse más sensible añadiendo un poco de amoníaco, haciéndola sufrir un suplemento de maduración y lavándola después nuevamente.

Si los defectos fueran de tal naturaleza que hicieran inútil cualquier tentativa para atenuarlos y hacer servible la emulsión, se verterá ésta entonces en los residuos de plata, y con ello, con el tiempo, se evitará el trabajo y las inevitables pérdidas para extender la emulsión sobre placas y tener que deshacer después éstas.

Es importante hablemos aquí, de cómo la fabricación industrial de las placas al gelatino-bromuro presenta dificultades extraordinarias, y cómo, incluso procediendo siempre de la misma manera, se obtienen no pequeñas anomalías, cuya causa resulta difícilísimo averiguar. Por otra parte, según la estación cálida ó fría y otras circunstancias especiales, la manera de preparación dada puede sufrir algunas modificaciones, tanto por lo que respecta al tiempo y la temperatura de maduración, como por la cantidad de gelatina (de la cual, especialmente en la estación estival, conviene añadir también un poco á la emulsión lavada y fundida antes de filtrarla y extenderla) ó bien por la forma y tiempo del lavado.

Sólo con la dirección constante de una persona versada en química y muy práctica en estas operaciones, se puede garantizar cierta constancia en la fabricación, reduciendo al mínimo los inconvenientes. La fabricación en pequeña escala, para uso personal, presenta dificultades mucho menores.

Grano grueso.—Venimos á hablar, pues, ahora, de los defectos que pueden encontrarse en las placas al gelatino-bromuro. De los inconvenientes que presenta la emulsión, algunos son irremediables. Por lo tanto, un grano demasiado grueso no puede ser disminuído de manera alguna. Este inconveniente se debe, por lo general, al hecho de haber acelerado demasiado el calentamiento de la emulsión durante la maduración, ó á haber empleado en la maduración misma una cantidad demasiado pequeña de gelatina ó demasiado grande de amoníaco.

Agujeros y manchas transparentes.—La capa de gelatino-bromuro presenta á veces pequeños agujeros, en gran número, que no se desarrollan porque no son susceptibles de reducción por efecto de los reveladores y que permanecen, en consecuencia, transparentes después del fijado. Este inconveniente puede ser debido á una agitación insuficiente ó mal hecha durante la mezcla de las soluciones de nitrato de plata y de gelatina bromurada, y, especialmente, á impurezas contenidas en la gelatina; por éstas y otras causas, permanecen aquí y allá de las partes en que el efecto de la maduración no se hace sentir ó, en caso afirmativo, insuficientemente.

Así es que, teniendo estas partes menor sensibilidad, se impresionan insuficientemente durante la exposición á la luz y por lo mismo no se desarrollan. En cambio, las manchas transparentes un poco grandes, que se observan también muchas veces en las placas, pueden atribuirse, con razón, á la acción de cualquier metal sobre la emulsión, antes del lavado ó durante el lavado mismo. Por ejemplo, si para subdividir la emulsión se emplease una redcilla de hilo de cobre, de níquel ó de hierro, se tendrían después, inevitablemente, manchas transparentes del mismo género en los negativos. Numerosas y concluyentes por completo son los experimentos efectuados por nosotros para establecer las causas de los defectos que hemos citado. Por ello nos parecen inaceptables, ó por lo menos poco comunes, las causas que muchos autores atribuyen á los inconvenientes, no raros por cierto, de los agujeritos y de las manchas transparentes.

En el caso de que las partes que no se desarrollaron se presentaran después del fijado en forma de pequeños discos transparentes, con puntos negros en el centro, la causa puede proceder de partículas extrañas retenidas por el vidrio ó también de impurezas del baño empleado para la subcapa, ó de las partículas de cualquier sustancia depositadas después en la capa mientras estaba todavía húmeda.

El inconveniente de los agujeritos ó el de las manchas transparentes es frecuente en las placas al gelatino-bromuro de algunas fábricas. Tanto uno como otro son irremediables y la emulsión que presenta uno de estos defectos en grado un tanto notable, hay

que verterla en los residuos. Los tratamientos para hacer ganar sensibilidad á las partículas menos sensibles que producen después los puntos ó las manchas transparentes, perjudican la emulsión, porque las partículas remanentes, que son las más, ganan también en sensibilidad hasta velarse.

Velo.—Bastante común en la emulsión es también el inconveniente del velo que se produce naturalmente en el desarrollo y que corta ó disminuye el efecto de la imagen negativa. Este defecto, cuando es leve, puede atenuarse, pero resulta bastante difícil quitarlo.

Con cierto número de ensayos pudimos establecer que ninguna sustancia existe hoy conocida que quite bien el velo de la emulsión, si el velo lo ha producido una causa que no sea la luz. Las sustancias á las cuales se ha atribuido acción antiveladora, bien lo atenúan solamente ó no hacen sino retardar el desarrollo de la imagen, pero la imagen sale con el mismo velo. En este último sentido obra el bicromato de potasio y los bromuros; el bicromato de potasio, contrariamente á la creencia general, es incapaz de quitar el velo á la emulsión sea cual fuere la causa que lo produjo, incluso la luz.

En cambio, hemos comprobado que la adición de 1 gr. de yoduro de amonio por litro, mejora efectivamente la emulsión velada, pero no elimina el velo sino en parte. La adición de agua de bromo no quita tampoco completamente el velo de la emulsión; el efecto del agua de bromo, hay que convenir, resulta incompleto también, por el hecho que el bromo ejerce sobre la gelatina una enérgica acción curtiente (insolubilizante), así es que no puede desplegar una acción uniforme en todas partes.

Todo esto conduce á las siguientes conclusiones: en una emulsión velada por causa del calor ó á causa de acción química de la gelatina alterada, las partículas sensibles que están aglomeradas de moléculas de bromuro de plata, han sufrido una alteración en toda la profundidad, y todas las sustancias que pueden obrar químicamente, tendiendo á dar al bromuro de plata la forma primitiva, no tienen sino una acción superficial sobre las partículas y, por lo tanto, incompleta.

La luz despidе una acción sobre todo superficial sobre los granos de gelatino-bromuro, y por ello la acción química sucesiva de ciertas sustancias, como el persulfato de amonio, el bromuro de cobre, etc., puede tener un efecto mucho mayor.

Cuando se trate de una emulsión ligeramente velada, se puede remediar en parte el defecto, como dijimos, con la adición de una pequeña cantidad de yoduro. La adición de bromuro de potasio ó de amonio puede ser útil por el hecho que, retardando la formación del velo, hace que la placa puesta en el desarrollo no ennegrezca rápidamente en toda la superficie, lo que siempre impresio-

na desfavorablemente al operador. De todos modos, debe tenerse presente que la acción de los bromuros, y todavía más la de los yoduros, hace disminuir notablemente la sensibilidad.

Teniendo en cuenta cuanto hemos dicho, se deduce que una emulsión muy velada es mejor tirarla que intentar aprovecharla.

Puntos y estriado negros.—Las placas desarrolladas presentan á veces puntos ó rayas negras, incluso donde no han sufrido la acción de la luz. Este defecto puede ser debido á la acción de ciertos metales sobre la emulsión lavada y fundida.

Experimentos de Colson y Russel, de los que hablamos á continuación, han puesto en claro la gran influencia de ciertos metales sobre las placas secas. La influencia de los metales sobre la emulsión, estudiada por nosotros, es también extraordinaria. He aquí cuanto hemos comprobado:

Si se extiende un poco de emulsión fundida sobre una placa de vidrio y se traza cualquier raya sobre el vidrio con un trozo de metal, se tiene una placa que después de seca desarrolla en negro á lo largo de las rayas trazadas. Excepto la plata, todos los metales corrientes y sus aleaciones tienen esta influencia, incluso si se frota ligeramente. Y el efecto se produce también, si bien en menor grado, si antes se frota el vidrio con el metal, vertiendo después la emulsión. Se observa, pues, la importancia que tiene la precaución de excluir del contacto con la placa durante el extendimiento cualquier metal que no sea la plata. Un defecto de esta naturaleza es siempre irremediable.

Si la película del negativo tiende á separarse en los varios tratamientos á que se somete la placa para obtener el negativo, significa que la subcapa no se comporta bien. La subcapa preparada con gelatina y alumbre de cromo produce difícilmente tales inconvenientes. De todos modos, si se observasen, se puede evitar usando un baño de gelatina que contenga un poco más de alumbre de cromo (el 3 por 100 en lugar del 2 por 100).

A veces la acidez excesiva del alumbre de cromo hace que éste ejerza también sobre la gelatina de la subcapa una acción insolubilizante demasiado incompleta dada su poca resistencia. Con el empleo de soluciones de alumbre de cromo básico, preparado como decimos antes, el inconveniente en cuestión se elimina.

Capa poco consistente.—A veces la capa de gelatina tiende á separarse y á levantarse en forma de burbujas por el hecho de haberse aumentado demasiado la temperatura en la maduración, con lo que se ha venido á alterar y hacer perder consistencia á la gelatina, ó porque se ha empleado gelatina de mala calidad ó de calidad poco apropiada (es decir, demasiado tierna). En tal caso, para hacer más consistente la capa, conviene añadir á cada litro de emulsión fundida 10 ó 15 c. c. de solución de alumbre de cromo al 1 por 100. La adición de una cantidad demasiado grande de

alumbre de cromo, además de obrar bastante desfavorablemente en la sensibilidad, tiende á insolubilizar la gelatina y á hacerla menos corrediza, más difícil de extenderse, menos penetrable por los líquidos que sirven para el desarrollo y el fijado, lo que hace más lento y quizás también irregular el desarrollo y el fijado. La lentitud en el fijado, que es también un inconveniente no despreciable, puede ser debida al hecho de haber puesto en la emulsión una cantidad demasiado grande de yoduro de plata, haber hecho la maduración á temperatura demasiado elevada ó haber usado gelatina en cantidad excesiva ó demasiado dura.

La adición de alcohol á la emulsión, antes de extenderla, sirve, en general, para atenuar la lentitud del fijado, porque la capa conserva una porosidad bastante mayor.

CAPÍTULO XVII

PRUEBA DE LA SENSIBILIDAD Y GRADUACIÓN DE LAS PLACAS

La capa sensible de las placas al gelatino-bromuro, admitiendo, bien entendido, que esté exenta de todo otro defecto, debe, para satisfacer á las más comunes exigencias, tener dos cualidades, esto es, gran sensibilidad y tendencia á reproducir todas las graduaciones de tinta y de sombra de un asunto con claro-oscuro. En las placas ordinarias no se puede pretender la reproducción en el tono preciso de los objetos colorados con colores diversos. Las fotografías ortocromáticas, esto es, que tienen reproducidos los colores en su tono verdadero, como la vista observa, no se pueden obtener sino con placas preparadas de manera especial (placas ortocromáticas), de las que hablaremos más adelante.

Sensitómetro Warnerke.—La sensibilidad de las placas se medía, en algunas ocasiones, y hoy todavía por algunos, con el aparato de Warnerke, expresándola en grados Warnerke.

El sensitómetro de Warnerke está constituido de la forma siguiente:

Se toma una placa cuadrada de vidrio y se pega en ella, por medio de albúmina, cuadritos de papel fino de 0,03 mm. de espesor; se empieza por un cuadrito y se van sobreponiendo hasta 25, gradualmente. De esta forma se obtiene una escala de espesores que van aumentando. De esta placa se toma una forma por medio de un metal muy fusible (metal de Spence).

En esta forma ó molde se vierte una solución de gelatina colorada en negro con una determinada cantidad y calidad de color, se aplica una placa de vidrio y se separa después la gelatina, que se deja secar sobre el mismo vidrio. Procediendo así se obtiene una placa de vidrio conteniendo una escala de transparencias que aumentan poco á poco; en relación con cada transparencia se imprime sobre la gelatina un número, empezando por 1 y llegando hasta el 25, y para quitar á los números toda transparencia se les aplican polvos de bronce.

Esta placa se encierra en un marco de madera. En el marco, contra la plancha numerada, se encuentra una superficie fosforescente, esto es, una superficie capaz de almacenar luz para cederla poco á poco, de manera visible, en la oscuridad. Las sustancias

fosforescentes empleadas comúnmente son el sulfuro de calcio, el sulfuro de estroncio, el sulfuro de bario y el sulfuro de cinc, preparados con métodos especiales; mezclados con cualquier solución espesante se extienden sobre la superficie que se quiere hacer fosforescente.

Después de introducida la placa sensible en el marco, y cerrado éste perfectamente, se queman 2,5 cm. de cinta de magnesio teniéndola lo más cerca posible de la superficie fosforescente. Se cierra después la portilla que lleva la superficie fosforescente, y con ello ésta se encuentra casi en contacto con la plancha numerada. Después de un minuto de reposo se extrae un portillo que separa la capa sensible de la capa fosforescente y se deja obrar la luz durante treinta segundos. Después se quita la placa y se desarrolla; el número más alto que sale claro en el desarrollo indica el grado de sensibilidad de la placa. Los números salen en blanco sobre fondo oscuro.

A fin de que los grados de sensibilidad de las placas sean perfectamente comparables, es necesario que la medida se haga siempre con aparatos idénticos y de idéntica manera. La Casa Marion y C.^a, de Londres (Soho Square), vende sensitómetros Warnerke construídos con precisión.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que la sensibilidad medida en este sensitómetro no corresponde demasiado á la sensibilidad que se observa prácticamente. En el sensitómetro tenemos una luz blanca intensa que es atenuada más ó menos pasando á través de cuadritos de diversa transparencia. En la práctica, en cambio, no se trata, por lo general, de luz transmitida por transparencia, sino por reflexión, cuya acción fotográfica varía según la posición de la superficie reflectante, respecto al manantial luminoso (en luz, sombra y penumbra), según el color de la superficie reflectante misma y según el color de la luz. Además, existe la incógnita de la superficie fosforescente, cuya acción puede variar en los diversos aparatos y también en un mismo aparato con la conservación.

Por estos motivos no puede atribuirse demasiado valor á los grados del sensitómetro Warnerke; este aparato puede ser útil, especialmente, para los fabricantes de placas, los cuales pueden con él, de manera expedita, formarse un criterio sobre la sensibilidad de las placas; actualmente existen placas cuya sensibilidad excede de los 25° W. Pero, generalmente, en las placas extrasensibles la sensibilidad oscila entre los 24° y 25°.

Importancia de la buena graduación del claro-oscuro.—Además de la sensibilidad, débese tener en cuenta también, en una placa, la graduación de intensidad de la imagen que proporciona. La capa de gelatino-bromuro no sólo debe tener gran sensibilidad sino también ser susceptible de dar imágenes en la que la gradua-

ción de las luces y de las sombras de un asunto con claro-oscuro se acerque á la que se observa en la naturaleza. Con los sensitómetros corrientes es posible comprobar si una placa puede dar imágenes con graduaciones justas ó, en cambio, imágenes demasiado contrastadas ó faltas de contrastes. Para que una placa, bajo el punto de vista de la graduación, pueda llamarse perfecta, se debe observar en la imagen que se obtiene en el sensitómetro una regularísima graduación de opacidad en los fondos sobre los que aparecen los números transparentes.

Pero existen métodos ó instrumentos, de los que hablamos más adelante en este mismo capítulo, que de manera más exacta y segura que como pueda hacerse con simple observación pueden permitir establecer la graduación de claro-oscuro que puede dar una placa.

Si en las fotografías de paisajes cierta dureza de imágenes no

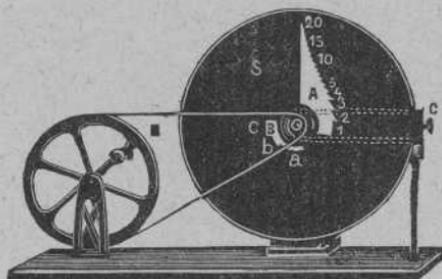


Fig. 7.^a

constituye, en general, un inconveniente, no puede decirse otro tanto en lo que al retrato se refiere.

Para que una placa sea buena para retrato debe ser muy sensible y reproducir con suficiente exactitud las graduaciones de la sombra. Una placa capaz de dar una graduación notable de claro-oscuro es la que mejor se presta para proporcionar al retrato aquel modelado, aquel relieve que tanto realza su efecto.

Sensitómetro Scheiner.—Buena parte de los fabricantes de placas y películas al gelatino-bromuro expresan hoy la sensibilidad en grados Scheiner. El sensitómetro primitivo de Scheiner fué modificado, sucesivamente, por el Dr. Eder, quien sobre esta cuestión hizo una relación importante en el Congreso de París de 1900 (véase *Phot. Corr.*, 1900). El sensitómetro de Scheiner, en la forma perfeccionada por Belin, está representado en la figura 7.^a; consiste esencialmente en un disco giratorio que tiene una aberturita que va alargándose de la periferia hacia el centro.

Al disco se le imprime un movimiento rotatorio á la velocidad de 400 á 800 vueltas por minuto.

Detrás del disco se coloca el marco C, con la placa; en la otra parte se coloca el manantial luminoso.

Como se comprende, la iluminación no es continua, sino intermitente; hecho esto, ocurren, como veremos, inexactitudes.

La abertura dentada, según el grabado, permite una separación entre las listas ó rayas correspondientes á los varios números.

Los números están cortados en una planchita metálica del chasis contra el que va á apoyarse la placa. La figura 8.^a indica el efecto que se obtiene sobre la placa; se ve la graduación de intensidad.



Fig. 8.^a

Sensitómetro Chapman Jones.— Otro sensitómetro bastante usado es el de Chapman Jones, fabricado por Sanger Shepherd, cuyo precio es muy limitado y bastante fácil su uso.

Además de dar, como el sensitómetro Scheiner, indicaciones suficientemente exactas, incluso en lo que se refiere á la riqueza en la graduación de claro-oscuro que puede dar la placa, el sensitómetro Chapman Jones da también indicaciones sobre la tendencia de las placas á reproducir los diversos colores. En efecto; además de una tablilla numerada de opacidad creciente, por medio de la cual se mide la sensibilidad general, lleva cuadritos constituidos por películas coloradas con los diversos colores, algunos de los cuales corresponden á porciones definidas del espectro. Además, en la misma tablilla va colocado un negativo á trazos y otro de medias tintas, que sirven para mostrar el vigor de la imagen dada por la placa y la graduación de imagen que puede dar prácticamente.

La luz tipo.— Tanto en el sensitómetro Scheiner como en el de Chapman Jones, es necesario hacer uso de una luz tipo.

Como luz tipo se empleó, en el Congreso de París de 1889, la lámpara de Hefner, de acetato de amilo, que da una luz verdaderamente constante. No es aconsejable el empleo de velas, que para mayor sencillez se usa en el sensitómetro Chapman Jones.

En el sensitómetro Scheiner, la luz tipo está constituida por una lámpara de bencina como la recomendada por Eder. Se tomará bencina de petróleo comercial con punto de ebullición entre 60° y 100°. La llama se limita por medio de una abertura circular.

Pero es preciso tener en cuenta que la luz que da la lámpara de bencina es notablemente distinta de la del día; así es que, no sólo no puede servir para la prueba de placas ortocromáticas ó pancromáticas, sino que, aún para las placas ordinarias, los datos

que proporciona pueden presentar diferencias, quizás demasiado notables respecto á las que se obtienen con luz diurna.

Según el Dr. Mees y Sheppard, los efectos fotográficos de dos luces pueden considerarse comparables, cuando dan la misma intensidad para las radiaciones correspondientes á la longitud de onda $440 \mu\mu$ en el azul violeta.

Satisface esta condición la luz de acetileno, propuesta ya, hace muchos años, por Ch. Fery como luz tipo. Para tener la máxima constancia es conveniente, según Foulché y Mauricheau Bauprè (el último presentó un informe tratando de esta cuestión en el

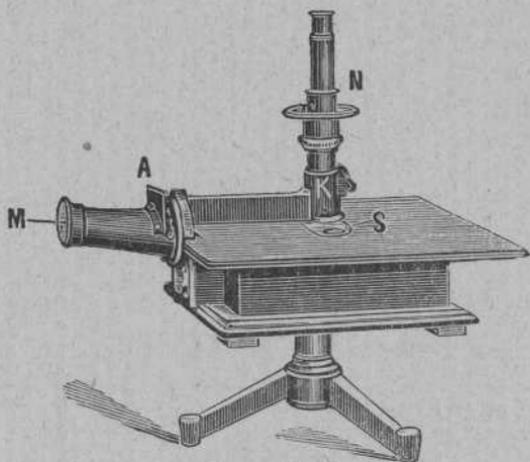


Fig. 9.ª

Congreso Fotográfico de Bruselas de 1910), servirse de una solución de gas acetileno en acetona.

Medida de la graduación de las placas y curva característica.—

Una vez obtenida la negativa que representa la escala de opacidad que da una placa dada, se pueden expresar numéricamente las opacidades, ó sea los depósitos de plata reducida que corresponden á los diversos números de la escala sensitométrica, y ver con ello en qué medida varía la opacidad con el aumento gradual de la iluminación.

Existe un excelente aparato para la medida exacta de la opacidad: es el fotómetro de polarización del Dr. Marteus (1).

Este aparato está representado por la figura 9.ª. En él existe un

(1) Fabricado por Franz Schmidt y Haensch, Prinzessinen-Strasse, Berlín S. 42.

vidrio ópalo M, que es iluminado por una lámpara colocada cerca. Mejor es servirse, para la iluminación, de un haz de rayos procedentes de un aparato de proyección. Si se quiere, se puede trabajar también con luz paralela; esto es, con el haz de rayos paralelos, como sale del condensador.

La placa cuya opacidad se quiere medir es colocada en el plano S'. Sobre la placa se encuentra el fotómetro de polarización.

En la figura 10, que representa la disposición utilizada por Callier para el empleo del aparato Marteus, se ve el camino que siguen los rayos dentro del tubo. Un haz va directamente al tubo analizador, y otro llega á él después de atravesada la placa cuya opacidad se quiere medir. Midiendo una mutación angular se puede deducir la proporción $\frac{D_i}{D_t}$, esto es, la cantidad de luz absorbida por la placa á medir, que resulta indicada por la relación entre la luz incidente y la luz transmitida.

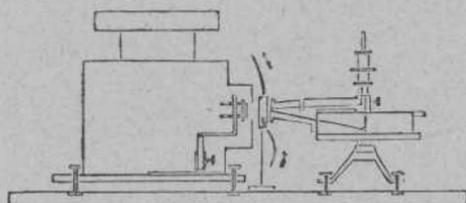


Fig. 10.

Esta relación tiene evidentemente un valor tanto mayor cuanto más opaca es la placa que se observa.

Se comprende que, si efectuamos con una placa al gelatino-bromuro una prueba con el sensitómetro Scheiner y medimos después las opacidades respectivas de la escala del claro-oscuro obtenida mediante un opacímetro Marteus ó de otra clase, podremos formarnos una idea de las cualidades de la placa bajo el punto de vista de su graduación.

Pero existe un medio bastante más exacto para comprobar y expresar la graduación de claro-oscuro que puede dar una determinada placa; consiste en trazar la curva característica.

Esta no es sino un diafragma que se obtiene por medio de dos datos: intensidad de la luz que ha obrado sobre la placa para producir las diversas opacidades de la escala, y valor de la absorción producida por los depósitos de plata en los diversos grados de la escala. De los valores directos se toman, como propusieron Huebner y Driffield, sus logaritmos.

Así, pues, efectuada la prueba con el sensitómetro Scheiner (ó con otro, como el Champman Jones), del cual se conoce la canti-

dad de luz correspondiente en segundímetros-bujía, se tomarán los logaritmos (base 10) de esta cantidad y se trasladarán á la escala de las abscisas.

Por el contrario, en la escala de las ordenadas se fijarán los logaritmos de la proporción $\frac{D_i}{D_t}$, proporción que será tanto menor cuanto menor sea la opacidad del depósito de plata, y por lo tanto, cuanto más débil sea la luz que ha obrado.

La figura 11 representa, precisamente, una de estas curvas características.

Datos que se deducen del examen de la curva característica. Lo ideal sería que la curva característica se aproximase á una recta, porque en tal caso significaría que la opacidad aumenta propor-

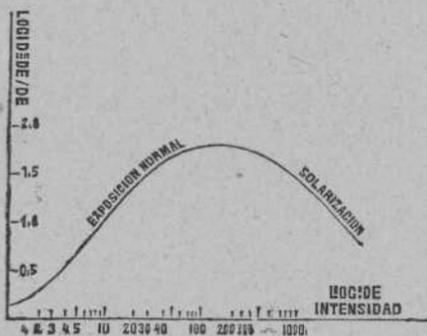


Fig. 11.

cionalmente con el aumento de la iluminación. Pero en la práctica no se tiene nunca esta proporcionalidad perfecta, debido á que, en ciertos límites de iluminación, en buenas placas, se aproximan bastante, como se observa en la figura.

Observando la curva, se ve que, más allá de un cierto límite, la opacidad no varía apenas con la iluminación; pero permanece, puede decirse, estacionaria, disminuyendo después. Esto se debe á que interviene el fenómeno de la solarización, del cual hablaremos en el capítulo XXIX.

Según sean las placas, el fenómeno de solarización se produce antes ó después, y también de diversa manera. Una placa es tanto mejor cuanto menos sufre el fenómeno de la solarización, que altera completamente la proporcionalidad de los valores.

Del examen de la curva se deduce otra característica también importante.

En el primer trazo (que no coincide con 0 porque también sin la acción de la luz la capa desarrollada y fijada no tiene una transparencia absoluta) la curva avanza casi horizontal. Esto significa

que al principio de la acción se utiliza cierta cantidad de luz, no ya para producir ennegrecimiento, sino para vencer la llamada *inercia* de la placa, como muy felizmente manifestaron Hurter y Driffield.

De cuanto hemos dicho resulta que el estudio de la curva característica de las placas al gelatino-bromuro permite obtener datos muy importantes para la práctica; esto es:

Límite mínimo de impresión para la luz empleada (inercia); longitud de la región rectilínea de la curva, en la que se tiene también proporcionalidades de luz y efecto (esto permite establecer comparaciones sobre la latitud en el tiempo de exposición de varias placas); descarte entre las graduaciones extremas, y, en consecuencia, riqueza de la escala de claro-oscuro; importancia del velo, etc.

Mediante la curva característica, no sólo se estudia el efecto de la luz sobre la capa sensible, sino que puede estudiarse también el efecto que ejercen sobre ella los diversos reveladores y los varios tratamientos de refuerzo y debilitamiento. Podremos establecer, pues, cuáles son los reveladores más capaces de dar notable graduación de claro-oscuro y mayor realce entre los límites extremos, y cómo influyen en el claro-oscuro los varios tratamientos á que puede ser sometido sucesivamente el negativo.

Métodos simplificados para observar ó trazar la curva característica.—Antes de dejar el argumento de la curva característica, debemos llamar la atención sobre un método mucho más sencillo para determinarla, debido al Dr. Luther y Goldberg, quien lo dió á conocer en el Congreso Fotográfico de Bruselas de 1910; éste se funda en el empleo de un prisma de color gris neutro de forma cuadrada (cerca de 8×8 cm.).

Se expone á cierta luz la placa á estudiar recubierta por este prisma. Con ello se obtiene, sin operación ulterior, un negativo con una escala de opacidad creciente, como puede dar un fotómetro. En el negativo lavado y secado se aplica el mismo prisma, pero colocándolo en ángulo recto respecto á la posición en la cual fué obtenido el negativo.

Basta entonces la simple observación por transparencia para percibir la forma aproximada de la curva característica.

Pero se obtendría un efecto más completo haciendo la impresión positiva sobre papel de la copia negativo-prisma, y también, según Luther, conviene interponer, entre el negativo y el papel positivo, un velo negro que dé una pequeña cuadrícula y permita observar con mayor facilidad los puntos de igual opacidad y fijar, pues, la curva *isópaca*, que es, precisamente, la curva característica.

La determinación de los puntos de igual opacidad puede hacerse más fácilmente con el densógrafo Goldberg, un tanto modificado, del que hablamos más adelante.

Para tener un punto de referencia absoluto, el Dr. Luther indica, precisamente, fijar el punto de la curva que corresponde á la densidad cero, exponiendo un pedazo de placa ligeramente fijada para privarla del bromuro de plata.

El prisma que se emplee debe estar constituido por una masa gris de gran uniformidad, lo que de vidrio es bastante difícil de obtener. El Dr. Goldberg ideó, para obtener tales prismas, un método bastante racional, descrito en una Memoria suya leída también en el Congreso de Bruselas. No creemos sea necesario reproducirla, porque, en sustancia, puede decirse que el método se funda en el empleo de una masa de gelatina y negro de humo.

Mientras el Dr. Luther ha estudiado las condiciones de empleo del prisma para obtener, aproximadamente, sin dispositivo alguno ulterior, puede decirse, la curva característica, el Dr. Goldberg ideó un instrumento perfecto, el densógrafo, en el cual su prisma de gelatina ahumada se emplea para registrar automáticamente la densidad de una placa.

En este aparato se observan las diversas partes del negativo y se coloca el prisma de manera que en la posición observada tenga la misma opacidad de la zona del negativo. Un lápiz aplicado al prisma marca para, cada posición de éste sobre el papel milimetrado, un punto, y reuniendo al final los puntos, se tiene la curva diafragma.

El negativo de opacidades crecientes á observar en el densógrafo puede obtenerse, bien con el sensitómetro Scheiner, ó bien, para los trabajos más corrientes que pueden presentarse en establecimientos, con el mismo prisma, exponiendo á la luz tipo la placa con el prisma sobrepuesto.

Este aparato lo fabrica la conocida Casa constructora de aparatos científicos Fr. Schmidt y Haensch, de Berlín.

Pero, para usos prácticos, se ha puesto á la venta un aparato económico de la Casa Sanger Shepherd, de Londres, basado en el mismo principio.

Observaciones sobre la sensitometría y relación entre los grados de los diversos sistemas en uso.—Si bien el sistema de sensitometría de Scheiner parece el más racional, el de Warnerke se usa todavía, y, como hace notar justamente el Sr. Schmidt, los fabricantes de placas no pueden abandonarlo todavía, por el hecho de que el público, acostumbrado á los números mucho más altos del sistema Warnerke, puede ser inducido á atribuir menor sensibilidad á las placas en las que la sensibilidad se expresa en grados Scheiner.

Con acierto, el Sr. Schmidt proponía redoblar los grados Scheiner, tomando como unidad Scheiner un grado mitad del escogido. Con ello se tendría, por ejemplo, que á 21° Warnerke corresponderían 20° Scheiner.

Además de los sistemas Warnerke y Scheiner, existen otros de sensitometría, si bien poco usados, como el antiguo de Hurter y Driffield y los de Watkins, Wynne y Chapman Jones.

Todos los demás sistemas son convencionales, y, por lo mismo, es muy conveniente conocer cómo varía la sensibilidad con el variar del grado.

En la tabla que damos á continuación están considerados comparativamente los grados de los diversos sistemas en uso.

La primera columna se refiere á la luz que obra sobre la capa sensible para producir una impresión revelable; ésta es, naturalmente, tanto menor cuanto mayor es la sensibilidad de la placa. El recíproco de este valor (esto es, la unidad dividida por él) se puede tomar como sensibilidad absoluta y está expresado en la segunda columna.

De estos mismos números de sensibilidad absoluta se deducen pronto, con simples proporciones, las sensibilidades relativas (penúltima columna), tomando igual á 1 la sensibilidad de la placa que tiene 1° Scheiner.

En cuanto á la última columna, que indica las subdivisiones de las placas en las diferentes categorías que existen en el comercio, no es sino convencional.

De los grados Warnerke damos las dos escalas que se usan; los grados de la escala más transparente (W_1) corresponden á los de la escala menos transparente (W_2) + 3 (1).

Se pasa de los grados Warnerke escala poco transparente (W_2) á los grados Scheiner (5) aplicando la fórmula

$$W_2 - 21) 0,1193 = (S - 11) 0,1043.$$

Los grados actinográficos de Hurter y Driffield, que Eder considera no racionales, sino empíricos, representan el concepto de la inercia, esto es, de la cantidad mínima de luz capaz de dar una impresión revelable. Dividiendo el número fijo y convencional 35 por el valor de la inercia, se tienen los números actinográficos de Hurter y Driffield.

Los grados Watkins son el doble de los de Hurter y Driffield.

Los grados Wynne se fundan en la consideración que el diafragma á usarse (F/n), para obtener una impresión revelable, es tanto menor (y, por lo tanto, n tanto mayor) cuanto mayor es la sensibilidad de la placa.

(1) El hecho de existir dos escalas para los grados Warnerke es fuente de confusión; por ello, á la poca atendibilidad estos grados unen también la posibilidad de confusión.

TABLA de los varios sistemas en uso para indicar la sensibilidad de las placas fotográficas.

Cantidad de luz en B. S. M. que ha obrado.	Sensibilidad absoluta.	Grados Scheiner.	Grados Warnerker.		Números actinográficos Hurter y Driffeld.	Números de sensibilidad Watkins.	Números de sensibilidad Wynne.	Grados Chapman-Jones.	Sensibilidad relativa.	SUBDIVISIONES
			Escala poco transparente.	Escala transparente.						
1,26300	0,7918	1	12,2	15,2	7,2	14,5	24,3	14,9	1,0	Lentas.
0,99100	1,0090	2	13,1	16,1	9,2	18,5	27,4	15,3	1,3	
0,77760	1,2850	3	13,9	16,9	11,8	23,5	30,9	15,8	1,6	
0,61030	1,6380	4	14,8	17,8	15,0	30,0	34,9	16,2	2,1	
0,47930	2,0860	5	15,7	18,7	19,1	38,2	39,4	16,8	2,6	Ordinarias.
0,37580	2,6610	6	16,6	19,6	24,4	48,7	44,5	17,5	3,4	
0,29490	3,3900	7	17,5	20,5	31,1	61,1	50,2	18,5	4,3	
0,23150	4,3200	8	18,4	21,4	39,6	78,2	57,0	19,5	5,5	
0,18170	5,4040	9	19,2	22,2	50,4	101,0	64,0	20,6	7,0	Rápidas.
0,14260	7,0140	10	20,1	23,1	64,3	129,0	72,3	21,1	8,9	
0,11180	8,9380	11	21,0	24,0	82,0	164,0	81,5	21,7	11,3	
0,08750	11,3800	12	21,9	24,9	104,0	209,0	92,1	22,5	14,4	
0,06892	14,5200	13	22,8	25,8	133,0	266,0	104,0	23,3	18,3	Extrarrápidas.
0,05408	18,5000	14	23,7	26,7	170,0	339,0	117,0	24,0	23,4	
0,04214	23,5600	15	24,5	27,5	216,0	432,0	132,0	25,0	29,8	
0,03332	30,0200	16	25,4	28,4	276,0	551,0	150,0	—	37,9	
0,02614	38,2600	17	(26,3)	29,3	351,0	702,0	169,0	—	48,3	
0,02051	48,7500	18	(27,2)	30,2	448,0	895,0	190,0	—	61,6	
0,01610	62,1300	19	(28,1)	31,1	570,0	1040,0	215,0	—	78,5	
0,01263	79,1800	20	(28,8)	31,9	737,0	1454,0	243,0	—	100	

En cualquier sistema, evidentemente, en la lectura del grado sensitométrico, que está representado por el último número visible, entra el elemento sujeto, y una influencia no despreciable se debe también á la duración del desarrollo y á la calidad de la capa más ó menos permeable, etc.

Sería más racional, como propone el Dr. Stenger, expresar la sensibilidad, en lugar de con un número solo, con dos números que la comprendieran. Así, por ejemplo: 11 á 13 Scheiner (placa rápida, etc.).

Para las placas ortocromáticas sería conveniente, como propone el Dr. Stenger, indicar la sensibilidad de la emulsión madre y la disminución en la sensibilidad general producida por la ortocromatización.

Para terminar, expondremos otras varias observaciones sobre la sensitometría, que fueron objeto de una comunicación del señor F. F. Renwich (jefe químico de la Compañía Ilford, de Londres), hecha en el Congreso Fotográfico de Bruselas de 1910.

El Sr. Renwich es contrario á la adopción de sensitómetros con iluminación intermitente, como el de Scheiner, en los que la luz penetra por una abertura que se alarga gradualmente, practicada en un disco que gira delante de la placa, ello porque considera que una capa sensible no puede comportarse de la misma manera si se expone á una cierta luz de manera continuativa ó intermitente.

Y esto porque una parte, aunque sea pequeña, de la luz está destinada á vencer la *inercia* del preparado sensible.

El Sr. Renwich considera, y, nos parece, no sin razón, que, cuando la iluminación es continua, esta cantidad de luz que debe vencer la inercia de la sal de plata hay que considerarla una sola vez, mientras que cuando la luz es intermitente esta iluminación inicial, á la que no corresponde efecto gráfico, entra en juego más veces aún siendo en medida diversa.

Otra causa de error, que también hemos comprobado, radica en el hecho de que los números sensitométricos establecidos con iluminación artificial (como, por ejemplo, luz de acetileno) pueden no ser confrontables, cuando se refieren á la luz natural, por el hecho que el valor actínico de las dos luces es muy diverso, y la sensibilidad de las varias emulsiones, por la luz más actínica, puede variar en forma notable.

Así, pues, las indicaciones sensitométricas pueden no estar en armonía con el comportamiento práctico de las placas.

Según Renwich, convendría también que la luz artificial tipo, á usar en la sensitometría, tuviese una composición no muy distinta de la de la luz natural, lo que podría obtenerse con filtros de luz que quitaran á la luz artificial las radiaciones que contiene en proporción exagerada.

CAPÍTULO XVIII

LA IRRADIACIÓN Y EL PODER RESOLVENTE DE LAS PLACAS FOTOGRAFICAS

Es este un argumento que, si bien de índole científica, tiene una importancia práctica notable, y se debe al Dr. Mees el mérito de haberlo hecho resaltar. Resumimos en estas líneas cuanto mayormente puede interesar.

Sabemos que cuando un haz luminoso llega á una placa fotográfica, el efecto no se limita á las partes alcanzadas, sino que se extiende lateralmente. Este alargamiento del efecto constituye, pues, el fenómeno de irradiación.

Este se debe al hecho de que la luz que hiere una capa sensible es en parte reflejada por los granos iluminados y otros cercanos que se encuentran fuera de la acción de la luz.

Es evidente que la reflexión de un grano iluminado producirá al contiguo un efecto tanto mayor cuanto más gruesos sean los granos, porque con el tamaño del grano está en armonía la cantidad de plata que de él se reduce. De la irradiación depende el *poder resolvente* de la placa, entendiendo por este nombre, la tendencia á dar imágenes separadas de dos puntos ó líneas relativamente próximos.

El autor hace observar precisamente el hecho de que mientras el poder resolvente de los instrumentos de óptica ha sido profundamente estudiado, existe apenas un estudio sobre el poder resolvente de la placa fotográfica. Y este poder resolvente, incluso para los trabajos científicos, merece ser tratado con la mayor consideración.

En la espectrografía, por ejemplo, con datos numéricos sobre el poder resolvente de una placa, se podrá establecer hasta qué límite se tendrán separadas las imágenes de dos franjas espectrales próximas, y en la astrofotografía las imágenes de dos estrellas contiguas.

En todos los casos es inútil emplear instrumentos dotados de poder resolvente superior al de la placa empleada.

Para poder determinar el poder resolvente de las placas, se vale el Dr. Mees de una caja paralelepípeda de sección cuadrada (15 × 15 cm.) y de 3 metros de largo, provista, en una de las ex-

tremidades, de una hendidura espectroscópica. En la otra extremidad se coloca el aparato fotográfico, muy especial, provisto de un objetivo de 15 cm. de foco, del tipo de telescopio.

El aparato es tal que el objetivo y la placa fotográfica perfectamente fija constituyen un conjunto rígido.

El autor indica la complicada operación llevada á cabo para poner á foco la hendidura iluminada colocada en la otra extremidad de la caja.

Contra esta hendidura se pone un prisma de vidrio ahumado, en forma que permita tener una iluminación gradualmente decreciente de la hendidura. Las dimensiones de la hendidura eran de 9 mm. de largo por $\frac{1}{10}$ de milímetro de ancho; su imagen sobre la placa medía $\frac{1}{2}$ mm. de altura y $\frac{1}{40}$ de longitud. Una finísima línea opaca atravesaba la hendidura de parte á parte en cada milímetro.

Las fotografías obtenidas eran examinadas después con el microscopio.

Con placas de fuerte irradiación la imagen tenía la forma de bastón con puño muy largo, mientras que en las placas de ligera irradiación el puño era bastante estrecho.

El Dr. Mees comprobó, ante todo, que la irradiación no disminuye proporcionalmente con las dimensiones del grano. Así, por ejemplo, una placa de grano finísimo, con granos del diámetro de 0,0004 mm., daba tantas irradiaciones como una placa de grano medio, esto es, con granos de 0,0012 mm. de diámetro.

Por ello el Dr. Mees considera que la irradiación no se debe á una sola causa, sino á dos, ó sea á la reflexión de partícula á partícula, reflexión que disminuye con la disminución del grueso de los granos, y á la difracción que produce la máxima irradiación en las placas de grano más fino.

Estas dos causas opuestas explican perfectamente el porqué del fenómeno antes indicado.

Por otra parte, para comprobar prácticamente que ambas causas citadas obran en la producción de la irradiación, el Dr. Mees hizo delicados experimentos, fundados en las siguientes consideraciones:

La irradiación por difracción debe disminuir cuando se aumenta la longitud de onda de la luz incidente (se pasa, pues, de la iluminación con luz violeta á la iluminación con luz roja), mientras que la irradiación debida á la reflexión debe ser independiente de la naturaleza de las radiaciones.

La irradiación por difracción debe ser reducida en la superficie de la placa y aumentar en las capas más profundas de la emulsión, mientras que la irradiación por reflexión debe ser sensiblemente la misma en las diversas profundidades. Les experimentos confirmaron, en efecto, en sustancia, estas dos deducciones teóricas.

El autor expone, después de lo anteriormente citado, algunas consideraciones que tienen prácticamente la mayor importancia, especialmente para los que cultivan la fotografía científica.

Puede obtenerse una ventaja apreciable trabajando con luz azul, pero sólo cuando el grano de la placa tenga dimensiones menores que la longitud de onda de la luz. Pero las placas de grano tan fino, son siempre demasiado lentas y, por lo tanto, inutilizables.

Cuando la imagen se forma exclusivamente en la superficie, como ocurre, por ejemplo, en las placas al colodión húmedo ó en las placas á la albúmina desarrolladas con revelador físico, se tiene, á pesar de la extremada fineza de los granos, una irradiación bastante menor que en las placas emulsionadas. Esto precisamente por el hecho de que también la irradiación debida á la difracción es bastante limitada.

En las placas, aun en las de emulsión finísima, como son las para el procedimiento interferencial de fotografía en colores de Lippmann, llamadas también sin grano, la irradiación por difracción se deja sentir siempre.

El autor intentó después, fotografiando con el aparato ya indicado retículas bastante finas ó tramos de arcos concéntricos, medir el poder resolvente de las varias placas.

Como resultado de estos delicadísimos experimentos, hechos en condiciones de reducir el error á una cifra despreciable ($\frac{1}{2}$ por 100), da los números siguientes:

Poder resolvente de las placas ultrarrápidas.	0.025 mm.
Placas de mediana rapidez.	0,018 —
Placas lentas (<i>Process-plates</i>).	0,010 —

Estas son las distancias mínimas que deben tener en la imagen dos líneas fotográficas con las diversas placas, para no confundirse en la imagen misma. Estamos, pues, lejos de aquel límite de poder resolvente que Wadsworth (*Astrophysical Journal*, 1896) indicaba posible con las placas de grano fino, esto es, de $\frac{1}{500}$ de milímetro.

CAPÍTULO XIX

PELÍCULAS Y PAPELES NEGATIVOS AL GELATINO-BROMURO

El uso de la película en sustitución de la placa está hoy bastante extendido. Estas tienen la ventaja considerable de pesar bastante menos que el vidrio, ocupar mucho menos sitio, permitir la impresión positiva por ambas partes y dar imágenes exentas de halo. El uso de la película se impone para ciertos trabajos; en la cinematografía, entre ellos, en la cual se hace actualmente un consumo tal de películas, que puede decirse colosal.

Las películas, en general, están constituidas por una hoja de celuloide transparente ó empañado, sobre la que se extiende la materia sensible. Existen dos clases de películas: la rígida, en la que la hoja de celuloide es suficientemente gruesa para permitir el empleo de estas películas, en sustitución de las placas, en los pequeños marcos de las máquinas instantáneas, y las sùtiles enrolladas, que se emplean haciendo girar un rodillo y luego otro, en sentido contrario, y haciéndolas pasar tirantes en la posición de exposición. Estas últimas, son, sin duda, las más cómodas y las más prácticas, y si se encontrase el medio de sustituir el celuloide por otra materia de la misma transparencia y resistencia, sin presentar sus inconvenientes, se obtendría grandísima ventaja.

Un soporte ideal para la capa de gelatino-bromuro debería reunir las siguientes propiedades:

Flexibilidad como el papel, la transparencia del cristal, la impermeabilidad y resistencia del celuloide, ausencia completa de acción sobre la capa de gelatino-bromuro de plata, y coste bastante menor que el del celuloide. Se ha trabajado y se trabaja mucho buscando un soporte de esta naturaleza; pero no es fácil prever cuándo se resolverá el problema.

Constitución del celuloide y obtención de películas sensibles.—

El celuloide es una materia constituida por una mezcla de algodón pólvora y alcanfor. Es una materia plástica en caliente, que puede ser presentada de diversas formas y reducida á hojas. Se disuelve en todos los solventes del fulmicotón, tiene un intenso olor á alcanfor y arde con la mayor facilidad. Puede ser colorada en toda la masa ó también á franjas, dando con ello piezas que imitan diversas sustancias, entre ellas el marfil, el carey, etc.

El celuloide que constituye la película fotográfica podría llamarse mejor colodión.

En efecto, se obtiene evaporando soluciones de algodón pólvora en mezclas de acetato de amilo y acetona ó de acetato de amilo y alcohol. La presencia de alcanfor permite obtener una película de mejor elasticidad.

Este colodión se extiende sobre largas tablas de cristal, dejando evaporar después los solventes.

Es bastante cómodo, después de obtenida la película de colodión adherente á las placas de cristal, derramar la emulsión sensible haciendo escurrir antes el recipiente que contiene la emulsión con el distribuidor á lo largo de toda la mesa.

Nos consta que de esta manera es como se obtienen las películas sensibles para fotografía y cinematografía en el establecimiento Lumière.

La Sociedad Kodak, de Rochester (América del Norte), fabrica las películas de celuloide por un sistema continuo bastante más expedito, pero cuyos detalles constituyen un secreto. Sábese, sin embargo, que se emplea una solución de algodón pólvora en acetato de amilo ó acetona.

Sea como fuere, las películas Kodak son las más apreciadas.

Películas de celuloide para sensibilizar y subcapa.—La fabricación de celuloide en película de gran regularidad, sin defectos, como puntos de diversa transparencia, rayitas, ondulaciones, etc., constituye una industria muy difícil, en la cual han salido airozas pocas Casas del mundo, aún disponiendo de medios adecuados.

El fabricante de material sensible puede evitar hoy en día el tropezar con todas las dificultades inherentes á la fabricación del soporte de celuloide adquiriendo película ya preparada, que sólo requiere, pues, ser recubierta con la emulsión sensible.

Este soporte pelicular, de excelente calidad, ya sea sutil (para películas en rollos, para aficionados), medio (para películas cinematográficas) ó grueso (para películas rígidas), puede adquirirse en rollos de películas de 60 metros de largo y de cerca de 50 centímetros de ancho.

La industria ha pensado también en servir máquinas especiales destinadas al emulsionamiento de las películas de celuloide y hemos visto algunas que funcionan perfectamente.

Haremos observar, sin embargo, que cuando se emulsionan películas de celuloide comercial es necesario hacerle sufrir un tratamiento preliminar para dejar una subcapa destinada á hacer adherir la capa sensible al celuloide. Sin esta capa se presentaría una dificultad mucho mayor para un extendimiento regular y se tropezaría, además, con el inconveniente de la fácil separación de la capa de gelatina en los diversos tratamientos de desarrollo, etc.

El preparado destinado á dar la subcapa se tiene en secreto, por lo general. Pero nosotros, con experimentos directos, hemos podido establecer que se presta bien para este objeto una solución acuosa de gelatina al 1 por 100, adicionada de alcohol puro y de acetona, hasta que esté bien, sin que se precipite la gelatina.

Para el extendimiento de la emulsión sobre películas de celuloide de grueso espesor, para obtener las llamadas películas rígidas, de las que el consumo ordinario es bastante limitado, pueden emplearse las máquinas corrientes para la preparación de placas, teniendo la precaución de tener separadas las hojas de celuloide, aplicándolas sobre placas de vidrio.

Películas no enrollables en los baños.—Las películas sutiles de celuloide empleadas en los aparatos de película (Kodak y similares) presentaban antaño el grave inconveniente de enrollarse por inmersión en los baños.

Este enrollamiento se debe á que la capa de emulsión, cuando se moja, se dilata y hace que se envuelva la película quedando al exterior la capa sensible.

Este inconveniente se remedia hoy por completo extendiendo sobre el dorso de las películas una simple capa de gelatina, que produce una dilatación en el reverso igual á la del anverso, y con ello la película permanece plana.

Pero las películas son más delicadas, porque es necesario salvar también el reverso de arañazos, que darían defectos en la impresión positiva.

Influencia del celuloide en la emulsión.—A pesar de la gran comodidad que presenta el empleo de películas por su gran ligereza comparadas con las placas, y de la notable facilidad con que se puede cambiar en plena luz la película impresionada por otra nueva (véase, al efecto, nuestra *Enciclopedia fotografica*), las placas merecen siempre la preferencia si se quiere tener la seguridad de un trabajo perfecto.

El celuloide que constituye el soporte de la emulsión en las películas no es una sustancia químicamente indiferente, como el vidrio. Mientras las placas sensibles preparadas con buena emulsión, no excesivamente sensible y no ortocromatizada, pueden conservarse perfectamente años y años, no puede decirse otro tanto de las películas; en éstas, la conservación perfecta apenas llega á un año.

Hay quien atribuye especialmente al alcanfor del celuloide la alteración que sufren las películas al gelatino-bromuro con la conservación; pero el alcanfor no es indispensable en la fabricación de las películas, y también sin él la duración no es mayor.

Nosotros llegamos á creer que el algodón pólvora ó dinitrocelulosa, que constituye la parte importante de la película, aun estando en cantidad mínima, tiende á descomponerse con el tiempo,

desarrollando cantidades mínimas de óxido de azoe que van á obrar sobre la emulsión, modificando irregularmente la sensibilidad; y, en consecuencia, manchas y puntos transparentes.

Así, pues, mientras cualquier componente de la capa pelicular, como el alcanfor ó huellas de solventes no perfectamente eliminados (acetato de amilo, especialmente), pueden, con el tiempo, despedir una acción á consecuencia de la cual la capa sensible tienda á velarse, la dinitrocelulosa ejercería la acción de atenuar la sensibilidad.

Estas acciones, que pudieran parecer opuestas, pueden coexistir, y en ningún caso una ni otra pueden producirse con regularidad, por lo que la imagen obtenida sobre películas fabricadas tiempo atrás, presenta aquellos variados defectos, como velado irregular, manchas oscuras y claras y rayas, que conocen quienes trabajan con películas.

Hay que añadir que también fenómenos eléctricos debidos a celuloide pueden intervenir, quizá, en la producción de defectos ó en la exaltación de la acción de las sustancias á que nos hemos referido.

Otro inconveniente, bastante grave, que presentan las películas de celuloide, especialmente para el empleo en las proyecciones cinematográficas, es su fácil y rápida combustibilidad.

Se ha ensayado diversos modos de quitar al celuloide este defecto, y repetidas veces se han anunciado inventos de películas incombustibles.

Pero actualmente se emplean casi tan solo las películas de celuloide ordinario.

Películas incombustibles.—Parece no lejana la introducción de películas á base de acetocelulosa (ó acetilcelulosa) que posean todos las cualidades del celuloide sin presentar el inconveniente de la combustibilidad. A la Casa Bayer, de Elberfeld, se deben principalmente los estudios industriales que para llegar á este resultado se han hecho durante muchos años. El producto fabricado por Bayer se ha denominado celita. Así como la nitrocelulosa ó algodón pólvora es un éter nítrico de la celulosa, la acetocelulosa es un éter acético de la celulosa.

El procedimiento industrial para obtener la acetocelulosa constituye un secreto; parece ser, sin embargo, que se obtiene tratando el algodón con anhídrido acético y ácido sulfúrico en condiciones especiales, evitando el calentamiento. La acetocelulosa es soluble en acetona y en mezclas de acetona y fenol.

Por evaporación deja películas transparentes é impermeables, como da el colodión, pero que tienen la propiedad de no ser inflamables.

Es además soluble en uno de los solventes clorurados moderados, el tetracloroetano, y una mezcla de acetocelulosa; alcanfor y

este solvente da una materia plástica que puede ser laminada y cortada en bloques para hacer marfil artificial y otros similares.

Un solvente que contenga una combinación orgánica de cloro no podría servir, como es natural, cuando la acetocelulosa es destinada á la fabricación de películas sensibles, porque la acción sobre la emulsión sería, ciertamente, bastante perjudicial.

Las películas cinematográficas obtenidas con la celita Bayer, afirmase poseen, además de la incombustibilidad, una elasticidad mayor del celuloide, lo que las hace menos frágiles.

Análoga á la celita es la *fibracita*, fabricada por la Badische Anilin und Soda Fabrik.

De todos modos, hay que tener en cuenta que las películas á base de acetocelulosa presentan un perfeccionamiento sobre las de celuloide, si bien tienen el inconveniente de su más elevado precio.

*
* *
*

Volviendo á las películas sensibles al gelatino-bromuro, añadiremos que, en general, se preparan con emulsiones de sensibilidad más bien moderada, porque con el aumento de sensibilidad crece la tendencia á la alteración.

En lo que se refiere á sus tratamientos, las películas se usan como las placas; sólo hay que tener en cuenta que, á causa de la no indiferencia química del soporte, los tratamientos de refuerzo y debilitamiento, de los que hablaremos más adelante en capítulo especial, presentan mayores dificultades y dan más fácilmente lugar á inconvenientes.

El papel negativo.—Mientras se espera encontrar un soporte pelicular que llene los requisitos deseados, el papel negativo puede prestar utilísimos servicios.

Las Casas reunidas de Rives y Malmedy producen actualmente papel de empaste bastante trabajado que presenta una notable uniformidad de estructura.

Con este papel, recubriéndolo con emulsión extrasensible, se preparan papeles negativos que dan en la impresión positiva un grano aprovechable, especialmente para asuntos de paisajes.

Algunas fábricas italianas y extranjeras fabrican papeles negativos de buenisima calidad, que merecerían un empleo bastante mayor del que tienen, pudiendo sustituir, en muchos casos, á las películas, sobre las que tienen la ventaja del costo, bastante menor, y de la mayor conservación.

Por nuestra parte, hemos ensayado extensamente el uso del papel negativo, y podemos afirmar que el papel de buena calidad, bien preparado, da resultados comparables á los que se pueden obtener con placas.

Hemos comprobado también que el papel negativo de sensibilidad moderada (como es, precisamente, el papel negativo comercial) se presta muy bien para obtener positivas directas aplicando el método de inversión que más adelante indicamos al hablar de la manera de obtener positivas directas sobre placas.

CAPÍTULO XX

LA IMAGEN LATENTE ANÓMALA

Solarización.—Uno de los fenómenos más extraños que presentan las placas al gelatino-bromuro lo constituye la llamada solarización.

A ella nos hemos referido ya hablando de la curva característica (cap. XVII); la capa sensible que ha sufrido una iluminación que excedió de cierto límite se hace poco á poco menos reducible por los reveladores, y la opacidad de la imagen disminuye en lugar de aumentar.

Se puede llegar á un punto tal que la imagen se produzca positiva en lugar de negativa. Esto se debe á que las partes más claras del sujeto, que en un negativo ordinario deberían reproducirse con la máxima opacidad, habiendo sufrido en la placa solarizada la máxima iluminación, son las que han perdido mayormente la tendencia á reducirse. Mientras las partes de la placa correspondientes á los negros del asunto, que en el negativo ordinario quedarían transparentes, en el negativo solarizado han sufrido aquel tanto de iluminación que da un depósito de plata suficientemente opaco. Las partes intermedias entre los dos extremos, blanco y negro, habrán sufrido en grado intermedio el fenómeno de la solarización y podrán, por lo mismo, adquirir en el desarrollo opacidades intermedias.

Siendo así que se ha intentado utilizar el fenómeno de la solarización para obtener positivos directos, hemos de consignar seguidamente que éste se presta bastante mal al objeto deseado, porque, aun independientemente de la imposibilidad de obtener imágenes exentas de velo (el cual, á veces, es muy considerable) es imposible también conservar á la imagen aquellas proporcionalidades de claro-oscuro en las varias partes que sería necesario á fin de que la imagen fuera utilizable.

De todos modos, sólo fotografiando asuntos de fuertes contrastes se podrá obtener algún resultado, porque en tal caso únicamente se tendrá el exceso de exposición en correspondencia con las partes claras, que puede bastar para producir la inversión sin que en correspondencia de los negros y de las sombras se exceda del límite de exposición, al que corresponde una notable reductibilidad.

Teoría sobre la solarización.—Muchas hipótesis se han formado para explicar el fenómeno de la solarización.

Una de las primeras, formulada por Abney y otros, es la de que la solarización se debe á un fenómeno de oxidación.

El subbromuro de plata que, según la hipótesis química, se forma en la primera exposición á la luz, se oxidaría después por larga exposición, dando un oxibromuro no reducible.

En favor de esta hipótesis está el hecho de que sustancias dotadas de acción reductora, como los nitritos y ciertas sustancias orgánicas (entre éstas la fenilidracina, recientemente aconsejada), atenúan ó impiden la producción de la solarización.

Pero Lüppo Cramer ha demostrado que cualquier sustancia, aun no siendo reductora, que absorba los halógenos dificulta la solarización; en efecto, una solución de nitrato de plata obra como enérgico preservativo de la solarización.

El cloruro de plata es mucho menos solarizable que el bromuro de plata, y esto explica la latitud de exposición mucho mayor que permite el uso de placas al cloruro de plata ó al cloro-bromuro, respecto á las placas al bromuro corrientes.

En cambio, el yoduro de plata es más solarizable que el bromuro.

De las placas al gelatino-bromuro de plata son mucho más susceptibles de solarizarse las de grano grueso (extrarrápidas).

Englisch, Luther y otros explicaron la solarización atribuyéndola á un fenómeno de curtidura de la gelatina, debido á la acción del bromo que se libera en la prolongada exposición.

Los granos al gelatino-bromuro de plata perderían con ello en permeabilidad, y el baño de desarrollo no podría obrar sino bastante incompletamente.

Pero Lüppo Cramer demostró que no se producen fenómenos de insolubilización ó curtidura con la exposición prolongada, y, por otra parte, el hecho de que también en el proceso de daguerrotipia y al colodión húmedo la solarización se produce, demuestra que la presencia de la gelatina no es indispensable para la producción del fenómeno mismo.

Eder demostró que el efecto de la solarización es anulado tratando la placa con una solución fuertemente oxidante (solución de bicromato adicionada de ácido nítrico); análogamente obra el persulfato.

Mientras permanezca ignorada la causa por la cual se produce la imagen latente, no podrán ponerse en claro fácilmente los fenómenos que le son afines.

La hipótesis más aceptada hoy en día, y que entre sus partidarios cuenta al mismo Lüppo Cramer, es que la solarización sea debida á la acción química del bromo que se separa. Que se produce una descomposición de cierta importancia lo demuestra también el

hecho de que las imágenes solarizadas muestran un principio, si bien pequeño, de ennegrecimiento.

Y con el fijado sin desarrollo permanece en las imágenes solarizadas un residuo mínimo, pero perceptible.

La explicación que se da hoy no es, en sustancia, diversa de la que expusimos nosotros hace más de quince años, publicada también en las primeras ediciones de este nuestro manual.

Afirmamos siempre, en efecto, que el fenómeno de la solarización debe atribuirse á la acción química del bromo que se libra, y añadíamos:

«El bromo, y especialmente el yodo que se libra de algunas de las partículas, y que lo retiene la masa de gelatina, destruye forzosamente la imagen latente del mismo modo que lo haría una solución de bromo y de yodo.»

Esta explicación está en perfecta armonía con el hecho indicado de que las sustancias reductoras, y, por lo tanto, susceptibles de combinarse con el bromo y el yodo, atenúan bastante el efecto de la solarización.

Esta teoría nuestra, que mantuvimos constantemente y que hoy todavía nos parece la más aceptable, corresponde, aproximadamente, á la formulada recientemente por Lüppo Cramer (¹).

En efecto, dice éste: Con prolongada exposición los granos de bromuro de plata se descomponen en el interior y el bromo que queda libre obra en la superficie donde se encuentran los llamados gérmenes (*Keime*) de plata, y reforma el bromuro de plata quitándole la propiedad de reducirse.

Sucesión de inversiones. Capa neutra.—La solarización no se manifiesta solamente con el fenómeno de inversión; continuando la exposición á la luz después del período correspondiente á la inversión, se tiene una capa de bromuro de plata á la que corresponde otra imagen negativa, y continuando la exposición se vuelve á obtener otra inversión, que no sería la última todavía.

Verdaderamente, no todos admiten este sucederse de inversiones de imágenes, y en la práctica, por otra parte, no pueden tener importancia alguna.

La solarización á que corresponde la primera inversión se obtiene con una exposición que es millares de veces la normal (3.000 á 4.000), mientras que la tercera solarización, á la que corresponde todavía un negativo, necesitaría una exposición de 100.000 veces la normal.

Se comprende que, si fotografiamos un asunto contrastado con

(¹) Dr. Lüppo Cramer. *Das Latente Bild*. Editor W. Knapp. Halle, 1911.

exposiciones crecientes, llegará un momento en que los negros habrán impresionado la placa sin que, en correspondencia con los blancos, exista todavía inversión completa; se tendrá, pues, en cada caso una capa neutra de pasaje á la que corresponderá un ennegrecimiento uniforme ó casi.

Un aumento, aun siendo ligero, de exposición, da lugar á la imagen invertida.

Parecería que una placa en la que la capa neutra ha sido alcanzada, puede sufrir la inversión incluso por una mínima exposición general.

Placas no solarizables.—En la práctica, como ya hemos tenido ocasión de indicar, el fenómeno de solarización, sin llegar á la inversión completa, es causa de desproporcionalidad de efectos.

El empleo de ciertos baños especiales de desarrollo remedia, dentro de ciertos límites, como veremos á su tiempo, los perjudiciales efectos á que nos referimos.

Se ha intentado también poner á la venta placas en las que los efectos de la solarización se hicieran sentir mucho menos.

Para ello se valió Mercier de soluciones oxidadas de metol, pirogalol, amidol y otros reveladores. Tratando las placas con soluciones al 0,1 por 100, se evitaría casi por completo la solarización.

En las placas «intensivas» fabricadas por la Casa Jougla se ha aplicado, al parecer, este principio.

Hoy, sin embargo, parece ser que en algunas sales de la fenilhidracina se ha encontrado un agente todavía más eficaz contra la solarización. Pero siempre se emplean sustancias susceptibles de combinarse con los halógenos.

Fenómeno de Clayden.—Se puede explicar, como hemos visto, hasta cierto punto, el fenómeno de inversión producido por un exceso de iluminación, con la consideración de que un exceso de energía, aumentando bastante la descomposición del bromuro de plata, conduce á la liberación de halógeno, el cual destruye la modificación física ó físico-química producida por la primera acción de la luz y que constituye precisamente la imagen latente.

Pero en la placa fotográfica se producen otros fenómenos de inversión que no son debidos al exceso de energía y que parecen extraños y casi inexplicables.

Con el nombre de fenómenos de Clayden, se indica la inversión que se observa con frecuencia en la fotografía de relámpagos. En el punto donde la acción luminosa infinitamente rápida del relámpago va á unirse á la difusa del cielo, se produce un fenómeno de inversión, como si se tratara de fuerte solarización, mientras se está muy lejos de la realización de las condiciones de verdadera y propia solarización por fuerte exceso de iluminación.

El fenómeno, llamado también de los relámpagos negros, no es general; esto es, fotografiando un cielo atravesado por los relám-

pagos, á veces las franjas se reproducen en el negativo más opacas, otras más transparentes y se puede tener contemporáneamente imágenes corrientes de relámpagos é imágenes invertidas.

Lokier consiguió recientemente producir el mismo fenómeno utilizando descargas obtenidas con la botella de Leyden.

Si bien la forma de producción de este interesante fenómeno no ha sido estudiada todavía profundamente, parece que se produce solamente cuando la acción de la luz sigue á la del relámpago, mientras no aparece en el caso contrario.

Según Lüppo Cramer, la acción de los relámpagos tiene cierta analogía con la de los rayos Roentgen y del radio, del cual hablamos en capítulo especial, al final.

Fenómenos de Herschel.—Otro fenómeno de inmersión, debido á una causa distinta por completo, es el que se indica con el nombre de fenómeno de Herschel.

Cuando una placa ordinaria (no pancromática) se expone ante un negativo fotográfico, primeramente á la luz ordinaria durante el tiempo suficiente para formarse la imagen latente, después, durante cierto tiempo (un cuarto de hora, media hora ó más), ante una pantalla rojo-rubí, se observa en el desarrollo la inversión de la imagen. Esta inversión, debida á radiaciones del mínimo poder actínico, no puede encontrar explicación tampoco con el exceso de iluminación.

Atribuyéndose á las radiaciones rojas del espectro una acción especialmente oxidante, parece avalorar este fenómeno la teoría expuesta ya por Abney, según la cual un fenómeno de oxidación se produce en la solarización; pero Lüppo Cramer demostró lo infundado de ella.

También en la solarización con rayos rojos ocurre producción de una levísima imagen visible, pero en grado bastante menor que en la solarización ordinaria, y resulta, por lo tanto, más difícil atribuir el efecto á la acción del bromo librado.

De todos modos, para aclarar la acción físico-química de rayos casi inactivos, se podría admitir que el gelatino bromuro impresionado á la luz ordinaria sufra como una sensibilización óptica por las radiaciones rojas, como ocurre con la emulsión al gelatinobromuro adicionada de ciertas materias colorantes. Las radiaciones rojas absorbidas despedirían una actividad química en la producción de una regresión de la imagen latente, esto es, darían lugar á un restablecimiento del bromuro de plata primitivo.

La adición de nitritos á la emulsión que, como vimos, ejerce energético efecto en lo que se refiere á impedir la solarización á la luz ordinaria, produce un efecto bastante menor en la solarización á la luz roja, lo que demostraría la índole no igual en absoluto de tal fenómeno. La solarización á la luz roja puede dar lugar además á una segunda inversión.

Fenómenos de Wood.—Otros fenómenos de inversión que parecen tienen alguna relación con el efecto de Clayden, son los estudiados recientemente por el profesor Wood, de Wisconsin (América).

Comprobó este señor que la inversión puede producirse con cualquier manantial luminoso, bastante intenso, que obre durante tiempo infinitésimo, mientras le siga á ésta una iluminación ordinaria.

Para hacer el experimento empleó un disco opaco provisto de una hendidura; haciéndolo girar con suficiente velocidad ante una placa fotográfica, podía producir sobre la placa misma una iluminación de $1/55000$ de segundo, que corresponde aproximadamente á la del relámpago. La luz del arco eléctrico era concentrada por medio de una lente especial en forma que se aumentara bastante la intensidad de iluminación de la hendidura.

Abandonando las hipótesis precedentemente expuestas, suponemos, como decíamos en un artículo publicado en el *Progreso Fotográfico*, 1910, que el *choque* producido por una luz violenta agente, con inconcebible instantaneidad, haga perder sensibilidad á la placa, y así, la sucesiva iluminación general, impresiona especialmente las partes no modificadas de la primera acción.

Efecto solarizante de las diversas energías.—Para terminar este capítulo, en el cual se compendian todas las variedades de comportamiento del tan maravilloso y misterioso cuerpo, el gelatino-bromuro de plata, daremos una ley, deducida de los experimentos de Volmer, la cual, si bien no confirmada todavía por otros, nos parece merecedora de ser señalada como una tentativa de coordinar la acción solarizante de los diversos agentes físicos con su comportamiento, expresado gráficamente.

Según el autor, los diversos agentes se comportan en la producción de efectos de solarización en relación con la curva de ennegrecimiento, que indica la variación de opacidad de la imagen que dichos agentes producen. La mayor inclinación de la curva de ennegrecimiento indica que la opacidad aumenta en mayor proporción parangonada con la energía agente. Las curvas de ennegrecimiento pueden ser descritas en el orden siguiente, por importancia creciente de inclinación: presión, rayos Roentgen, acciones luminosas violentas, acciones luminosas débiles, luz continua.

La primera ley deducida por el autor es que la acción solarizante de un agente es tanto mayor cuanto más grande es la inclinación de la curva de ennegrecimiento; la luz ordinaria continua, tendría, pues, la máxima acción. Otra ley consiste en que cuando una placa es expuesta á la acción sucesiva de dos agentes diversos, la inversión es mayor si obra según el agente que tiene la curva menos inclinada que en el caso contrario.

CAPÍTULO XXI

EXPOSICIÓN Y POSA DE LAS PLACAS AL GELATINO-BROMURO. LATITUD EN EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN Y CIRCUNSTANCIAS QUE EN ELLA INFLUYEN.

En el capítulo VIII tratamos extensamente el argumento de la imagen latente, esto es, aquella que se produce cuando se expone unos instantes la placa á la luz en el aparato fotográfico. No es nuestra misión indicar aquí la norma que debe seguirse para fotografiar un asunto cualquiera; esto entra en el campo de la práctica y del arte fotográfico.

En el capítulo sobre la sensitometría vimos cómo las propiedades del gelatino-bromuro se deducen bastante bien del estudio de la curva característica, que nos demuestra también cómo, incluso en las mejores placas, la proporcionalidad en el ennegrecimiento no se verifica sino en ciertos límites de iluminación.

En el capítulo que trata de la solarización vimos mejor los extraños y perjudiciales efectos que se producen al exceder cierto límite de iluminación.

Queremos considerar ahora el comportamiento de la placa sensible desde un punto de vista más práctico y más accesible también á quien no puede lanzarse á consideraciones de índole demasiado científica.

Consideraremos, pues, el comportamiento de la placa en su uso práctico; repetiremos algo de lo dicho, pero en forma más fácilmente comprensible.

Teóricamente la imagen más perfecta sobre una placa al gelatino-bromuro puede decirse, se obtiene exponiéndola durante un tiempo bien determinado y constante en cada caso, cuando son constantes todas las otras condiciones que pueden influir, esto es, intensidad de luz, objetivo y su abertura, sensibilidad de la placa, clase de desarrollo. En la práctica, sin embargo, existe una latitud, en lo que al tiempo de pose se refiere, que, sin ser grandísima, es suficiente para permitir que pequeños errores que pudiera cometer el operador en el cálculo de las diversas circunstancias que influyen en el tiempo de posa, no surtan efecto prácticamente. La duración del tiempo de posa varía mucho en relación con

la composición del baño de desarrollo que se emplea, y por ello en todos aquellos casos en que se tiene la duda de haber expuesto el tiempo justo, será conveniente recurrir á aquellos reveladores que permiten la mayor latitud de posa, usados con las salvedades que veremos á continuación.

Veamos cuáles son las causas físico-químicas que hacen necesaria cierta exactitud en el tiempo de exposición para obtener imágenes perfectas.

Ante todo, es la desproporcionalidad entre el efecto gráfico y la cantidad de luz que lo ha producido. Se comprende que, exponiendo á la luz una placa al gelatino-bromuro recubierta de papel negro, en el que exista un agujero circular, suceda que la intensidad del pequeño disco negro ó, por decirlo mejor, la densidad del depósito de plata que se obtiene después con el desarrollo, aumente poco á poco con el tiempo de exposición, hasta cierto límite; este límite corresponde al instante en que el desarrollo se extiende á toda la profundidad de la capa sensible.

Si se prolonga la exposición á la luz más allá de este límite, no se nota ya una constancia en la densidad del depósito de plata, como pudiera suponerse, sino que se observa que la densidad va disminuyendo poco á poco; esto se expresa diciendo que ha habido sobreexposición. Vemos, pues, cuán grave es el inconveniente que trae consigo la exageración en el tiempo de posa; la imagen resulta débil y pierde su justa graduación. En lugar de considerar el tiempo de exposición, consideremos la iluminación que recibe la placa en la cámara fotográfica; la iluminación depende, además del tiempo de exposición, de las otras circunstancias que tienen influencia sobre la importancia de la impresión latente que recibe la capa, esto es, luminosidad y abertura útil del objetivo ó intensidad de la luz agente. Si consideramos que el objeto á fotografiar sea una escala de claro-oscuro que tenga n graduaciones, comprendido el blanco y el negro, tendremos que hasta que la $n-1$ graduación, que es la más próxima al negro, dé una impresión mínima, apenas perceptible, en la placa desarrollada, es necesario una iluminación que llamaremos I . Esta es la iluminación mínima que puede darse á la placa; si fuera menor, no tendríamos una reproducción completa del asunto; la imagen negativa sería, pues, falta ó débil.

En la placa al gelatino-bromuro ideal, esto es, quedie se una reproducción de claro-oscuro con una graduación perfecta, á esta iluminación I debería corresponder en el negativo, en relación con el blanco del sujeto, la máxima densidad de depósito de plata que, con aquella preparación sensible dada y aquel desarrollo determinado, es posible obtener. En la práctica, por el contrario, se verificará, en general, que la intensidad de la impresión que corresponde al blanco es menor que la máxima que podría dar la placa, y esto puede producirse por dos razones: ó porque con la

iluminación I el blanco es subexpuesto, ó porque es sobreexpuesto.

En el primer caso, aun no teniéndose la necesaria intensidad en la imagen del blanco, la graduación será justa, y bastará un refuerzo para mejorar la imagen, haciendo mayor la separación entre el blanco y el negro.

En el segundo caso, esto es, si con la iluminación I el blanco resulta sobreexpuesto, entonces la máxima densidad en el depósito de plata del negativo, en lugar de estar en correspondencia con el blanco, lo estará con una de las graduaciones de color gris claro. La capa sensible, en tal caso, no da una buena graduación; con la exposición necesaria hasta que los blancos de la imagen produzcan una impresión justa y no resulten sobreexpuestos, se tiene una falta de detalles en relación con las sombras, y la imagen está, como suele decirse, contrastada ó dura. Si se prolongase la posa, se obtendría, sí, las sombras detalladas, pero disminuiría la intensidad del depósito de plata en relación con los blancos, y aumentaría, en cambio, en correspondencia con las partes de color menos blanco. La imagen podría salir sin efecto y sin proporcionalidad en la graduación de tintas. He aquí explicado, pues, por qué, debido á causas inherentes á la calidad de la capa sensible, se pueden obtener imágenes imperfectas, aun regulando la iluminación en debida forma.

Prescindamos ahora de la calidad de la capa sensible; supongamos que responda á las condiciones de la capa perfecta, esto es, que reproduzca exactamente la escala de claro-oscuro considerada anteriormente.

Pero en la naturaleza no sólo tenemos el claro-oscuro; tenemos los colores, y de éstos, como sabemos, algunos, si bien claros para la vista, como el amarillo, se comportan casi como negro en la placa, otros, oscuros á la vista, como el violeta, obran casi como el blanco.

En algunos casos, la diferencia entre la acción fotográfica de ciertas partes y de otras es tan grande, que hace prácticamente imposible la obtención de una imagen perfecta con los medios ordinarios. En un paisaje, por ejemplo, con cielo bastante luminoso, se tendrá que, en el tiempo que el cielo impresiona produciendo el máximo efecto gráfico, el verde no se reproduce sino bastante incompletamente. En este caso es bastante útil, en general, una ligera sobreexposición para disminuir la densidad del depósito en correspondencia con el cielo en el negativo y aumentarla en correspondencia con el verde.

Por otra parte, también la calidad de la luz iluminante ejerce influencia. No hablaremos de las luces artificiales, que tienen poca importancia en la mayoría de los casos; pero incluso con la luz del día, aunque pueda parecer igualmente clara á la vista, varía

su grado de actividad según la hora y la estación. La calidad del revelador empleado para el baño de desarrollo y la composición de este baño tienen también influencia no despreciable. Ciertos desarrollos tienden á dar negativos duros; otros, negativos poco contrastados, por lo que, al preparar el baño de desarrollo, debe proceder el operador con sumo cuidado. Algunos desarrollos, y son especialmente los que dan un depósito de plata relativamente poco opaco, permiten mayor duración en el tiempo de posa.

Como se ve, son muchas y complejas las causas que deben tenerse en cuenta en la posa; y el operador experto, que conoce la placa sensible que emplea; que conoce y sabe modificar, según los casos, el desarrollo; que tiene práctica en su objetivo y sabe calcular la acción fotográfica de la luz en un momento dado, no se equivocará mucho en el tiempo de posa. Si no es el que corresponde exactamente á la imagen más perfecta, se aproximará á él, y con el desarrollo efectuado racionalmente llegará, generalmente, á un resultado satisfactorio.

Irradiación y halo.—A las consideraciones sobre la posa están ligadas las que se refieren á la irradiación y al halo, fenómenos ambos que influyen en la exactitud de claro-oscuro de la imagen.

De la irradiación y de su influencia, en general, en la disminución de la fineza de la imagen, hablamos ya en la página 147, refiriéndonos á notables trabajos del Dr. Mees.

Pero queremos considerar ahora el fenómeno especialmente en el caso en que la placa fotográfica se usa para reproducir asuntos en los que existen partes bastante claras rodeadas de otras sombreadas.

En tal caso se tiene un alargamiento visible de impresión, que no sólo influye en la exactitud, sino que desluce, además, la imagen por completo.

Este fenómeno se manifiesta en grado notable en la fotografía de interiores, especialmente en los poco iluminados, cuando en el campo existe una ventana abierta. Se produce también en la fotografía de objetos, especialmente pequeños ó poco iluminados, cuando se proyectan sobre un fondo muy luminoso, como el del cielo. Un campanario, por ejemplo, que tenga por fondo el cielo se reproducirá en la fotografía bastante difícilmente nítido.

El alargamiento en la acción luminosa, en estos casos, se produce por dos causas distintas: la irradiación, debida á reflexión de luz por parte de los granos de plata, vivamente iluminados, y el halo, que se produce por reflexión de la cara posterior del vidrio. La irradiación se produce en toda la capas sensible; pero especialmente en la superficie, y el halo, en cambio, se produce de especial manera en la parte de la capa sensible en contacto con el vidrio.

El efecto es explicado prácticamente en nuestra *Enciclopedia fotográfica*.

Sobre el fenómeno de irradiación, que es tanto más importante cuanto mayor es el grueso del grano del bromuro de plata, hablamos ya en otro capítulo (véase pág. 147).

Diremos ahora solamente que una coloración de la capa sensible, como se tiene en ciertas placas ortocromáticas tipo moderno, atenúa los perjudiciales efectos de la irradiación, porque la luz que llega á la superficie, y que es enviada por cada partícula, encuentre en el coloide colorado que debe atravesar un medio absorbente de las radiaciones más actínicas.

En cuanto al halo, diremos que lo causa la luz que atraviesa el vidrio y que, por el fenómeno de refracción, desvía de la posición incidente.

Desviada así la luz, entra parcialmente en la capa sensible en dirección distinta de aquella según la cual fué alcanzada la capa misma; de ahí el alargamiento de acción de la luz, que es notable sobre todo en la parte de la capa sensible en contacto con el vidrio y allí donde se han reproducido las partes más claras del asunto.

El halo es, á su vez, acentuado por el fenómeno de irradiación que se produce por las partículas vivamente iluminadas por los rayos de regreso.

Para quitar el halo basta impedir que los rayos activos puedan llegar al vidrio; esto se consigue, ya sea colorando toda la capa sensible, ó bien, más racional y eficazmente, interponiendo una capa colorada entre el vidrio y la capa sensible.

Así se preparan las placas llamadas antihalo comerciales. En las placas *isolar-agfa*, que figuran entre las mejores, existe una capa fuertemente colorada de rojo. Además de las placas *agfa* conocemos como excelentes las antihalo Hauff (que tienen una capa amarilla), las Lumière (capa roja) y las *inhalo* Schleussner. De todos modos, la capa colorada debe ser inactínica.

Se comprende que el efecto máximo para eliminar halo é irradiaciones sea el de emplear placas que, además de la capa colorada interpuesta, tengan un colorido amarillo de la capa sensible.

En estas condiciones se encuentran, por ejemplo, las placas ortocromáticas antihalo cromo-isolar, con las cuales se obtiene incluso contra la luz, imágenes de extraordinarios detalles.

Cuando se quiere obtener la eliminación del halo sin recurrir á las placas preparadas especialmente, sino utilizando las placas ordinarias, se puede obtener buen resultado aplicando sobre el dorso de la placa una hoja de papel negro puesto en contacto óptico con la placa misma mediante un líquido que tenga el mismo índice de refracción que el vidrio.

Se comprende que, en tales condiciones, la luz, después de atravesado el vidrio, no se desvía, sino que se la lleva á extinguirse en el papel negro.

El aceite de cedro, que tiene el mismo índice de refracción que

el vidrio, sería un medio bastante indicado; pero su naturaleza oleosa, que puede ser causa de inconvenientes, impide el usarlo.

Se recurre frecuentemente á la glicerina, con la que se unta papel negro que se aplica al dorso de la placa sensible. Pero la glicerina no tiene índice de refracción igual, en absoluto, al del vidrio, y su efecto es por ello incompleto.

Se ha aconsejado también, y resulta efectivamente eficaz, una mezcla de dextrina y negro de humo, que se extiende sobre el dorso de la placa; pero su empleo es bastante engorroso. También fueron puestos á la venta, con el mismo objeto, coloides colorados ó barnices colorados de la misma clase; pero es preferible, sin duda, si se puede, utilizar buenas placas antihalo del comercio, en las que la capa absorbente obra dos veces, una á la salida de los rayos y otra al regreso para los pocos rayos no absorbidos eventualmente en la ida, y en esta forma el efecto resulta siempre completo.

La materia empleada para colorar la capa interpuesta entre el vidrio y el preparado sensible debe ser tal, siempre, que se elimine fácilmente en los tratamientos á que es sometida la placa; mejor es que se elimine sin tratamientos especiales (como ocurre, por ejemplo, en las placas antihalo de Hauff); pero si exige un tratamiento, debe ser sencillo.

Para las placas *isolar-agfa* se aconseja una solución de bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasa, para descolorar completamente la placa. Donde la capa permanezca colorada requerirá un aumento más ó menos considerable en el tiempo necesario para la impresión positiva.

Para aumentar el rendimiento luminoso de las placas.—Un último argumento, que vamos á citar, es el que se refiere á los medios para aumentar el rendimiento de la placa fotográfica en la posa y disminuir por ello el tiempo de posa.

En el año 1896 hacía observar el llorado Dr. Ermacora que es notable la cantidad de luz que atraviesa la capa sensible sin ser absorbida, y que utilizando esta luz mediante reflexión es posible abreviar la posa. El capitán Colson, posteriormente, confirmó el hecho y propuso utilizar esta luz que atraviesa la capa empleando las películas al gelatino-bromuro con la capa sensible aplicada contra una hoja de papel blanco; con ello se evita también el halo. Cuando sea necesario reducir al *mínimum* posible la exposición, hay que recordar este medio, bastante sencillo, para aumentar el rendimiento de la superficie sensible.

En las placas antihalo ó provistas de parahalos, en las que toda reflexión de la luz incidente fotográficamente activa queda cortada, se observa que la posa necesaria es siempre bastante mayor, lo que confirma más y más la aserción de que es notable la cantidad de luz que atraviesa la capa sensible sin impresionarla.

Hace algunos años, el malogrado Dr. Andrea Terenzio, que fué concurrente de nuestro laboratorio, imaginó utilizar bastante mejor la luz que hiere una placa, impidiendo al mismo tiempo el halo, empleando como capa interpuesta una capa de gelatina conteniendo una materia blanca en polvo finísimo que pueda eliminarse fácilmente. Una materia blanca que parece prestarse á tal objeto es el oxalato de calcio, que puede eliminarse con soluciones de ácido clorhídrico ó nítrico.

Esta capa blanca opaca, á la vez que impide que la luz llegue al vidrio, aumenta el rendimiento luminoso á causa de la reflexión que produce.

Pero ningún ensayo práctico se ha hecho para comprobar la aplicabilidad de esta idea.

En el Congreso Fotográfico de Dresde 1910 (véanse las sesiones de este Congreso) llamamos la atención sobre la importancia que puede tener el empleo de placas ópales al gelatino-bromuro para aumentar el rendimiento luminoso. Se obtendrá, es cierto, un negativo difícilmente impresionable por contacto, pero que podrá ser útil, igualmente, para muchos fines fotográficos científicos: fotografía médica, microfotografía, fotografía astronómica, radiografía, fototopografía del globo, etc.

Tendencia de una placa á reproducir detalles. Influencia del espesor y rapidez de las placas fotográficas sobre la riqueza del claro-oscuro de la imagen negativa.—En el capítulo XXVI, en el que hablamos de la curva característica, hicimos notar la importancia que tiene el trazado de esta curva para establecer el comportamiento de la capa sensible y la modeladura de imagen que produce.

Añadiremos ahora, lo que olvidamos consignar y es que, según el Dr. Goldberg (Sesiones del Congreso Fotográfico de Dresde 1909), el examen de la curva característica puede darnos también un indicio acerca del modo como se comportará cierta placa en la reproducción de los detalles más delicados de un asunto.

Así, pues, si la inclinación de la curva es superior á 45° , ello significará que la diferencia de opacidad que puede dar la placa para dos iluminaciones es mayor que en el caso en que la placa tenga la curva que se aproxime á 45° (basta observar en la figura geométrica la diferencia de longitud de las ordenadas en uno y otro caso). La placa puede, pues, acentuar el realce de dos impresiones luminosas poco diversas y, por lo tanto, reproducir mejor los detalles en las sombras.

Pero será menos susceptible de dar contrastes en las luces, porque creciendo demasiado rápidamente la opacidad, el depósito de plata tiende á acercarse más rápidamente al límite de opacidad máxima.

El Dr. Goldberg estableció un ingenioso método para fijar la

actitud de una placa á dar los detalles en las partes más iluminadas y más oscuras. Para ello se vale de un disco negro, en el que figuran fragmentos de coronas circulares blancas cada vez más extendidas y llevando cada una rayas negras de diversa longitud.

Se imprime á este disco un movimiento rotativo rápido y se observan entonces coronas circulares concéntricas completas, á medida más oscuras, y en las que las líneas negras resaltan cada vez menos y tanto menos cuanto más cortas son dichas líneas. Fotografiando este disco en rotación con placas diversas, puede formarse una idea del comportamiento de las distintas placas en la reproducción de detalles en las luces y en las sombras.

Y ahora venimos al argumento que constituye el objeto principal de este párrafo.

Considerando, como hemos hecho en este capítulo, el comportamiento práctico especialmente de la placa, después de haber aclarado las circunstancias inherentes á la posa, que influyen en el claro-oscuro, queremos examinar la influencia que sobre el claro-oscuro tiene el espesor y la sensibilidad de las placas.

Este estudio (que leyendo este libro será objeto de mejor comprensión), fué publicado en el *Progreso Fotografico* de 1911.

Entre las circunstancias que influyen perjudicialmente en el claro-oscuro, hay que consignar: la insuficiencia del espesor de la capa sensible y la insuficiencia de transparencia de la capa misma.

La capa sensible ideal sería una capa de fuerte espesor y de absoluta transparencia.

A cada acción de la luz correspondería, pues, un espesor de plata reducida, y por lo tanto, un cierto grado de opacidad en el negativo.

Es evidente que cuanto más sutil sea la capa sensible tanto más difícil es obtener un rico claro-oscuro.

En cuanto al límite, esto es, cuando la capa fuese reducida á un plano matemático, la graduación de opacidad resultaría imposible de no recurrir á una subdivisión en los puntos, lo que implicaría artificios no aplicados ni aplicables en la fotografía ordinaria.

En cambio, en una capa dotada de cierto espesor y que, suponamos, responda perfectamente á las exigencias del ortocromatismo, es posible, con posa y desarrollo apropiado, obtener, en correspondencia con los diversos valores, capas de plata reducida que, por ser infinitésimas, tienen siempre un espesor y una opacidad diversos. Parece ser, pues, ante todo, que el más rico claro-oscuro, y en consecuencia la máxima modelación de imagen, debería obtenerse con placas que tengan el máximo espesor de gelatino-bromuro de plata. Pero con el aumentar del espesor de la capa sensible se aumenta en consecuencia la opacidad, y ello limita siempre bastante el espesor utilizable.

Si la capa sensible fuera transparente por completo, es cierto que la proporcionalidad entre la acción luminosa y el espesor de

la capa impresionada sería, si no perfecta, por lo menos muy próximo á serlo.

Pero la opacidad propia del gelatino-bromuro hace que la penetración de los rayos luminosos no pueda ser regular, y más allá de cierto límite resulta imposible.

Además de la absorción de luz que está ligada al fenómeno físico-químico de la producción de la imagen latente, existe también una absorción puramente física de la luz, debida á la opacidad de la capa.

Esto debe influir, pues, necesariamente é influye, sobre la proporcionalidad entre acción de la luz y espesor de plata reducida.

Si bien el obtener la capa sensible ideal no es realizable, cierto es que entre las placas sensibles comerciales existen las que se acercan más ó menos al desideratum.

Las placas que tienen el máximo espesor de capa son las placas extra-rápidas. En la operación de maduración á que se somete la emulsión al gelatino-bromuro para darle la máxima sensibilidad, el grano de gelatino-bromuro aumenta y con ello se agrandan también los intersticios entre grano y grano.

Si se quiere obtener con emulsiones extra-rápidas placas capaces de dar imágenes con opacidad suficiente, es necesario que el espesor de la capa sea relativamente grueso, no mucho más que en las placas de mediana rapidez. Sólo así es posible tener superexpuestos tantos granos de plata reducida cuantos bastan para tapar bien los agujeritos relativamente grandes y permitir una buena cobertura de imagen.

Este mayor espesor de capa, unido al tamaño mayor de los agujeritos entre los granos opacos, que permite una transmisión de luz más fácil, aun siendo irradiada, á través de los intersticios citados, hace también que en las buenas placas extra-rápidas sea posible obtener negativos con el más rico claro-oscuro y, por lo tanto, con la máxima modelación.

Por lo que, en retratos especialmente, también cuando la luz fuese tal que permitiera el empleo de placas de limitada sensibilidad, será siempre aconsejable emplear placas extra-rápidas. Y entre las placas extra-rápidas el fotógrafo podrá escoger siempre aquellas que tengan mayor espesor de capa.

Por otra parte, es necesario que el desarrollo sea gradual y no violento; debe abarcar toda la capa en relación con los blancos puros del asunto; para el máximo número posible de graduaciones, la opacidad debe reducirse á cero.

El refuerzo puede convenir, ciertamente, para acentuar los blancos y los negros que resulten deficientes, pero perjudica siempre más ó menos la graduación de claro-oscuro.

Cuanto hemos venido diciendo puede demostrarse científicamente estableciendo para las diversas placas la curva característica.

CAPÍTULO XXII

DESARROLLO DE LA IMAGEN LATENTE

Generalidades sobre el desarrollo.—Mientras en las placas al colodión el desarrollo de la imagen se efectúa, como dijimos á su tiempo, en virtud de una deposición de plata en la superficie de la capa, y la imagen queda, por lo tanto, en la superficie, en el procedimiento al gelatino-bromuro la imagen se forma en toda la profundidad de la capa y la produce la reducción química del bromuro de plata. En los puntos donde ha obrado la luz, el bromuro de plata (AgBr) se descompone en contacto con el revelador; el bromo va á combinarse con las sustancias que constituyen el revelador, mientras que la plata se separa y va precisamente á constituir la imagen.

¿Cuáles son las sustancias que tienen la propiedad de desarrollar la imagen latente? En tesis general, diremos que son las que tienen mucha tendencia á oxidarse, esto es, á combinarse con el oxígeno (del aire ó de compuestos oxidantes); aquéllas, en fin, que, en términos químicos, se llaman reductores enérgicos. Tales sustancias, que tienen gran tendencia á combinarse con el oxígeno, tienden también á descomponer el bromuro y el cloruro de plata, ya sea por combinarse después directamente con el bromo ó cloro derivados de la descomposición, ó por combinarse con el oxígeno que queda libre después que el bromo ó el cloro se han combinado con el hidrógeno del agua.

Hay quien pretende que el desarrollo de la imagen latente sea producido siempre por el hidrógeno que queda libre después que la materia reductora que constituye el desarrollo se ha apropiado el oxígeno del agua. El desarrollo se efectuará, pues, del modo siguiente:



No negamos que en ciertos reveladores pueda efectuarse la reacción arriba escrita; pero consideramos que, en todo caso, la reacción principal es una acción directa del bromo sobre la materia re-

ductora, y, sin olvidar que esta materia puede ser también, en el caso de los reveladores orgánicos, una combinación del revelador con los álcalis (un fenolato, por ejemplo). Añadiremos que, de experimentos por nosotros efectuados resulta que el hidrógeno, incluso en estado naciente, no puede tener nunca, á la temperatura ordinaria, acción desarrolladora. En efecto, no nos fué posible, ni con una mezcla de solución de potasa cáustica y aluminio en polvo, ni con otra de ácido cítrico ó tartárico y magnesio en polvo (dos mezclas que desarrollan rápidamente hidrógeno) obtener un desarrollo sensible de la imagen latente sobre una placa al gelatino-bromuro.

Los reveladores pueden clasificarse en dos categorías importantes: reveladores constituidos por sales metálicas y compuestos inorgánicos variados y reveladores orgánicos. Pocos son los primeros, y de ellos sólo uno se emplea, el oxalato ferroso, mientras que los reveladores orgánicos son numerosos y aun aumentan continuamente, en especial manera desde que se ha podido establecer, de cierto modo, la relación que existe entre la propiedad reveladora de una sustancia y su constitución química.

El desarrollo del oxalato ferroso.—Hablemos, ante todo, de los desarrollos inorgánicos; entre éstos, como dijimos, el único importante es el oxalato de ferroso. Otros compuestos pertenecientes á esta categoría, que tienen acción reveladora, son el ácido hidrosulfuroso (H^2SO^2) y los hidrosulfitos, algunas sales de cobre y también, si bien en grado menor, los sulfitos y bisulfitos. Pero ninguno de estos compuestos usado solo, ha tenido aplicación, y por ello nos contentamos con citarlos solamente.

El oxalato ferroso ha sido, puede decirse, el primer desarrollo adoptado para las placas al gelatino-bromuro, y hoy todavía es por muchos preferido. El sulfato ferroso, que, como vimos á su tiempo, es el reductor preferible para el desarrollo de las placas al colodión, no sirve para el de las placas al gelatino-bromuro. Para estas últimas es necesario una materia que tenga una acción reductora bastante más enérgica, porque no se tiene con ella, como en el procedimiento al colodión, una sal como el nitrato de plata, que con facilidad extraordinaria puede ser reducida en plata (hay que tener en cuenta que también el papel reduce el nitrato de plata en plata metálica); sino una sal como el bromuro de plata, que, por causa de la acción de la luz ó la presencia de gelatina, ha quedado predispuesta á la descomposición, ofrece á ella todavía una resistencia relativamente grande.

Para que una sal ferrosa sea capaz de descomponer el bromuro de plata es necesario que por oxidación dé una sal férrica no disociable, como se dice en lenguaje químico, esto es, que no tienda á descomponerse en solución. Porque si la sal férrica tiende, en solución, á descomponerse en los iones que la constituyen, la plata

que tiende á reducirse por acción de los iones ferrosos (Fe^{**}) tiende, contemporáneamente, á oxidarse por acción de los iones férricos (Fe^{***}), y, en consecuencia, la reducción, ó no se efectúa, ó sólo en grado mínimo. En tesis general, y expresándonos más sencillamente, puede decirse que ninguna sustancia debe emplearse como revelador si con la oxidación puede dar lugar á cuerpos que tiendan á destruir la imagen latente.

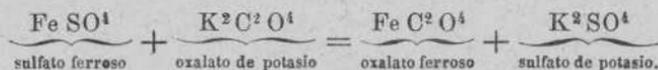
El cloruro cúprico, por ejemplo, es un reductor enérgico; pero oxidándose se transforma en bicloruro de cobre, que tiene propiedades opuestas y cuyo empleo es aconsejado precisamente para restablecer las placas que han sufrido la acción de la luz, precisamente porque tiende á destruir la imagen latente.

El oxalato ferroso, por sí mismo, es una materia amarillenta, pulverulenta, insoluble en el agua, que en estado sólido absorbe lentamente el oxígeno del aire, oxidándose. Su composición química corresponde á la fórmula FeC^2O^4 .

Para que obre de reductor enérgico debe ser convertido en solución, y para disolverlo se recurre á una solución de un oxalato alcalino neutro (de potasio, de sodio ó de amonio); generalmente, el oxalato de potasio.

Para preparar el oxalato ferroso basta verter una solución de oxalato de potasio (al 20 por 100), poco á poco, en una solución concentrada de sulfato ferroso; se ve formarse un precipitado, que es precisamente el oxalato ferroso; este precipitado, recogido en un filtro y lavado, puede ser disuelto después en la solución misma de oxalato de potasio al 20 por 100, y constituye, en tal estado, un enérgico revelador.

La reacción que se efectúa cuando se vierte el oxalato de potasio en la solución de sulfato ferroso puede representarse como sigue:



Si después de haber obtenido el precipitado de oxalato ferroso se añade seguidamente la solución de oxalato de potasio, el oxalato ferroso se disuelve y se obtiene de esta forma un líquido amarillo rosáceo que obra de enérgico desarrollador.

Eder, en 1879, fué el primero en aconsejar el empleo del desarrollo al oxalato ferroso, obtenido, no, como se hacía antes, disolviendo el oxalato ferroso en la solución de oxalato de potasio, sino mezclando la solución de sulfato ferroso con un exceso de solución de oxalato de potasio.

En la práctica, se prepararán dos soluciones: una de oxalato de potasio (al 25 ó 30 por 100), y otra de sulfato ferroso (al 30 por

100), y se mezclarán, *en el acto de usarlas*, 3 partes de la solución de oxalato y una de la solución de sulfato ferroso.

El sulfato ferroso (FeSO^4) que se emplea para la preparación del baño de desarrollo al oxalato ferroso debe ser puro, y su pureza se reconoce con bastante facilidad por su aspecto. Debe presentarse en forma de gruesos cristales verdes, perfectamente solubles en el agua. En estado cristalizado tiene la fórmula química



esto es, contiene siete moléculas de agua de cristalización.

Tanto para la preparación de la solución de sulfato ferroso como para la del oxalato de potasio, y especialmente para esta última, es aconsejable el empleo de agua destilada para obtener líquidos límpidos. A falta de ésta puede usarse también agua común hervida, á ser posible, dejándola enfriar.

La solución mixta de sulfato ferroso y oxalato de potasio, que constituye el baño revelador al oxalato ferroso, se altera con grandísima rapidez en contacto con el aire, absorbiendo el oxígeno, y por ello debe prepararse en el momento de usarla.

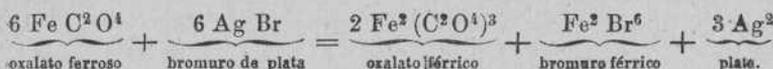
Por acción del aire se forma en la solución de oxalato ferroso, en poco tiempo, un precipitado rojo, constituido por una combinación de oxalato férrico y óxido férrico, esto es, oxalato férrico básico. Si la solución de sulfato ferroso empleada era suficientemente ácida, la formación del oxalato férrico básico se retarda ó incluso queda anulada. La adición de ácido á la solución de sulfato ferroso, además del objeto de conservar mejor esta solución, tiene también la propiedad de impedir la formación del oxalato férrico básico en el baño de desarrollo al oxalato ferroso, y de hacer, á la vez, dicho baño más difícilmente oxidable por acción del aire.

El ácido á añadir puede ser ácido sulfúrico en la proporción antes indicada, ó el ácido acético glacial (3 ó 4 gr. por litro), ó también ácido cítrico ó tartárico, en la proporción de 4 á 5 gr. por litro.

La adición de ácido conviene hacerla siempre á la solución de sulfato ferroso antes de mezclarla con la de oxalato potásico. El baño de desarrollo al oxalato ferroso, ligeramente ácido, es bastante más ventajoso que el baño neutro, no sólo porque se altera menos fácilmente al aire y permanece claro durante más tiempo, sino también porque, haciendo aparecer la imagen menos rápidamente, permite á ésta formarse de manera más clara y brillante, sin velo, aun cuando la exposición hubiera sido más larga de lo necesario.

En la cantidad de ácido no se puede exagerar, porque con ello se anularía, ó cuasi, el desarrollo.

El baño de oxalato ferroso preparado en la forma antes indicada constituye un enérgico revelador para las emulsiones al gelatino-bromuro de plata. La reacción que ocurre entre el bromuro de plata y el oxalato ferroso puede considerarse la siguiente:



Se efectúa, pues, de una parte una oxidación de la sal ferroso, que se transforma en sal férrica (oxalato y bromuro), y por la otra, la reducción del bromuro de plata en plata metálica, que va á constituir precisamente la imagen.

Retardadores y aceleradores en el desarrollo al oxalato ferroso.—La acción reductora ó desarrolladora, como quiera decirse, del oxalato ferroso es retardada por la presencia de ácidos en el baño (ácido sulfúrico, cítrico ó tartárico) ó por la presencia de bromuro de potasio ú otro bromuro soluble. Cuando al baño de desarrollo al oxalato ferroso se añade un ácido, sucede que se forma del oxalato ácido de potasa, sal que, siendo un tanto poco soluble, empieza pronto á depositarse en forma de polvos blancos cristalinos, de donde la necesidad, en la adición de ácido, de no exceder de un cierto límite. Al intentar retardar la acción desarrolladora del baño, el empleo del ácido cítrico es más conveniente que otro cualquiera.

Pero una de las sustancias que más enérgicamente obran como retardador en el desarrollo de la imagen es el bromuro de potasio. Esta sustancia obra de retardador enérgico, tanto si es empleada en el baño de desarrollo al oxalato ferroso como si lo es en los baños de desarrollo alcalinos, de los que hablaremos seguidamente, sin embargo, la máxima acción la ejerce si se ha empleado el desarrollo al oxalato ferroso.

En el desarrollo al hierro hay que tener en cuenta que la acción retardadora del bromuro de potasio es debida especialmente al bromuro férrico que se forma en presencia del de potasio. En efecto, el bromuro férrico en solución, descomponiéndose en sus iones, ejerce una acción contraria á la reductora del oxalato ferroso. La presencia del exceso de oxalato neutro atenúa, ciertamente, la influencia del bromuro férrico; pero no la quita.

Generalmente se prepara una solución de bromuro de potasio al 10 por 100 y se añade una cantidad variable de esta solución (1 á 5 c. c. por 100 de baño) en la cubeta que contiene el desarrollo, según se desee una acción retardadora más ó menos enérgica.

Cuando se emplea el baño de desarrollo al oxalato ferroso debe tenerse sumo cuidado en no tocar con las manos sucias de hiposulfito las placas que están en el desarrollo, y enjuagarlas bien au-

tes de introducirlas en el baño de hiposulfito destinado al fijado. De no tomar tales precauciones se producirían manchas en el negativo, debidas, especialmente, á la formación de sulfuro de plata.

Esta acción del hiposulfito es un inconveniente no despreciable, que obliga á proceder en el desarrollo al hierro con precauciones mucho mayores que empleando reveladores alcalinos.

Por ello, y también por la rapidísima alteración del baño preparado, que no permite usarlo más de una vez, el baño de desarrollo al oxalato ferroso ha perdido hoy en día mucho partido. Actualmente, por lo general, se da la preferencia á los reveladores alcalinos, porque no dan manchas; en presencia del hiposulfito se alteran, por lo común, menos rápidamente que el oxalato ferroso, y algunos despiden una acción reductora más enérgica, que permite reducir sensiblemente la posa.

Hay que tener en cuenta que, en el desarrollo al oxalato ferroso, la adición de una muy pequeña cantidad de hiposulfito (5 á 6 gotas de una solución al 1 por 100 en 100 de baño), en lugar de tener efecto perjudicial lo tiene acelerador y hace más enérgico el desarrollo, permitiendo así reducir un poco el tiempo de exposición. La acción aceleradora del hiposulfito se deja sentir en grado todavía mayor si se sumerge la placa expuesta, antes, en una solución muy diluída de hiposulfito (1 : 1.000) durante uno á dos minutos después en el baño de desarrollo. Este baño preventivo es bastante aconsejable cuando las placas no han sufrido suficiente exposición. Según el Dr. Lüppo Cramer, este baño permite reducir á la mitad el tiempo de posa y da negativos más vigorosos, si bien de tintas más aproximadas al oscuro.

La aceleración que produce en el desarrollo el tratamiento preventivo con hiposulfito no se sabe si debe atribuirse á la ligerísima acción solvente ejercida por el hiposulfito, ó más bien á una exaltación de las propiedades reductoras de la solución ferrosa por obra del hiposulfito presente. Esta acción aceleradora no se deja sentir apenas cuando se emplean desarrolladores orgánicos. Esto demuestra la necesidad de que el baño tenga una reacción ácida para que el efecto se produzca.

Para retardar la acción desarrolladora del baño al oxalato ferroso se puede añadir, en lugar del bromuro de potasio, un poco de baño viejo ya, en gran parte oxidado y transformado en sal férrica, en forma también de bromuro y sulfato férrico. Así lo hacen algunos; pero nosotros preferimos retardar el desarrollo empleando el baño fresco y añadiéndole un poco de bromuro, que impide, en grado menor que la sal férrica, el desarrollo de las medias tintas ligeras y de los detalles delicados.

CAPÍTULO XXIII

GENERALIDADES SOBRE LOS REVELADORES ORGÁNICOS

Como ya dijimos, los baños de desarrollo generalmente usados hoy son los preparados con reveladores orgánicos.

La mayor parte de los reveladores orgánicos se obtienen sometiendo á tratamientos químicos más ó menos numerosos algunas de las sustancias que se obtienen por medio de la destilación del alquitrán (fenol, cresol, naftol). Sólo, puede decirse, el ácido pirogálico (de los reveladores orgánicos hoy día usados, siendo así que podría prepararse también artificialmente partiendo de los productos del alquitrán), y por su mayor economía, se obtiene de un producto natural, el ácido gálico; calentando el ácido gálico, se obtiene precisamente el ácido pirogálico.

Siendo todos los reveladores orgánicos sustancias reductoras, esto es, que tienden á oxidarse, están sujetos á alterarse en contacto con el aire. Pero la acción reductora de unos y otros varía, como también el grado de alterabilidad. Otros, como el paramidofenol, se alteran con gran rapidez, incluso en el estado seco, si no son conservados en departamentos privados de oxígeno.

Otros reveladores, como la hidroquinona, se conservan bastante bien durante largo tiempo si se tienen en frascos tapados.

Energía de un revelador y opacidad de la imagen proporcionada.— Para formarse una idea de la energía de la acción reductora ejercida por un revelador dado puede recurrirse á un medio bastante sencillo. Se vierte algunas gotas de la solución acuosa del revelador en una solución de nitrato de plata 1 por 100 y se observa el tiempo que emplea el líquido en enturbiarse. Cuanto más rápidamente se efectúa el enturbiamiento tanto más enérgico es el reductor. El enturbiamiento lo produce la plata metálica ó compuestos insolubles de plata formados á causa de la reducción ejercida por el revelador en el nitrato de plata.

El experimento debería hacerse usando reveladores, todos en solución de igual concentración, y añadiendo el mismo número de gotas en la misma cantidad de solución de nitrato de plata. Con este experimento se observa que el diamidofenol (amidol) y el metol descomponen el nitrato de plata bastante más rápidamente que lo hace, por ejemplo, la hidroquinona.

Hay que tener bien presente que la energía de un revelador no tiene nada que ver con la intensidad y opacidad de la imagen que proporciona. Para dar un ejemplo, bastaría decir que el diamidofenol, que es uno de los reductores orgánicos más enérgicos que se conocen, da imágenes más ligeras que la hidroquinona, reductor éste menos enérgico que el anterior. Si se confrontan dos negativos, hechos con las mismas placas y en idénticas condiciones, desarrollados durante el mismo tiempo, uno con revelador á base de diamidofenol y otro con revelador á base de hidroquinona, se encontrará, con un examen minucioso, que, mientras que los detalles del asunto serán iguales en ambos, ó mayores en el primero, la intensidad de la imagen en relación con las partes claras del sujeto es notablemente mayor en el segundo, y mientras el primer negativo tiende á dar imágenes positivas un poco faltas de efecto, el segundo tiene la tendencia opuesta, esto es, da imágenes un poco demasiado crudas, demasiado contrastadas.

La energía de cierto baño de desarrollo puede ser calculada por el tiempo que emplea la imagen en aparecer.

Es cierto que, proporcionando la exposición á la energía del revelador, efectuando racionalmente el desarrollo y preparando los reveladores siguiendo fórmulas bien estudiadas, se pueden contrastar las varias tendencias en los diversos reveladores. Pero creemos que el uso de una mezcla bien hecha de dos reveladores con tendencias opuestas es, en general, el mejor modo de llegar á obtener perfectos negativos.

Generalidades sobre los compuestos orgánicos derivados del alquitrán.— Los reveladores orgánicos son ya, hoy en día, numerosísimos y cada año se les añaden otros. Esto se debe al hecho de que, con los estudios de los hermanos Lumière y del Dr. Andresen, se ha podido establecer bastante bien las condiciones que debe satisfacer la constitución química de cierto compuesto orgánico para tener propiedades reveladoras sobre la capa de emulsión al gelatino-bromuro de plata.

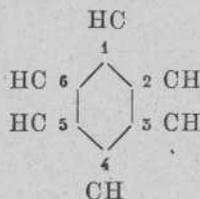
Al llegar aquí es necesario llamemos la atención sobre algunos puntos de la constitución química de algunos compuestos orgánicos derivados del alquitrán.

Recordaremos, ante todo, que el infinito número de compuestos orgánicos existentes se debe sobre todo á la maravillosa propiedad del carbono, de formar, con los elementos hidrógeno, oxígeno y ázoe (excepcionalmente también, azufre, fósforo y algún otro), cuerpos diferentes, no sólo uniéndose con ellos en diversas proporciones, sino también de diversa manera. Por ello es necesario, al indicar, en general, la fórmula de un compuesto orgánico, no escribir solamente los símbolos de los elementos con las cifras que representan los números de los átomos, sino también la fórmula que representa, al parecer, el modo de unión de los átomos, por-

que, de no ser así, en la mayor parte de los casos podrían originarse confusiones. Así, pues, cuando escribimos la fórmula,



esta puede representar también, entre los otros, dos compuestos, precisamente diversos por sus propiedades físicas y químicas; esto es, el éter, que sirve para la preparación del colodión, y el alcohol butílico, un alcohol que hierve á temperatura más alta que el agua y que se produce en pequeña cantidad en la fermentación de las sustancias azucaradas. Podríamos dar otros innumerables ejemplos; los compuestos que tienen la misma composición centesimal, pero constitución diversa, se llaman isómeros. De los compuestos derivados del alquitrán, uno de los más importantes es la bencina, que en estado puro toma, en química, el nombre de benzeno ó también benzol. El benzol es una combinación de carbono ó hidrógeno, á la que corresponde la composición expresada por la fórmula C^6H^6 . Pero la constitución química de este compuesto debe representarse en forma especial por completo, esto es,



Esto es, los átomos de carbono estarían dispuestos en forma hexagonal, cambiándose entre ellos tres de los cuatro valores que el carbono posee; un valor del carbono sirve para tener ligado un átomo de hidrógeno á cada átomo de carbono.

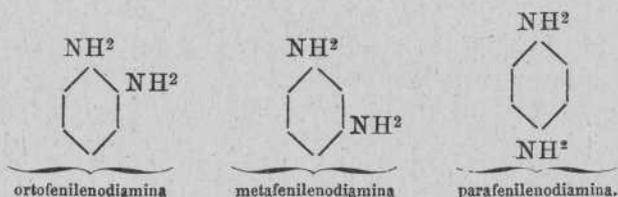
Del benzol se derivan una serie numerosísima de otros compuestos, llamados compuestos aromáticos, entre ellos también la mayor parte de los reveladores. Todos los derivados se obtienen sustituyendo uno ó más átomos de hidrógeno por otros grupos de elementos ó radicales, como se dice en términos químicos. Si es uno sólo de los átomos de hidrógeno el sustituido por un cierto grupo, no puede formarse entonces sino un solo compuesto; pero si dos de los átomos de hidrógeno son sustituidos por dos grupos iguales ó distintos, se pueden producir entonces más compuestos isómeros, que diversifican por la posesión ocupada por estos grupos, y precisamente tres compuestos si son dos los átomos de hi-

entendiéndose que dos grupos oxidrilos OH han sustituido á dos átomos de hidrógeno situados en dos vértices opuestos del hexágono (posición *para*).

De los compuestos ahora indicados, son muy conocidos en fotografía, especialmente, el ortodioxibenzol (pirocatequina) y el para-dioxibenzol (hidroquinona). Quien haya tenido ocasión de ensayar los dos reveladores pirocatequina é hidroquinona, sabe cuán diversas son sus propiedades físicas y su comportamiento. Se comprende, pues, cuán grande es la influencia de la constitución química sobre la calidad del compuesto que resulta; los tres compuestos indicados, si bien teniendo idéntica composición centesimal, no sólo, sino también conteniendo los mismos grupos, también á causa de una disposición, que á primera vista puede parecer de poca importancia, de los dos grupos OH, gozan de propiedades físicas y químicas muy diversas. La hidroquinona y la pirocatequina, si bien distintas por sus propiedades, son dos reveladores enérgicos; la resorcina, en cambio, no obra como revelador y se separa, pues, todavía más de los otros dos, por sus propiedades.

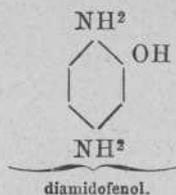
Si en lugar de sustituir los átomos de hidrógeno del grupo benzenico por los grupos OH se pudieran sustituir con otros grupos, NH^2 , por ejemplo, que diría *amidógeno*, se obtendrían con ello los amidos derivados.

Esta sustitución de un solo grupo NH^2 da la anilina, $\text{C}^6\text{H}^5\text{NH}^2$, que no tiene acción reductora alguna. Si en lugar de esto se sustituyen dos grupos NH^2 , se obtiene la fenilenodiamina, $\text{C}^6\text{H}^4(\text{NH}^2)^2$, indicándose el grupo C^6H^4 con el nombre de fenileno. Ahora bien, según la posición de los dos grupos NH^2 , se tiene la ortofenilenodiamina, la metafenilenodiamina y la parafenilenodiamina:



Tanto la ortofenilenodiamina como la parafenilenodiamina, gozan de propiedades reveladoras, mientras que la metafenilenodiamina no.

O también podría introducirse cualquier grupo OH y otro NH^2 y se obtendría con ello los amidooxibenzoles, llamados comúnmente amidofenoles; entre estos, importantes desde el punto de vista fotográfico, figuran el paramidofenol y el diamidofenol, de los que damos á continuación las fórmulas que los constituyen:



En lugar de sustituir los átomos de hidrógeno por grupos relativamente simples, como OH y NH², se podrían sustituir con grupos complejos; asimismo se podría sustituir en el grupo NH² un átomo de hidrógeno, ó ambos, con otros radicales, obteniéndose con ello muchos otros compuestos. Todas las sustituciones citadas se efectúan recurriendo á reacciones químicas más ó menos complejas; éstas, forman objeto de la química orgánica, y á ella remitimos al lector que quisiera saber más. Hablando separadamente de los principales reveladores, daremos para algunos la manera de prepararlos, enseñando cómo se obtienen las sustituciones.

Relación entre la constitución química y la función reveladora.

Las premisas sentadas nos ponen ahora en condiciones de comprender lo suficiente bien los caracteres que debe satisfacer la constitución química de determinado compuesto orgánico para que tenga propiedades reveladoras sobre la imagen latente.

Los hermanos Lumière, que fueron los primeros en ocuparse de esta importante cuestión, después de muchos estudios, llegaron á las siguientes conclusiones:

1.^a Los cuerpos orgánicos que pueden obrar como reveladores pertenecen todos á la serie aromática; son, pues, todos derivados, más ó menos directos, del benzol.

2.^a El derivado aromático, para que pueda obrar de revelador, debe contener, por lo menos, ya sea dos grupos oxidrilos (OH), ó dos grupos amidógenos (NH²) ó bien un oxidrilo y un amidógeno directamente fijados al núcleo bencénico y en las posiciones *orto* ó *para*.

3.^a Las propiedades reveladoras son, en general, más notables en los compuestos que contienen estos grupos en la posición *para*.

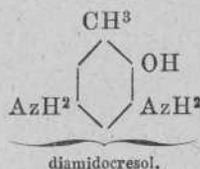
4.^a Un mayor número de oxidrilos y de amidógenos en la molécula no influye en el poder revelador. (De nuestras investigaciones resulta, sin embargo, que un número mayor de amidógenos hace el revelador más capaz de desarrollar incluso en ausencia de sustancias alcalinas) (1).

(1) Esta afirmación nuestra fué confirmada después por los señores Lumière y Seyewetz, en su estudio, que publicamos al final de este capítulo.

5.^a Las reglas dadas son aplicables también en el caso que se trate de una molécula compleja conteniendo dos ó más núcleos bencénicos (por ejemplo, los derivados de la naftalina) (1), mientras los grupos oxidrilos y amidógenos sean asignados al mismo núcleo.

6.^a Las sustituciones operadas en los grupos NH^2 y OH anulan inmediatamente la propiedad de la combinación de funcionar como revelador, si no quedan en la molécula, por lo menos, dos de estos grupos intactos.

Por ejemplo, el siguiente cuerpo es un revelador:



7.^a Las sustituciones del hidrógeno en los CH del núcleo no parece influyan sobre las propiedades reveladoras del compuesto.

El Dr. Andresen, una autoridad en la materia, hizo otros experimentos, complemento de los hechos por los Sres. Lumière, y ha deducido algunas otras leyes, de las que son las siguientes las más importantes:

1.^a A la posición *meta* de los grupos OH y NH^2 no corresponden nunca propiedades reveladoras del compuesto.

2.^a La sustitución de un átomo de hidrógeno del grupo NH^2 no destruye siempre el poder desarrollador (esta ley no está en armonía con la 6.^a de Lumière).

3.^a Con la sustitución del hidrógeno del grupo NH^2 con residuos hidrocarburoados de la serie grasa se puede tener un aumento en el poder desarrollador.

4.^a Si en la cadena bencénica se tiene más de dos grupos OH y NH^2 , esto representa también un aumento en el poder desarrollador.

(1) La naftalina puede considerarse el resultado de la unión de dos núcleos bencénicos; á ésta corresponde la constitución siguiente:

5.^a Los grupos CO OH y SO²HO, en cambio, disminuyen la potencia reveladora.

6.^a La hidroxilamina, $\begin{array}{c} \text{NH}^2 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ y la hidracina ó diamina, $\begin{array}{c} \text{NH}^2 \\ | \\ \text{NH}^2 \end{array}$,

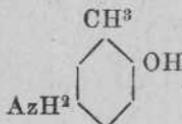
obran de desarrolladores porque pueden considerarse el resultado de la combinación de dos grupos activos sin la cadena aromática (').

7.^a La fenilhidroxilamina y la fenilhidracina no constituyen una excepción; estas son respectivamente derivados de la hidroxilamina y de la diamina y su poder revelador es una consecuencia de ello.

Otros estudios sobre la relación entre la constitución de las materias orgánicas aromáticas y su poder revelador han hecho König y Stachlin.

Según estos autores, la introducción de un grupo CH³ en un derivado del benceno, que ya posee la función reveladora, aumenta la energía reductora.

El máximo de energía reductora se obtiene cuando este grupo está en posición *orto* respecto á un hidroxil. El paramidoortocresol, por ejemplo,



es un revelador más enérgico que el paramidofenol.

Comparación del poder desarrollador de varios reveladores de análoga composición química.—El Dr. Andresen hizo también estudios muy interesantes comparando el poder desarrollador de algunos de los principales reveladores de análoga constitución química. Tomó la pirocatequina, la hidroquinona, el ortoamidofenol y el paramidofenol y preparó soluciones con sulfito de sosa y potasa, siempre en igual cantidad; de cada revelador tomó una cantidad correspondiente químicamente á 1 gr. de benceno, esto es, 1,4 gr. de hidroquinona y pirocatequina, 1,4 de ortoamidofenol y paramidofenol, 1,62 de pirogalol, etc. Hizo obrar cada una de estas soluciones sobre un exceso de bromuro de plata precipitado y lavado, y determinó la plata reducida formada por acción de los diversos reveladores, y encontró, además, que estos pesos de los diversos reveladores reducen los siguientes pesos de bromuro de plata:

(1) No parece, pues, que las propiedades reveladoras sean exclusivas de grupos orgánicos aromáticos, como supone la ley 1.^a de Lumière.

Pirocatequina	4,62	gramos.
Hidroquinona	10,46	—
Ortoamidofenol	1,74	—
Paramidofenol	9,36	—

Estos números representan, según el Dr. Andresen, el poder reductor relativo de los diversos desarrolladores, que llamaremos con más propiedad capacidad reductora. Cuando se hace obrar sobre una placa al gelatino-bromuro, impresionada, un baño de desarrollo preparado con ortoamidofenol, se obtiene una imagen detallada en las sombras como con cualquier buen revelador; pero con respecto á los blancos, el negativo resulta algo poco cubierto, esto es, muy débil; en cambio, el paramidofenol da una imagen intensa. Otro método, que algunos prefieren, para determinar el poder reductor de los varios reveladores es el de Reeb, que consiste en precipitar 1 gr. de nitrato de plata disuelto en 30 c. c. de agua el óxido de plata con la cantidad justa de sosa cáustica, lavar bien el precipitado y disolverlo en 50 c. c. de solución de sulfito de sosa cristalizado al 10 por 100. En esta solución se deja caer poco á poco una solución centinormal de revelador, hasta que filtrando el líquido, y añadiéndole algunas gotas de revelador no se observa enturbiamiento.

Las cifras dadas por Andresen demuestran que la cantidad de revelador á tomar, para tener una intensidad suficiente de la imagen en relación con las luces, debe estar en proporción con el poder reductor relativo del revelador mismo. Andresen comprobó que el poder reductor del ortoamidofenol sale á 5,9, añadiendo un grupo metilo (CH^3), lo que da el metilortoamidofenol.

Observaremos, sin embargo, que, además del poder reductor de cierto revelador, hay que tener en cuenta, también en la práctica, la opacidad de la plata reducida por los diversos reveladores, la cual varía de uno á otro. El paramidofenol, por ejemplo, que tiene un poder reductor poco inferior al de la hidroquinona, da siempre negativos con las luces, que, si bien cubiertas, como dice Andresen, son, sin embargo, sensiblemente menos opacas que las dadas por la hidroquinona.

La diferencia de opacidad de imagen dada por los diversos reveladores no está en relación con la energía de éstos, sino que depende de otras circunstancias, y precisamente: de la acción diversamente penetrante del revelador en los granos de gelatino-bromuro de plata; de la mayor ó menor fijación de los compuestos de oxidación del revelador en relación con la imagen; de la composición del depósito negro que constituye el negativo fotográfico (esta última causa pudiera tener relación con la antes considerada). Como demostró Lüppo Cramer, tal depósito no está formado nunca por plata pura. En efecto, los solventes de la plata, permanga-

nato ácido, persulfato, dejan en el negativo un residuo más ó menos notable, mientras que los baños que disuelven la plata y las sales de plata, como hiposulfito mixto de prusiato rojo, hacen desaparecer toda la imagen del negativo. Cuanto mayor es la proporción de plata en el depósito negro que constituye la imagen, tanto más opaca resultará la imagen misma.

Así es que en la preparación de los baños de desarrollo, además del poder reductor ó capacidad reductora, se debe tener en cuenta también la opacidad de imagen que tienden á dar.

De todos modos, los experimentos del Dr. Andresen antes citados no pueden tener un valor definitivo, porque las circunstancias en que ha operado son muy distintas de las que concurren en la práctica.

En la práctica se tiene el bromuro de plata madurado (en presencia de gelatina) que está en contacto con un exceso de revelador. En cambio Andresen adoptó, para los experimentos citados, el revelador en presencia de un exceso de bromuro de plata puro, no madurado. Así es que los resultados hallados, si bien interesantes, no pueden tener en la práctica sino un valor relativo.

En un baño de desarrollo, lo repetimos, deben tenerse siempre bien presentes las tres propiedades: capacidad reductora, rapidez de reducción y opacidad de la imagen obtenida en la reducción.

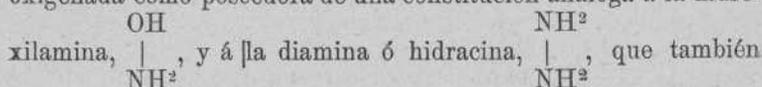
Estas tres propiedades dependen en parte, como vimos, del revelador; pero también en parte (especialmente la rapidez de reducción) del modo como fué compuesto el baño de desarrollo, como veremos mejor en los siguientes capítulos.

Otra cosa hay que tener en cuenta, y es que todos los productos de oxidación de los reveladores orgánicos que se forman ó por acción del oxígeno del aire ó á consecuencia de la acción desarrolladora ejercida, son colorados más ó menos intensamente de oscuro y ejercen una acción retardadora en el desarrollo de la imagen. Por este hecho, y por el otro de que el baño de desarrollo va cargándose de bromuro alcalino, muchos emplean un poco de baño viejo junto con el nuevo cuando se quiere atenuar la energía del desarrollo, si bien sea esto una costumbre que no aconsejamos demasiado.

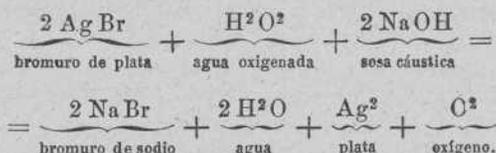
Empleo del agua oxigenada como desarrollador.—En 1889 (*Phot. Corr.*, núm. 5), el Dr. Andresen daba cuenta de algunos experimentos muy interesantes acerca de la posibilidad de desarrollar la imagen latente mediante agua oxigenada (H^2O^2). El Dr. Andresen atribuye la acción desarrolladora del agua oxigenada al hecho de poderse considerar la unión de dos oxidrilos, esto es:



Mientras en la hidroquinona los dos oxidrilos están unidos al grupo bencénico en posición opuesta (*para*), en el agua oxigenada lo están entre sí. El Dr. Andresen considera, justamente, el agua oxigenada como poseedora de una constitución análoga á la hidro-



gozan de propiedades desarrolladoras. Una solución de agua oxigenada al 3 por 100, conteniendo 5 por 100 de sosa cáustica y tres gotas de bromuro al 10 por 100, proporciona un buen baño de desarrollo que no da velo. Nosotros, sin embargo, hemos comprobado se obtiene también un buen desarrollo reduciendo el agua oxigenada á $\frac{1}{2}$ por 100 (determinada con análisis volumétrico con permanganato de potasio), y el álcali cáustico al 2 por 100. El peróxido de sodio ($\text{Na}^2 \text{O}^2$) se comporta como el agua oxigenada, porque hay que considerar que disolviéndose da lugar precisamente á la formación de dicha agua; se usará el peróxido de sodio en solución al 7 por 100 con algunas gotas de solución del bromuro. Creemos que la reacción que se produce con el agua oxigenada se puede expresar así:



En el desarrollo se produce oxígeno, que se nota bastante bien y que puede hacer levantar en burbujas la película, como hemos comprobado. El agua oxigenada, que es un enérgico oxidante por la tendencia de su oxígeno á desarrollarse combinado con otro oxígeno, obra de reductor también sobre otros cuerpos, además del bromuro de plata.

Otra propiedad interesante del agua oxigenada, descubierta también por Andresen, es que hecha obrar en solución débilmente ácida de ácido clorhídrico, sobre un negativo terminado, disuelve y elimina la gelatina sólo en los puntos donde se encuentra la plata de la imagen; así es que al final se obtiene un positivo de gelatina sola. Nosotros, sin embargo, hemos comprobado que tal experimento sale mejor empleando el agua oxigenada (1 á 2 por 100) acidificada con una pequeña cantidad de ácido sulfúrico y no clorhídrico.

Leyes referentes á las sustancias capaces de desarrollar sin álcalis.—Terminaremos estas generalidades sobre los reveladores orgánicos citando las conclusiones deducidas por los Sres. Lumiè-

re y Seyewetz en su estudio publicado en 1904 referente á los reveladores capaces de desarrollar la imagen latente sin adición de álcali.

1.^a Para que una sustancia pueda desarrollar la imagen latente sin adición de álcali, sino en presencia de sulfito alcalino solamente, basta que posea una sola función desarrolladora, uno de cuyos grupos sea un amidógeno. Este puede ser sustituido ó no mientras la sustitución no destruya el carácter básico del amidógeno. Es necesario, además, que la sustancia sea suficientemente soluble en el sulfito alcalino.

2.^a Si la sustancia sólo contiene una vez la función desarrolladora, ó bien si la contiene dos veces pero sin grupos amidógenos, la propiedad de desarrollar sin álcalis es demasiado débil, sobre todo en este último caso, para ser utilizada prácticamente.

3.^a El poder reductor se encuentra reforzado considerablemente en el caso que exista dos veces la función desarrolladora, si ésta contiene dos grupos amidógenos. El revelador puede ser usado en este caso, prácticamente, sin álcalis.

4.^a El poder reductor se encuentra, además, si bien en grado menor que en el caso precedente, si la función básica ó las funciones básicas del revelador son salificadas por los oxidrilos de un compuesto fenólico dotado de propiedades desarrolladoras. El revelador es utilizable también prácticamente, en tal caso, sin adición de álcali.

5.^a La salificación de las funciones básicas de un revelador por medio de los oxidrilos de un compuesto fenólico que no posea propiedades desarrollables, ó bien la salificación de un revelador de función fenólica con una amina aromática que no posea funciones reveladoras, no da, en ningún caso, compuestos capaces de desarrollar prácticamente sin álcali.

CAPÍTULO XXIV

SULFITO DE SOSA Y BISULFITOS

La acción reducente de los reveladores alcalinos sobre placas al gelatino-bromuro de plata no se observa sino en grado mínimo, ó nada, en líquidos ácidos ó neutros; sólo haciendo una solución mixta del revelador con un alcali ó una sal de reacción netamente alcalina se puede obtener el efecto.

En todos los baños de desarrollo, preparados con reveladores alcalinos, el uso del sulfito de sosa es bastante importante. Para algunos, especialmente el diamidofenol, la simple adición de sulfito (que es una sal de reacción alcalina) basta para dar al baño propiedades reveladoras enérgicas; otros requieren además del sulfito la presencia de carbonatos ó hidratos alcalinos, como veremos á continuación.

Fines de la presencia del sulfito en el baño de desarrollo.—El objeto principal del sulfito es impedir la rápida oxidación del baño por efecto del aire. Las soluciones de reveladores, tanto más si son alcalinas, absorben rápidamente el oxígeno del aire, y por efecto de tal oxidación pierden en energía y se coloran más ó menos en castaño. La adición de sulfito de sosa al baño atenúa bastante la acción oxidante del oxígeno del aire; el sulfito de sosa, como, en general, todos los sulfitos, estando dotado de enérgica acción reductora y capaz de oxidarse por efecto del oxígeno del aire, protege en forma considerable las soluciones de los reveladores de la acción del aire. El revelador disuelto en un medio reducente como es la solución de sulfito, sufre de manera bastante menor la acción oxidante del aire y se conserva por ello mucho mejor.

El uso del sulfito de sosa, además de un efecto diremos también preservador en las soluciones de reveladores orgánicos, lo tiene también, é importante, de ayudar la acción desarrolladora de los mismos reveladores, y ello se debe, según opinamos, á las siguientes razones:

1.^a Por su alcalinidad. En efecto; el sulfito, incluso purísimo cristalizado, ejerce en el papel tornasol una reacción netamente alcalina, y esta alcalinidad, que comunica á la solución del revelador, si bien no basta en la mayor parte de los casos para obtener un baño de desarrollo suficientemente enérgico, en cambio, aña-

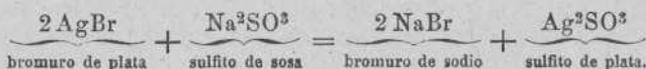
diéndola á la otra de las sustancias alcalinas presentes va á aumentar la alcalinidad del baño mismo.

2.^a Por su acción reductora. El sulfito de sosa es, dijimos, una sustancia dotada de propiedades reductoras bastante enérgicas. Tal acción reductora no llega al extremo de poder producir en grado notable, la descomposición del bromuro de plata, aun influenciado por la luz; pero debe admitirse, ciertamente, que tal acción reductora unida á la del revelador, vaya á aumentar el poder reductente del baño de desarrollo.

Este hecho, sobre el que llamamos la atención hace ya muchos años, fué confirmado en 1898 por el Dr. Andresen, el cual comprobó que el poder reductor (véase capítulos precedentes) de un revelador disminuye notablemente cuando se emplea en solución alcalina sin sulfito. Así, pues, el paramidofenol, para el cual fué dado como poder reductor relativo el número 9,36, empleado sin sulfito tendría un poder reductor 2,4. Se deduce de ello cuán grande es la ayuda que el sulfito da á la acción reductora del revelador.

Para ciertos reveladores (como la hidroquinona), se puede admitir, como hace el Dr. Bogische, que el sulfito tienda á restablecer, por el producto de oxidación, el compuesto primitivo (por la quinona, la hidroquinona).

3.^a Por su acción solvente sobre el bromuro de plata. Sábese, en efecto, que el sulfito de sosa ejerce sobre el bromuro de plata una acción solvente no despreciable. Una placa al gelatino-bromuro inmersa en una solución saturada de sulfito de sosa fija en algunas horas. Ahora bien; el hecho de que la sustancia sobre la que debe obrar el revelador orgánico, esto es, el bromuro de plata, tienda á disolverse en el baño, se comprende que debe tener influencia en la facilitación de la reducción misma. La acción solvente ejercida por el sulfito sobre el bromuro de plata no se debe considerar simple. Se trata, probablemente, de una doble descomposición, que se efectúa según la reacción abajo escrita, y á la que sucede la disolución



Esto es, se forma bromuro de sodio y sulfito de plata, el cual en presencia del exceso de sulfito de sosa, forma un sulfito doble de plata y de sodio que se disuelve.

Un hecho interesante, sobre el que llamó la atención en 1903 el Dr. Koenig: El sulfito de sosa, que por sí solo ejerce una acción solvente no despreciable sobre el bromuro de plata [y especialmente sobre el cloruro de plata, obra de solvente en grado bastan-

te menor si se mezcla con ciertas sales alcalinas y especialmente con cloruro de sodio.

Esta propiedad puede aprovecharse ventajosamente, entre otros fines, para disminuir la acción solvente de los baños de desarrollo de acción lenta, para los cuales el poder solvente del sulfito resultaría perjudicial á causa del tiempo relativamente largo que dura el desarrollo de la imagen.

Otra ventaja de la presencia del sulfito en los baños de desarrollo, según se deduce de los recientes experimentos del doctor Lüppo-Cramer, hay que encontrarla en la acción contraria que ejerce aquí sobre el poder curtiente que sobre la gelatina ejercen los productos de oxidación de los reveladores (el metol, el paramidofenol, la hidroquinona, etc.). Tal acción conciante dificultaría la penetración del revelador mismo, y con ello la obtención de imágenes de la necesaria opacidad.

La presencia del sulfito tiene también una influencia favorable sobre la tinta de la plata reducida que tiende más al gris ó al negro, en lugar del verdoso.

Las razones que hemos expuesto explican el por qué de la acción favorable ejercida por el sulfito de sosa en el desarrollo.

Sin embargo, si se usa en cantidad moderada, esta sal obra favorablemente y en cambio, un fuerte exceso puede resultar perjudicial. Y esto se debe, especialmente, al hecho de que cuando la acción solvente ejercida por el sulfito es relativamente notable, es eliminado un poco de bromuro de plata, antes de ser reducido; la reducción se efectúa después, no localmente, donde se encuentra la imagen, sino en toda la superficie, produciendo aquel inconveniente que se llama velo dicroico, del que hablamos más adelante. Además de la preponderante acción reducente del sulfito mientras retarda bastante la oxidación del revelador por obra del aire, haciendo el baño más conservable, dificulta no obstante la oxidación del revelador, á causa del bromo del bromuro de plata, y el desarrollo de la imagen resulta con ello perjudicialmente influenciado por un exceso demasiado fuerte de sulfito.

El efecto perjudicial sobre la intensidad de la imagen debido al empleo de un fuerte exceso de sulfito se observa mayormente con ciertos reductores que con otros; el diamidofenol, por ejemplo, en presencia de una gran cantidad de sulfito da imágenes enervadas, mientras que en presencia de una cantidad limitada de esta sal la imagen resulta más intensa.

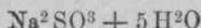
Otros reveladores, y entre éstos la hidroquinona, resienten menos la acción dañosa del sulfito empleado en fuerte exceso.

Por este hecho, y también porque la cantidad de sulfito á emplear está en relación con la mayor ó menor facilidad de alteración del revelador por el aire, no se puede establecer de una vez para siempre, la cantidad de sulfito que debe entrar en un litro de baño

desarrollador. Puede variar, en general, de 30 á 100 gr. de sal cristalizada por litro de baño. En los baños preparados con álcali cáustico, que tienen, como veremos, mayor tendencia á oxidarse, la cantidad de sulfito debe ser mayor.

Propiedades químicas del sulfito de sosa.—Y ahora hablemos un poco de la propiedades intrínsecas del sulfito de sosa. El sulfito de sosa es una sustancia blanca, que puede presentarse en forma de cristales gruesos ó pequeños, ó de polvo seco, fácilmente soluble en el agua; los sulfitos se reconocen fácilmente por el hecho de que, tratando ya sea la sal sólida ó su solución saturada con algunas gotas de ácido clorhídrico ó sulfúrico, dan efervescencia, porque se desarrolla un gas, el anhídrido sulfuroso, muy conocido por su olor molesto, siendo el mismo que se desarrolla en la combustión del azufre. La manera corriente de obtener industrialmente el sulfito de sosa, consiste en hacer chapotear en una solución saturada de carbonato de sosa una corriente de gas anhídrido sulfuroso (que se obtiene ya sea por combustión del azufre, y más generalmente por combustión de las piritas que son sulfuro de hierro). Se forma así sulfito de sosa, mientras que se desarrolla gas ácido carbónico; haciendo evaporar después la solución, se obtiene el sulfito cristalizado.

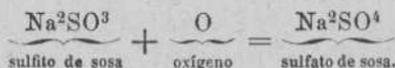
El sulfito de sosa cristalizado tiene la fórmula química



esto es, contiene una cantidad notable de agua de cristalización, y precisamente el 50 por 100 exacto. Sometiendo el sulfito cristalizado á la acción del calor, se elimina el agua y se obtiene el sulfito seco ó anhidro; pero haciendo este calentamiento en contacto con el aire, sólo una cierta cantidad de sulfito es oxidada y transformada en sulfato, y por ello el sulfito seco que así se obtiene, resulta menos puro. Con precauciones especiales se puede obtener sulfito de sosa anhidro suficientemente puro.

El sulfito de sosa es una sustancia que conviene conservar en recipientes bien llenos y tapados, porque en contacto con el aire renovándose éste, se altera, oxidándose por causa del oxígeno del aire mismo.

La reacción que se efectúa es la siguiente:



El sulfito de sosa que contiene una cantidad un poco notable de sulfato de sosa (más del 10 por 100), no sólo no conviene por-

que contiene una cantidad menor de materia útil para nuestro objeto, sino que su empleo puede resultar perjudicial en los baños de desarrollo, á causa de que el sulfato de sosa, en notable cantidad, puede obrar de retardador y entorpecer la buena marcha del desarrollo.

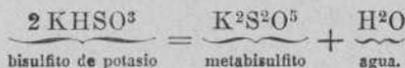
Usando el sulfito de sosa anhidro puro se empleará una mitad en proporción al sulfito cristalizado.

La solución de sulfito de sosa hecha en agua exenta de aire por medio de la ebullición, y conservada en botellas bien llenas y tapadas, se conserva mucho tiempo inalterada; 100 partes de agua á 15° pueden disolver hasta 25 partes de sulfito de sosa cristalizado y la mitad de anhidro.

Y ya que hablamos de los sulfitos, diremos algo también de los metabisulfitos, pues si bien estos últimos cuerpos no sirven, en general, en los baños de desarrollo, sino previa transformación en sulfitos, las varias circunstancias que en ellos concurren, y de las que nos ocuparemos, son comunes á las dos categorías de cuerpos.

El metabisulfito de potasio.—De las combinaciones del ácido sulfuroso con la sosa, el sulfito neutro cristalizado es el que se prefiere para los baños de desarrollo; de las combinaciones potásicas se prefiere, en cambio, el metabisulfito de potasio, llamado también pirobisulfito de potasio, porque es la única combinación que puede tenerse cristalizada y en consecuencia de mayor pureza.

El metabisulfito de potasio tiene la fórmula $K^2S^2O^5$ y corresponde á un sulfito ácido de potasio. En efecto, puede considerarse derivado del bisulfito de potasio por eliminación de agua.



Siendo el metabisulfito una sal ácida, cuando se emplea en los baños de desarrollo en lugar del sulfito de sosa, se deberá aumentar la alcalinidad de los baños mismos. El metabisulfito, en sustitución del sulfito de sodio, conviene especialmente para la preparación de los baños de desarrollo concentrados.

Hace algunos años, la Casa Farbenfabrik Bayer, de Elberfeld, introdujo en el mercado, con el nombre de sulfito de acetona, una combinación de sulfito de sosa y acetona ($\text{CO}(\text{CH}_3)^2 \cdot 2 \text{Na}^2 \text{SO}^3$) que parecía deber presentar ventajas sobre el sulfito de sosa. Pero no puede decirse presente ventaja decisiva alguna sobre el sulfito de sosa, costando, en cambio, bastante más, y su uso está hoy olvidado.

Referente á los sulfitos y bisulfitos, sus análisis y alteraciones en estado sólido y en solución, medios para aumentar la conservación de las soluciones, etc., publicamos en diferentes ocasiones varios estudios, que reproduciremos en sucesivos capítulos.

Estudio del sulfito. Alteraciones en estado sólido y disuelto.—

Para el análisis de los sulfitos y bisulfitos, el mejor método consiste en añadir á la solución 1 por 100 aproximadamente, neutralizada si es ácida (como en el caso de los bisulfitos), un exceso de solución titulada de yodo, determinando el exceso de yodo con otra solución titulada de hiposulfito.

El sulfito de sosa cristalizado no se encuentra nunca en estado absolutamente puro. El mejor sulfito de sosa examinado por nosotros contenía 95 á 96 por 100 de sulfito cristalizado propiamente dicho. Indudablemente que, apenas fabricado, se podrá tener sulfito todavía más puro; pero nosotros no le hemos podido encontrar. No son poco corrientes los sulfitos que contienen 60 á 70 por 100; en algún caso extraño encontramos hasta 30 por 100 de sulfito.

Pero en tales casos se trataba de sulfito mal preparado, que contenía un notable exceso de carbonato de sosa.

El sulfito de sosa anhidro es á veces todavía menos puro que el cristalizado; esto se debe atribuir á la oxidación que experimenta en los tratamientos á que se somete el sulfito cristalizado para deshidratarlo.

Hemos analizado muchas muestras de sulfito de sosa anhidro, incluso de las mejores fábricas, encontrando tipos de sulfito propiamente dicho variables de 55 á 90 por 100. Es probable que, además de en su fabricación, esté sujeto también el sulfito de sosa anhidro, en la conservación, á una oxidación mayor que el sulfito cristalizado.

Esto, según opinamos, obedece á dos razones: en primer lugar al grado de subdivisión mucho mayor en que se encuentra, que permite mayor contacto con el aire, y en segundo, por su tendencia á absorber agua, hidratándose. En la hidratación, como se desarrolla calor, éste puede facilitar la oxidación.

Dada la gran importancia que tiene el sulfito sobre la conservación y comportamiento de los baños de desarrollo, se comprende cuán útil resulta el asegurarse de su calidad. El sulfito conviene conservarlo siempre en recipientes de vidrio llenos y tapados.

Creemos que, en general, es conveniente dar la preferencia al sulfito cristalizado, aunque no fuera más que por el hecho de que su calidad es más fácilmente inspeccionable, sólo con examen exterior. Debe presentarse en forma de cristales relucientes, transparentes, poco desflorecidos. Pero muchos prefieren el sulfito anhidro (en los establecimientos de películas, por ejemplo) por la gran comodidad que ofrece en polvo.

Si bien se considera en general que el sulfito cristalizado, cuando se presenta muy desmenuzado, se oxida mucho, esto no ocurre siempre.

A veces, con la prolongada conservación en locales caldeados

y secos, como pueden tenerse en invierno, el sulfito, conservado en saquitos de papel, puede desflorecer de manera bastante rápida, sufriendo á la vez una oxidación muy limitada. En un experimento que hicimos con un producto cristalizado conteniendo 47 por 100 de sulfito de sosa efectivo, después de diez meses de conservación en las condiciones citadas, aun apareciendo fuertemente desflorecido, contenía 35 por 100 de sulfito de sosa efectivo. La desfloración era, según eso, debida sustancialmente á deshidratación.

Un medio muy sencillo, que aconsejamos, para conservar el sulfito en vasos semillenos, consiste en eliminar el aire del vaso mediante una corriente de gas de alumbrado que se hace llegar durante un instante con un tubo en el fondo del vaso mismo, tapando después el vaso en seguida.

La solución de sulfito conservada en cubetas, vasos ó frascos no completamente llenos se conserva todavía peor que el sulfito sólido. Por ejemplo, una solución de sulfito de sosa al 5 por 100, puesta en un frasco semilleno y abierto, durante cinco días, parece contiene sólo la mitad de sulfito.

Los Sres. Lumière y Seyewetz, siguiendo el curso de nuestros estudios, examinaron también la alterabilidad del sulfito de sosa. Confirmaron asimismo la gran alterabilidad de las soluciones del sulfito de sosa al aire; resulta de su estudio que las soluciones concentradas se alteran mucho menos que las diluídas, lo que es natural siendo la superficie del líquido la que sufre la acción del aire.

En cuanto al sulfito anhidro expuesto al aire, observaron que la alteración se produce especialmente en el aire húmedo, lo que confirma nuestra hipótesis de la influencia del fenómeno de hidratación.

Si se quiere conservar una solución de sulfito, es necesario prepararla con agua hervida recientemente y enfriada y tenerla en frascos llenos y tapados.

Conservabilidad del metabisulfito de potasio.—Su neutralización.—El metabisulfito de potasio es bastante más estable que el sulfito de sosa. En efecto; teóricamente este compuesto debería contener 57 por 100, aproximadamente, de ácido sulfuroso (SO^2), que es la materia activa; nosotros encontramos, después de haber conservado esta sal durante dos años en un vaso á medio llenar, que contenía todavía 55,3 por 100 de SO^2 . Determinando después la cantidad de ácido sulfúrico (SO^3) encontramos sólo 0,36 por 100, lo que demuestra que el SO^2 que faltaba no estaba oxidado sino en cantidad mínima, transformándose en SO^3 . La mayor parte se había evaporado. En efecto, el metabisulfito de potasio deja sentir un marcado olor á ácido sulfuroso. Nosotros explicamos la extraordinaria conservabilidad de este producto admitiendo precisamen-

te que la pequeña cantidad de ácido sulfuroso que se libra se condensa como los cristales, eliminando el aire.

El metabisulfito en solución se altera asimismo bastante menos que el sulfito; también aquí hay que buscar la menor alteración, probablemente, en el débil desarrollo de ácido sulfuroso que sus trae la superficie líquida á la acción del aire.

Teniendo en cuenta la pureza del metabisulfito y su excelente conservabilidad, parecería natural recomendar este cuerpo, con preferencia al sulfito de sosa, para la preparación de los baños de desarrollo, además de que el precio, comparado al del ácido sulfuroso contenido, es poco superior. El peso de metabisulfito para sustituir cierto peso de sulfito de sosa cristalizado es de $\frac{1}{3}$ aproximadamente.

El único obstáculo es la acidez del metabisulfito, que obliga á añadir á la solución cierta cantidad de sosa ó potasa cáustica para neutralizarla. Químicamente se deduce que de cada 100 partes de metabisulfito se deberán añadir 36 de sosa cáustica, ó bien 50 de potasa cáustica, mientras se trate de productos puros.

El bisulfito de sosa sólido y líquido. — El bisulfito de sosa (NaHSO_3) es mucho más difícil de obtenerlo puro y es mucho más alterable que el metabisulfito de potasio. Esto se debe, probablemente, á que el ácido sulfuroso en exceso está unido en este cuerpo bastante menos establemente que en el metabisulfito.

En 1905 llamábamos ya la atención sobre un bisulfito económico y relativamente bastante puro que se vende para fines industriales varios.

Este es el bisulfito de sosa líquido que se encuentra en el comercio á concentraciones de 28 á 36° Beaumé.

Esta solución concentrada de bisulfito de sosa en frascos llenos ó semillenos, si bien tapades, se conserva perfectamente.

Damos á continuación la composición de un bisulfito de sosa líquido, comercial, á 32° B, según nuestro análisis:

Sulfito de sosa	23,0 por 100
Acido sulfuroso libre	10,0 —
Sulfato de sosa	0,7 —

En todos los análisis efectuados, la cantidad de ácido sulfuroso libre fué siempre encontrada inferior á la que correspondería al bisulfito; pero esto no tiene importancia.

El bisulfito de sosa líquido neutralizado con sosa cáustica, da soluciones de sulfito de sosa de excelente calidad.

En los establecimientos donde se emplean grandes cantidades de baños de desarrollo (impresión rotativa al bromuro, desarrollo de films cinematográficos) la adopción del bisulfito de sosa líquido

neutralizado con sosa cáustica ofrecería una garantía de calidad á la vez que representaría un ahorro no del todo despreciable.

Alteraciones del sulfito en presencia de las sustancias empleadas en los baños de desarrollo.—Sobre los medios con que se puede obtener una buena conservación de las soluciones de sulfito han hecho estudios los Sres. Lumière y Seyewetz.

Comprobaron estos señores que la conservación de las soluciones de sulfito de sosa se aumenta notablemente cuando se le añade una cantidad, aun siendo pequeña, de revelador: hidroquinona, metol y diamidofenol.

Nuestras investigaciones nos han demostrado que la adición de una pequeñísima cantidad de revelador no llena este objeto sino bastante incompletamente; y, en cambio, es notable el efecto de los reveladores cuando se encuentran presentes en la cantidad que se usa en la preparación de baños de desarrollo.

Pero quisimos hacer un estudio metódico y completo, del que dimos cuenta en el Congreso de Química aplicada de Londres, 1909.

En este estudio consideramos también separadamente la influencia que en la conservación del sulfito disuelto ejercen las varias adiciones que se hacen en los baños de desarrollo, esto es, álcalis cáusticos, carbonatos alcalinos y bisulfitos.

Reproduciremos en este lugar completamente esta Memoria, porque creemos puede interesar á cuantos cultivan la fotografía, teniendo siempre presente la importancia que representa el evitar alteraciones de los baños de desarrollo, si se desea obtener los mejores resultados.

«Una solución de sulfito cristalizado al 5 por 100 fué adicionada como sigue:

1. Sosa cáustica	1 por 100
2. Carbonato de soda	3 por 100
3. Metabisulfito de potasio.	1 por 100.

Se obtuvieron de esta forma cuatro soluciones; cada una de ellas fué dividida en dos partes iguales; una de las mitades fué dejada como estaba y á la otra se la añadió 1 por 100 de hidroquinona. La conservación se hizo en tubos descubiertos, iguales todos, de unos 8 cm. de diámetro y conteniendo cada uno 100 c. c. de líquido. He aquí los resultados de los análisis químicos efectuados:

Conservación de la solución de sulfito de sosa sola y en presencia de las varias sustancias indicadas en la tabla siguiente:

TANTO POR CIENTO EN ANHIDRIDO SULFUROSO (SO ²).					
En el momento de la preparación.	Un día después.	Dos días después.	Tres días después.	Seis días después.	
Solución simple de sulfito de sosa cristalizado al 5 por 100 (A)	1,22	0,94	0,70	0,48	0,26
Adicionada de 1 por 100 de sosa cáustica (B)	»	0,98	0,76	0,58	0,42
Idem de 3 por 100 de carbonato de sosa (C)	»	0,95	0,65	0,40	0,23
Idem de 1 por 100 de metabisulfito de potasio (D)	1,78	1,24	0,98	0,76	0,54
Como:					
A con 1 por 100 de hidroquinona (E).	1,22	1,16	1,10	1,04	0,58
B — — — — — (F).	»	0,80 amarilla	0,54 amarilla intensa	0,56 amarilla oscura	0,02 muy oscura
C — — — — — (G).	»	1,12	1,06	0,98	0,42
D — — — — — (H).	1,78	1,74	1,72	1,08	0,96

La cantidad de anhídrido sulfuroso que está contenida en la solución en el momento de la preparación corresponde casi á la teórica para una solución de sulfito cristalizado al 5 por 100 adicionada de 1 por 100 de metabisulfito. Teóricamente, para productos absolutamente puros se debería tener, en la solución al 5 por 100 de sulfito de sosa cristalizado, 1,27 por 100 de anhídrido sulfuroso, y en la solución al 5 por 100 de sulfito de sosa, adicionada de 1 por 100 de metabisulfito de potasio, 1,85 de anhídrido sulfuroso.

Los resultados de la tabla presentada anteriormente son la media de numerosos análisis, y las deducciones presentan también la máxima atendibilidad. He aquí las conclusiones más importantes que se deducen:

1.^a La adición de álcali cáustico á la solución simple de sulfito no retarda la oxidación, mientras que la adición de carbonato alcalino parece tender á hacerla un poco más rápida.

2.^a La adición de una pequeña cantidad de bisulfito (por lo menos en la conservación de la solución al aire libre) no presenta ventaja sensible.

3.^a En presencia de revelador, y más aún tratándose del revelador hidroquinona, la alteración del sulfito aumenta bastante en el baño conteniendo álcali cáustico, mientras que disminuye considerablemente en todos los otros. En cambio, pues, la acción recíproca del sulfito y del revelador tiende, como se verá mejor á continuación, á disminuir la oxidabilidad de la solución; este hecho no se

verifica, en cambio, en presencia de álcali cáustico. Y ello no hay que atribuirlo, en lo más mínimo, á la acción del álcali sobre el sulfito, pues también por sí misma la solución de sulfito, en presencia de álcali cáustico, tiende más bien á ganar en estabilidad, como hemos visto.

Me pareció también importante examinar cómo se comportan los diversos reveladores, y para hacer un trabajo completo hubiera tenido que repetir comparativamente las pruebas hechas para la hidroquinona con respecto á todos los otros reveladores. Pero me limité á hacer estudios comparativos sobre soluciones de diversos reveladores en presencia de sulfito y carbonato, que son las sustancias que más comúnmente entran en los baños reveladores.

Comparación de conservación de las soluciones alcalinas de sulfito de sosa en presencia de los diversos reveladores.

	TANTO POR CIENTO EN ANHIDRIDO SULFUROSO (SO ²).				Observaciones.
	En el momento de la preparación.	Un día después.	Dos días después.	Cuatro días después.	
Solución de sulfito de sosa cristalizado al 5 por 100 y carbonato de sosa al 3 por 100.	1,29	1,04	0,65	0,55	"
Idem con 0,5 por 100 de hidroquinona.	1,35	1,20	1,19	1,00	La solución de hidroquinona, después de cuatro días, se presenta fuertemente coloreada de amarillo.
Idem con 0,5 por 100 de metol.	1,32	1,31	1,31	1,19	"
Idem con 0,5 por 100 de glicina.	1,33	1,33	1,32	1,22	La solución de hidroquinona y metol, después de cuatro días, se presenta muy amarilla.
Idem con 0,5 por 100 de hidroquinona, más 0,05 por 100 de metol.	1,32	1,20	1,20	1,07	Las otras soluciones aparecen incoloras

De estos resultados se deduce que, de los diversos reveladores, el metol y la glicina tienen el máximo efecto útil en lo que á preservar el baño de la oxidación se refiere; puede decirse que á la oxidación del revelador, por obra del aire, sigue la del sulfito. Las dos sustancias, sulfito y revelador, se influncian en cada caso; en ausencia de una la alteración de la otra es bastante más rápida (exceptuando, sin embargo, el caso en que esté presente el álcali cáustico considerado en la primera parte de esta memoria).

Esta acción preservadora es independiente de la energía reduc-

tora del revelador; la glicina, el más lento de los reveladores, y el metol, el más rápido, obran casi de la misma manera; la hidroquinona, mucho menos enérgica que el metol, obra como preservativo, también menos eficazmente que el metol, respecto al sulfito, y diríase que en los baños de hidroquinona la acción oxidante del aire se deja sentir bastante más sobre el revelador que sobre el sulfito, porque cuando el revelador se ha oxidado en gran parte, mostrándose el líquido fuertemente colorado (y también castaño oscuro), se tiene todavía una notable cantidad de sulfito.

Esta circunstancia de la precedencia de oxidación del revelador sobre el sulfito se observa todavía más en el baño de desarrollo al diamidofenol. Las pruebas que damos á continuación lo demuestran:

Conservación de la solución de sulfito de sosa en presencia de diamidofenol

	TANTO POR CIENTO EN ANHIDRIDO SULFUROSO (SO ²)			Observaciones.
	Solución acabada de preparar.	Un día después.	Seis días después.	
Solución de sulfito de sosa al 5 por 100, más 0,5 por 100 de diamidofenol.	1,53	1,14	0,90	Después de tres días es bastante oscura. Tres días después es amarilla. Tres días después es amarilla, pero bastante menos que la con ácido bórico.
Idem con 5 por 100 de ácido bórico.	1,27	1,20	1,05	
Idem con 5 por 100 de ácido bórico y 1 por 100 de metabisulfito de potasio.	1,97	1,91	1,78	

Traslado al lector á otra memoria mía sobre la influencia del ácido bórico en el baño de desarrollo al diamidofenol respecto á las observaciones que se refieren á la utilidad de la adición de ácido bórico al baño de diamidofenol. Pero resulta evidente que cuando está presente todavía 2/3, ó más, del sulfito, el diamidofenol es oxidado totalmente hasta hacer inservible el baño.

Además de los reveladores que he mencionado, he experimentado también el pirogalol; en cuanto á éste, he de hacer constar que los estudios analíticos son más largos y difíciles porque, á causa del fuerte ennegrecimiento de la solución, y también de la acción bastante notable que el pirogalol ejerce sobre el yodo, no es posible la titulación directa del sulfito en la solución reveladora mediante la solución titulada de yodo. Es preciso hacer evaporar el anhídrido sulfuroso con un ácido, con las debidas precauciones, para evitar la oxidación y recogerlo en solución titulada de yodo, en la cual se determina después el exceso mediante solución titulada de hiposulfito. De algunos cálculos hechos parece ser,

además, que la oxidación del pirogalol en presencia de sulfito y del carbonato alcalino, si bien rapidísima, se conserva algún tiempo. En efecto; un ensayo comparativo (tomando como término de comparación un baño revelador al metol) ha dado los siguientes resultados:

Conservación del sulfito de sosa en presencia de pirogalol.—Tenor en anhídrido sulfuroso después de dos días de conservación.

(Determinaciones por desarrollo).

Sulfito de sosa al 5 por 100	}	1,15 por 100 (solución incolora).
Idem con 3 por 100 de carbonato de sosa y 0,5 por 100 de metol . .		

Sulfito de sosa al 5 por 100	}	0,26 por 100 (solución negra).
Idem con 3 por 100 de carbonato de sosa y 0,5 por 100 de pirogalol . .		

Así, pues, en presencia de pirogalol y de carbonato alcalino, la oxidación del sulfito aparece notablemente más rápida, no sólo respecto al baño con metol, sino también respecto á la solución simple ó con carbonato solamente.

En resumen; en lo que respecta á la acción sobre el sulfito, los reveladores orgánicos podrían dividirse en tres categorías:

1.^a Reveladores que (en diverso grado) retardan bastante la oxidación del sulfito y no se oxidan al aire sino cuando la cantidad de sulfito es disminuída bastante. Tales son el metol, la glicina y (si bien en grado notablemente menor) la hidroquinona. Estos reveladores dan los baños más conservables.

2.^a Reveladores que, aun retardando la oxidación del sulfito, se oxidan al aire bastante antes que el sulfito. Tal es el diamidofenol, que precisamente por esta propiedad no puede conservarse sino muy poco tiempo en solución lista para el uso.

3.^a Reveladores que aumentan la oxidabilidad al aire del sulfito de sosa, sufriendo también en presencia de álcali y sulfito una oxidación menos rápida que en presencia de álcali solamente. El pirogalol.

Este comportamiento diverso de los varios reveladores con respecto al sulfito podría conducir á consideraciones importantes acerca del comportamiento de las soluciones reveladoras con respecto al bromuro de plata. Esto es; pudiera considerarse que cuando un baño de desarrollo dado, obra de reductor sobre el bromuro de plata, el sulfito toma una parte activa en el fenómeno de reducción ó permanece casi indiferente, según el revelador que entra. De todos modos, sólo un estudio directo, que espero poder

hacer seguidamente, podrá ofrecer conclusiones atendibles y forzosamente de notable interés para la práctica.»

Antes de dejar el argumento de los sulfitos añadiremos que, según los Sres. Lumière y Seyewetz, se pueden obtener para algunos reveladores combinaciones de la base reveladora sobre el ácido sulfuroso que hacen inútil el empleo de sulfitos en los baños.

Sin embargo, no sabemos que tales compuestos hayan sido puestos á la venta en el comercio, y, de todos modos, puede dudarse que la cantidad de ácido sulfuroso que puede ser combinada en el revelador dé, por disolución en líquido alcalino, una cantidad de ácido sulfuroso que pueda ser combinada en el baño de desarrollo.

CAPÍTULO XXV

LOS ÁLCALIS Y LAS SALES ALCALINAS EN EL DESARROLLO. SUSTITUTOS DE LOS ÁLCALIS

En lenguaje químico, se indica con el nombre de álcali, propiamente dicho, los óxidos hidratados de potasio y de sodio, y también el amoníaco. La potasa y la sosa se distinguen con el nombre de álcalis fijos, y también álcalis cáusticos, porque son sustancias sólidas no volátiles, dotadas de enérgica acción cáustica sobre la piel; mientras que el amoníaco se llama álcali volátil porque es un gas á la temperatura ordinaria; el llamado amoníaco comercial es una solución acuosa del gas.

Todos los álcalis (si son puros) se distinguen por las siguientes propiedades:

- 1.^a Son excesivamente solubles en el agua.
- 2.^a Se combinan con todos los ácidos, con desarrollo bastante notable de calor, dando, en general, sales fácilmente solubles, sin desarrollo alguno gaseoso. La combinación de un álcali con un ácido da siempre una sal alcalina y agua.

3.^a Devuelven al papel atornasolado (papel colorado con tintura de tornasol), que los ácidos han enrojecido, el primitivo color azul.

Esta última propiedad la poseen también, verdaderamente, los carbonatos alcalinos, los basis, en general, y muchas sales. Sin embargo, unida á las otras dos, esto es, á la fácil solubilidad y á la propiedad de combinarse con los ácidos sin desarrollo alguno gaseoso, y con notable desarrollo de calor, puede bastar para caracterizar un álcali. El amoníaco se distingue, pues, fácilmente de los otros dos por su olor molesto é irritante; y en cuanto á la sosa y la potasa, se distinguen también con facilidad entre sí, porque comunican á la llama azulada de un mechero Bunsen (ó de una lámpara de alcohol) un color distinto. La sosa y todas sus sales comunican un color amarillo marcado; la potasa y sus sales, un color violeta.

A los álcalis propiamente dichos se les acerca, por sus propiedades, el óxido de litio, que también se usa alguna que otra vez en fotografía.

Los carbonatos alcalinos, esto es, las combinaciones de los álcalis con el ácido carbónico, gozan de propiedades químicas análo-

gas á las de los álcalis, si bien mucho más atenuadas. A ello se debe que, en gran número de reacciones químicas, y también en la preparación de baños de desarrollo, los carbonatos alcalinos puedan sustituir á los álcalis. Y á ellos también se les da muchas veces el nombre de álcalis, si bien no lo son propiamente. Los carbonatos alcalinos se distinguen por la efervescencia que dan tratados con un ácido cualquiera.

Es conveniente hacer observar ya, desde ahora, que el empleo de la sosa cáustica en los baños de desarrollo es, en general, poco aconsejable, ya sea por la acción cáustica que tales baños ejercen sobre el cutis, ó por el hecho de producir una alteración demasiado grande en la película de gelatina, que tiende por ello á dilatarse y levantarse fácilmente, ó bien porque una exagerada energía en los baños de desarrollo es, por lo general, perjudicial, por el hecho de que la acción reductora ejercida por el baño, en vez de limitarse á los puntos que han sufrido la acción de la luz, se extiende, si bien en grado menor y distinto con los diversos reveladores, á toda la superficie de la placa. Se acostumbra, pues, por lo general, á dar la preferencia á los carbonatos alcalinos y precisamente á los carbonatos de sosa y de potasa.

Hay que tener en cuenta, además, que cuanto más enérgicamente obra un desarrollo en la reducción del bromuro de plata, tanta mayor tendencia tiene también á combinarse con el oxígeno del aire y á alterarse, por lo tanto, al aire. Muchos baños de desarrollo, preparados con álcalis cáusticos y dotados por ello de extraordinaria energía, se alteran fuertemente por efecto del aire en el espacio de tiempo que permanecen en la cubeta en que se opera el desarrollo, y, además de una notable pérdida de energía, toman una coloración oscura que se transmite á la gelatina de la placa y perjudica bastante la claridad de la imagen.

Un baño de desarrollo, para ser recomendable, debe conservarse casi incoloro ó poco colorado durante el tiempo necesario para desarrollar una placa. Empleando en los baños de desarrollo una dosis importante de sulfito, la coloración del baño, por efecto del aire, es, en general, retardada más ó menos; pero, por las razones expuestas en el precedente capítulo, la cantidad de sulfito no conviene exceda de un cierto límite, como asimismo, cuando un baño muestra demasiada tendencia á colorarse al aire, oxidándose, puede ser mucho más racional, á la vez que aumentar la cantidad del preservador, esto es, de sulfito, disminuir la cantidad de álcali ó sustituir un álcali por otro menos enérgico.

Y al llegar á este punto, resulta de nuevo oportuno decir que, en lo que respecta á la energía que dan á los baños de desarrollo, así como por la energía que despiden en las reacciones químicas, pueden, en general, los álcalis fijos ser colocados en el orden siguiente: Potasa cáustica, sosa cáustica, carbonato de potasa, carbo-

nato de sosa. El amoníaco comunica, en general, una energía intermedia entre la de los álcalis cáusticos y la de los carbonatos alcalinos.

Y también conviene repetir que, cuando se comparan dos cuerpos, sean ácidos ó básicos, dos sales, ó también dos elementos químicos, para establecer en qué proporción gozan de cierta propiedad, es necesario que la comparación se haga no tomando pesos iguales de los diversos cuerpos, sino pesos equivalentes entre ellos. Nos explicaremos mejor con un ejemplo: Supongamos tener cierto peso de un ácido, ácido sulfúrico, por ejemplo, y quererlo transformar todo en sal alcalina, esto es, en sulfato de potasa, sosa, amoníaco ó de litio. Para producir tal reacción basta añadir al ácido un álcali ó un carbonato alcalino; si tal adición se hace poco á poco, cesando apenas con un papel de tornasol azul no se advierte ya la presencia de ácido, se observa que las cantidades de los diversos álcalis ó carbonatos que es necesario emplear son bien distintas. Así, pues, para neutralizar un peso 49 de ácido sulfúrico son necesarios, respectivamente, los siguientes pesos de las diversas sustancias:

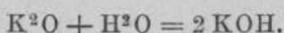
Potasa cáustica	56 gramos.
Sosa cáustica	40 —
Carbonato de potasa	69 —
Carbonato de sosa seco	53 —
Amoníaco (gas)	17 —
Litina cáustica	24 —

Estas cantidades 56, 40, 69, 53, 17, 24 de los diversos álcalis y carbonatos alcalinos, son las equivalentes en todas las reacciones químicas, y en esta relación deben estar las cantidades de los citados compuestos que se emplean en el desarrollo (además de otras condiciones) si se quiere establecer una comparación de energía en la acción reductora que determinado revelador ejerce en presencia de los diversos álcalis y carbonatos alcalinos. Y así mismo, si se quiere sustituir en determinada fórmula de baño de desarrollo un álcali por otro, con objeto de aumentar ó disminuir la acción reductora, se tendrá en cuenta las cantidades equivalentes y no se hará la sustitución al azar. Si la sustitución se hiciera con pesos iguales, podría ocurrir que, aun empleando un álcali más enérgico, se tuviera una disminución de energía en el baño de desarrollo.

Pero cuando un carbonato alcalino se sustituye por un álcali cáustico, la cantidad de éste á emplear para mantener al baño la misma energía debe ser mucho menor.

Potasa cáustica y carbonato de potasa.—Con el nombre de potasa cáustica se indica el óxido hidrato de potasio, fórmula KOH;

esta sustancia puede considerarse derivada de la combinación del óxido de potasa (K^2O) con una molécula de agua:



La potasa cáustica es la más enérgica de todas las bases, y da por ello los baños de desarrollo más enérgicos. Se presenta en pedazos, es excesivamente soluble en el agua (100 partes de agua disuelven 200 de potasa cáustica) y tiene una acción cáustica enérgica sobre la piel. Por la tendencia que tiene á disolverse en el agua, si no se conserva en vasos completamente tapados, atrae la humedad del aire y se vuelve líquida. Junto con el vapor de agua se apropia también el gas ácido carbónico del aire y se transforma con ello, parcialmente, en carbonato, perdiendo la energía. De aquí la necesidad de conservarla en envases herméticamente cerrados.

El carbonato de potasa, que tiene la fórmula química K^2CO^3 , es un polvo blanco bastante soluble en el agua (100 partes de agua disuelven, á la temperatura ordinaria, 90 partes, aproximadamente, de carbonato de potasa), y es también un cuerpo muy delicuescente al aire.

Introducido en los baños de desarrollo les da una notable energía, si bien menor que la que se obtiene empleando la potasa cáustica.

El carbonato de potasa se obtiene industrialmente, ya sea de las cenizas de las plantas terrestres, ó bien, y esta es la fuente mayor de todas las sales de potasio, de ciertos depósitos salinos naturales dejados por las aguas. Las sales de potasio contenidas en estos depósitos (sulfato y cloruro, especialmente) son trabajadas y transformadas.

El carbonato de potasa, por la manera como se obtiene y por el hecho de no ser susceptible de cristalizarse, puede contener impurezas muy perjudiciales para el desarrollo, como hemos comprobado. Así es que nunca es posible, como con el carbonato de sosa, utilizar el producto comercial para el desarrollo, sino sólo siendo puro químicamente.

Se usará el carbonato de potasa en los baños de desarrollo, en lugar del carbonato de sosa, especialmente en todos aquellos casos que se deseen baños concentrados á diluir para el uso, porque la solubilidad mucho mayor del carbonato de potasa con respecto al de sosa, permite tener una considerable cantidad de este cuerpo en pequeño volumen líquido.

El carbonato de potasa, como también el carbonato de sosa, son cuerpos absolutamente inalterables, ya sea en estado sólido ó en solución.

Sosa cáustica y carbonato de sosa.—Estos dos cuerpos, por su composición química, son perfectamente similares, respectivamente, á la potasa cáustica y al carbonato de potasa, y también el comportamiento químico es análogo, si bien, como ya dijimos, despiden en las acciones químicas menor energía.

La sosa cáustica ó, para llamarla con su nombre químico, el óxido hidrato de sodio tiene por fórmula NaOH ; se presenta en pedazos dotados de enérgica acción cáustica sobre la piel. La solubilidad en el agua es menor que la de la potasa; 100 partes de agua disuelven 60 de sosa cáustica. Es también muy variable al aire, y también, como la potasa cáustica, se apropia el ácido carbónico del aire, transformándose parcialmente en carbonato sódico. Debe conservarse en envases tapados.

El carbonato sódico, que tiene la fórmula química Na^2CO^3 , puede adquirirse en el comercio en forma de cristales (que pueden ser grandes ó pequeños) y de polvo seco. El carbonato de sosa cristalizado contiene 10 moléculas de agua, esto es, tiene la fórmula $\text{Na}^2\text{CO}^3 + 10\text{H}^2\text{O}$; cada 286 partes de sal cristalizada contienen 106 de carbonato de sosa propiamente dicho.

Para la preparación de los baños de desarrollo se usa, por lo general, el carbonato de sosa cristalizado; pero sería conveniente emplear el seco, aunque no fuera más que porque con igual peso contiene más de dos veces y media de materia útil. En efecto, á 100 partes de carbonato de sosa cristalizado corresponden 37 de seco; en esta proporción se deben emplear los carbonatos, cristalizado y seco, respectivamente, para la preparación de los baños de desarrollo.

El carbonato de sosa cristalizado se disuelve en las proporciones de 21 partes en 100 de agua á 15° .

Observaremos, sin embargo, que el carbonato de sosa comercial anhidro, que se encuentra en el comercio con el nombre de sosa Solway, es, por lo general, suficientemente puro para poder servir bien para cualquier baño de desarrollo.

Nosotros empleamos, de ordinario, este producto, que tiene un precio bajísimo (unos 20 céntimos el kilo), y nunca nos dió malos resultados. Por ello aconsejamos con insistencia su uso, porque representa una notable economía, especialmente comparado con el carbonato de sodio cristalizado puro, que cuesta, por lo menos, el triple y del que se necesita un peso de más del doble.

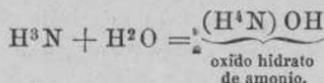
Amoniaco y carbonato de amonio.—El empleo del amoníaco y del carbonato de amonio para la preparación de los baños de desarrollo es muy limitado. Hay todavía quien emplea el amoníaco para la preparación de los baños de desarrollo al ácido pirogálico; pero tampoco para este uso hemos comprobado presente mayores ventajas que el empleo del carbonato de sosa ó de potasa. El amoníaco, á causa de su gran volatibilidad, presenta el inconveniente

de que el baño de desarrollo en la cubeta se empobrece pronto de amoníaco, y éste, además, con su intenso y desagradable olor molesta al operador. Con muchos reveladores, el empleo del amoníaco da fácilmente lugar al velo amarillo. Además, variando notablemente la concentración del amoníaco que se encuentra en el comercio, la constancia en la composición de los baños de desarrollo no puede obtenerse sino variando el volumen del amoníaco en relación con la concentración de su solución. Para conocer la cantidad de amoníaco propiamente dicho contenido en un amoníaco comercial se medirá la densidad con un aerómetro, y de ésta se tendrá el peso por 100 de amoníaco (H³N), esto es, el peso de amoníaco contenido en 100 partes de solución, recurriendo á la tabla siguiente:

Densidad . .	0,959	0,955	0,952	0,948	0,944	0,941	0,938	0,934
H ³ N.	10 ⁰ / ₀	11 ⁰ / ₀	12 ⁰ / ₀	13 ⁰ / ₀	14 ⁰ / ₀	15 ⁰ / ₀	16 ⁰ / ₀	17 ⁰ / ₀
Densidad . .	0,931	0,928	0,925	0,922	0,919	0,916	0,913	0,910
H ³ N.	18 ⁰ / ₀	19 ⁰ / ₀	20 ⁰ / ₀	21 ⁰ / ₀	22 ⁰ / ₀	23 ⁰ / ₀	24 ⁰ / ₀	25 ⁰ / ₀

El amoníaco, cuando es puro, no tiene color y no deja residuo alguno con la evaporación.

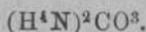
El amoníaco, que, como dijimos, es un gas, tiene la fórmula H³N, esto es, una combinación de hidrógeno y ázoe. Disuelto en el agua, se admite, en general, que se encuentre combinado con una molécula de agua, formando el óxido hidrato de amonio:



Si se considera H⁴N como un solo núcleo, se ve que la composición del amoníaco disuelto es análoga á la de la potasa cáustica ó sosa cáustica (KOH y NaOH); en el grupo de los metales potasio y sodio está el H⁴N, que se comporta, en cierto modo, como un metal, pasando intacto de una combinación á otra. He aquí por qué el amoníaco puede comportarse químicamente en forma análoga á la potasa y á la sosa, y, combinándose con los ácidos, dar también, como éstas, una serie de sales que prácticamente tienen extraordinaria importancia, esto es, las sales de amonio, que se emplean muchas veces también en fotografía. Todas las sales de amonio están caracterizadas por la propiedad que, calentando un poco de su solución con una pequeña cantidad de sosa ó potasa cáustica, ó de cal viva, desarrollan amoníaco, que se reconoce por el olor.

Con la introducción de las placas de mosaico para la fotografía en colores, el uso de los baños de desarrollo conteniendo amoníaco se ha hecho muy común. Parece ser que el amoníaco, más que los otros álcalis, puede permitir el desarrollo en la profundidad necesaria para poder después, con la inversión, obtener imágenes en colores exentas de velo (véase nuestro *Manuale sui processi odierni per la fotografia dei colori*).

En cuanto al carbonato de amonio, diremos que éste, para el desarrollo, tiene menor importancia que el amoníaco; se aconseja en algunas recetas para el desarrollo al ácido pirogálico. Se aconsejó también para preparar baños de desarrollo en tonos calientes de las placas para dispositivas (véase el segundo volumen de esta obra). El carbonato de amonio se presenta en forma de piezas blancas, que echan olor á amoníaco. Si bien sólido, es una sustancia volátil, y á su volatilidad se debe su olor. El carbonato de amonio es una combinación de ácido carbónico y amoníaco. Al verdadero carbonato de amonio correspondería la fórmula



Pero este compuesto no existe sino en estado de solución.

Comercialmente se da el nombre de carbonato de amonio á un compuesto que es, verdaderamente, sesquicarbonato de amonio, correspondiente á la fórmula $NH^4HCO^3 + (NH^4)^2CO^3$; esto es, una combinación de carbonato de amonio propiamente dicho con carbonato ácido de amonio. El sesquicarbonato, si no se tiene en frascos herméticamente tapado, tiende á transformarse todo en carbonato ácido, NH^4HCO^3 , porque desarrolla amoníaco.

El carbonato de amonio comercial contiene siempre un poco de carbamato amónico $NH^2CO^3NH^4$.

El carbonato de amoníaco se usa también para diversos fines fotográficos; teniendo propiedades alcalinas más atenuadas que el amoníaco, lo sustituye, á veces, cuando es necesaria una alcalinidad menor ó menor energía.

Litina cáustica. — Muchas veces, como álcali, se aconseja, para los baños de desarrollo, la litina cáustica ú óxido de litio. Es un polvo blanco, poco soluble en el agua, que tiene la fórmula Li^2O . La cantidad que se disuelve en el agua es suficiente para dar á los baños la alcalinidad necesaria, de manera que puedan obrar los reveladores. Es cierto, sin embargo, que la poca solubilidad del óxido de litio limita notablemente el grado de energía que pueda comunicarse al baño de desarrollo; á esto añádase también que la litina despide, en las combinaciones á que pueda dar lugar, una energía notablemente menor que la potasa y la sosa cáustica.

Su empleo fué aconsejado, especialmente, en los baños de des-

arrollo al paramidofenol. Pero nosotros creemos que las ventajas, muy problemáticas, que puede presentar el uso de la litina, respecto al de los otros álcalis, no compensan, en verdad, el precio notablemente mayor de este producto. La única ventaja podría encontrarse en la menor causticidad que posee respecto á los álcalis cáusticos.

El carbonato de litio que se disuelve solo en mínima cantidad en el agua, no puede servir para baños de desarrollo.

Fosfato tribásico de sosa.—Ya en 1897, los Sres. Lumière y Seyewetz propusieron sustituir, para el desarrollo de las placas al gelatino-bromuro, los álcalis cáusticos ó carbonatos, por sales dotadas de suficiente alcalinidad y, precisamente, el fosfato tribásico de sosa. El ácido fosfórico (H^3PO^4) es un ácido tribásico, como se dice en lenguaje químico, esto es, capaz de sustituir tres átomos de hidrógeno que contiene por tres átomos de un metal monovalente, como el sodio. Conteniendo tres átomos de hidrógeno ácido, puede dar origen á tres categorías de sales. Los fosfatos monobásicos tienen un solo átomo de hidrógeno sustituido por un metal; estas sales poseen una fuerte reacción ácida. Cuando dos átomos de hidrógeno son sustituidos por un metal, se obtienen fosfatos bibásicos, que son sales dotadas de una reacción levemente alcalina.

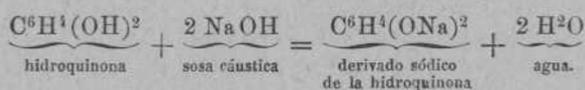
Tal es el fosfato sódico (Na^2HPO^4) que se encuentra generalmente en el comercio, y que se emplea también en fotografía para el virado. Cuando los tres átomos de hidrógeno son sustituidos por un metal, se obtienen fosfatos tribásicos, sales que presentan reacción fuertemente alcalina. El fosfato tribásico de sosa tiene la fórmula Na^3PO^4 , y se obtiene tratando el fosfato de sosa ordinario (bibásico) con sosa cáustica y haciendo cristalizar. Esta sal tiene una acción alcalina enérgica, y especialmente con la hidroquinona y con metol, da excelentes baños de desarrollo, que obran menos perjudicialmente sobre la piel y sobre la gelatina de la placa, que los baños con álcali cáustico. Se podrían usar otras sales de reacción alcalina: el arseniato, el borato, el tunstato y algunas otras: pero sirven mucho menos que el fosfato.

Relación entre la alcalinidad del baño y la constitución química del revelador.—Resumiendo y sintetizando, diremos que el objeto principal del sulfito es dar cierta estabilidad á los baños de desarrollo, aumentando á la vez la acción reductora del revelador, y, en cambio, el objeto principal del álcali ó sal alcalina es comunicar á la solución del revelador orgánico propiedades reductoras suficientemente enérgicas para poder descomponer el bromuro de plata.

Según la constitución química del revelador, la alcalinidad que es necesario comunicar al baño es diversa y para alguno, esto es, el diamidofenol, que tiene en su molécula (como veremos mejor á

continuación) dos grupos NH^2 , dotados por sí mismos de propiedades básicas, basta simplemente la leve alcalinidad que puede comunicar al baño el sulfito de sosa, y no es necesario, en consecuencia, el empleo de álcalis ó sal alcalina alguna. En este caso puede considerarse que el ácido sulfuroso que va formándose durante el desarrollo, como vimos anteriormente, sea neutralizado por obra de los radicales básicos que el revelador contiene.

Cuando se usan los álcalis cáusticos para tener una norma acerca de la cantidad de álcali á emplear con los diversos reveladores, se tendrá en cuenta que con los reveladores que contienen grupos OH , tienden á formarse, por sustitución del metal alcalino por el hidrógeno, aquellos compuestos que se indican químicamente con el nombre de fenolatos, los cuales están dotados de enérgica reacción alcalina. La hidroquinona, por ejemplo, daría:



La pirocatequina, teniendo dos grupos OH , requiere la misma cantidad de sosa cáustica.

El pirogalol tiene tres grupos OH , y, en consecuencia, requiere tres moléculas de sosa cáustica, NaOH .

El paramidofenol, en cambio, sólo tiene un grupo OH ; requiere una molécula solamente de NaOH .

Tendríamos, pues, que las cantidades de potasa y sosa cáustica exigidas por algunos reveladores serían teóricamente las siguientes:

Por 10 partes de	Sosa cáustica.	Potasa cáustica.
Paramidofenol.	3,7	5,1
Hidroquinona y pirocatequina.	7,3	11,6
Pirogalol.	9,5	13,2

Pero añadiremos que debe tenerse en cuenta, al establecer la cantidad teórica del álcali cáustico, los radicales ácidos que entran en las moléculas de los reveladores.

Así, por ejemplo, el paramidofenol, según esté en estado de base libre ó de clorhidrato, requiere una cantidad diferente de álcali.

Cuando en lugar de álcalis cáusticos se usan los carbonatos alcalinos, entonces la sustitución del álcali por el hidrógeno en la molécula ocurre de más difícil manera, y la cantidad de carbonatos que conviene emplear es necesario sea mayor que la que se deducirá de la teoría; pues, de otro modo, no se tendrían baños de desarrollo suficientemente enérgicos.

Hübl, estudiando profundamente las mejores condiciones prácticas para el desarrollo á la glicina, estableció que la mejor proporción entre el peso de este revelador y el peso de carbonato de potasa es 1 : 5. Después, basándose en la constitución de los diferentes reveladores y teniendo en cuenta los hidroxilos fenólicos existentes en el revelador, y probablemente también los grupos ácidos, dedujo teóricamente las cifras siguientes, que representan proporciones prácticamente mejores entre las cantidades de algunos reveladores y de carbonato de potasa.

Metol y paramidofenol.	1 : 3
Glicina.	1 : 5
Hidroquinona.	1 : 7
Pirogalol.	1 : 10

Si en lugar de carbonato de potasio se usa carbonato de sodio anhidro, las cantidades de álcali deben disminuir teóricamente otro tanto. Pero si se tiene en cuenta la menor energía del carbonato de sodio respecto al carbonato de potasio, las proporciones pueden quedar casi iguales. De todos modos, en lo que concierne á los baños de desarrollo, no creemos se deba atribuir demasiada importancia á los números deducidos teóricamente. Sólo pueden servir como puntos de partida para los ensayos prácticos.

Baños neutros.— Además de los baños de desarrollo alcalinos propiamente dichos, se puede tener también baños que podrían llamarse neutros; éstos son los que estudiamos.

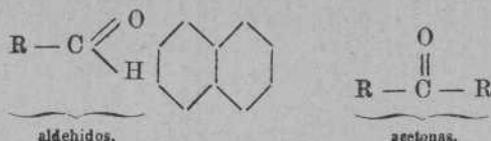
El bromo que deriva de la reducción del bromuro de plata y que tiende á hacer el baño cada vez más ácido, en los baños neutros es neutralizado por un óxido insoluble y precisamente por el óxido de magnesio, y también por el óxido de cinc.

Algunos reveladores obran bien en presencia de sulfito y de óxido de magnesio, suspendido en el líquido; pero tal modificación á los baños usuales no presenta, en general, ventaja práctica, si bien puede parecer racional el hecho de que el baño mantiene, incluso durante un uso prolongado, una alcalinidad constante.

En presencia de óxido de magnesio obran bien el pirogalol, el iconógeno, el metol; la hidroquinona, en cambio, hemos comprobado no es capaz de desarrollar.

Sustitutos de los álcalis.— Diremos algo ahora de los sustitutos de los álcalis, estudiados por los Sres. Lumière y Seyewetz, considerando, sin embargo, como sustitutos, no las sales de reacción alcalina (como el fosfato tribásico) las cuales tienen una acción análoga á la de los álcalis, sino otras sustancias notablemente distintas, como las cetonas, los aldehidos y las aminas.

Los aldehidos y las cetonas ó acetonas son sustancias á las que corresponden las fórmulas generales siguientes:



En estas fórmulas, R representa un residuo de hidrocarburo; por ejemplo, CH³ ó C²H⁵, etc., etc.

Según estudios de los Sres. Lumière y Seyewetz, los aldehydos y las acetonas pueden sustituir bastante bien á los álcalis en algunos reveladores y especialmente en los baños á base de ácido pirogálico ó hidroquinona.

Con 100 c. c. de acetona propiamente dicha (líquido bastante volátil) por cada litro de baño de desarrollo al ácido pirogálico, con la cantidad acostumbrada de sulfito de sosa, se puede obtener un baño que dé imágenes intensas y detalladas sin que contenga álcali.

Por otra parte, usando 150 c. c. de formaldehido al 40 por 100 en un baño ordinario de desarrollo á la hidroquinona (15 gr. por litro), con 150 gr. de sulfito de sosa anhidro por litro, se obtiene un baño que tiende á dar fuertes contrastes, y que, según los autores, podría prestarse bien en las reproducciones de asuntos á trazos.

Pero no se debe olvidar que el empleo de las cetonas y de los aldehydos tiene más interés teórico que práctico. Su acción, según los autores, se debería al hecho de que tanto las cetonas como los aldehydos tienen gran tendencia á formar combinaciones bisulfíticas; así es que en presencia del sulfito de sosa se formaría una combinación de aldehido ó acetona con bisulfito de sosa, y parte de la sosa del sulfito tendería á pasarse al revelador y obrar sobre él como los álcalis.

Para utilizar prácticamente la acción de las cetonas y de los aldehydos se han ideado combinaciones ó mezclas, las cuales son de uso más cómodo y permiten un dosamento más seguro del compuesto. Ya tuvimos ocasión de citar el sulfito de acetona Bayer (HSO³C³H⁶O), que hoy día no tiene mucha importancia. Mayor interés presenta el formosulfito de la Casa Lumière, que contiene aldehido fórmico (CH²O) en estado sólido (que es un polímero del aldehido fórmico llamado paraformaldehido ó trioximetileno, C³H⁶O³), mezclado con sulfito de sosa. Según los señores Lumière y Seyewetz, este producto contiene:

Sulfito anhidro.	100 gramos.
Paraformaldehido.	3 —
Bromuro de potasio.	1/10 —

Mejor y más general es la acción de otros sustitutos de los álcalis estudiados también por los citados autores, esto es, la amina. Las aminas son derivados del amoníaco por sustituciones de 1, 2 ó 3 átomos de hidrógeno con radicales alcohólicos. Así:



De las aminas, las trisustituídas, como la trimetilamina, son las que mejor se prestan.

Las aminas aromáticas, diferentemente de las aminas grasas, no pueden sustituir á los álcalis. La trimetilamina da excelentes baños de desarrollo con la hidroquinona, con el pirogalol y con el paramidofenol.

Se prepara el baño normal á la hidroquinona y pirogalol con el sulfito, y en lugar de álcali se pondrá 100 c. c. por litro de solución de trimetilamina, 33 por 100 en el baño de desarrollo á la hidroquinona y 60 c. c. de la misma solución en el baño al pirogalol. En el desarrollo al paramidofenol la trimetilamina presenta la ventaja de disolver bien el revelador, cosa que no pueden hacer sino los álcalis cáusticos, que, como se sabe, pueden perjudicar la gelatina, mientras que la trimetilamina no ejerce acción alguna perjudicial.

Se emplearán 150 c. c. de solución de trimetilamina 33 por 100 por cada 10 gr. de paramidofenol y la acostumbrada cantidad de sulfito.

Según los autores, la trimetilamina da á los baños de desarrollo de esta índole una energía mayor que los carbonatos alcalinos. Pero el precio bastante elevado de las aminas y su olor nauseabundo impedirían su introducción en la práctica.

Más adelante hablaremos, en otro capítulo, de la influencia que tiene la proporción.

Teoría electrolítica del desarrollo.—El Sr. J. Desalme expuso en el Congreso Fotográfico de Bruselas, 1910, una teoría electrolítica del desarrollo que, si bien no puede ser integralmente aceptada, presenta, sin embargo, cierto interés.

Damos aquí noticia de ella con nuestras observaciones; no la mencionamos antes porque para su comprensión había que detallar por completo, cuanto se refiere á los álcalis y su importancia en los baños de desarrollo.

El Sr. Desalme atribuye el fenómeno del desarrollo á una fuerza electromotriz que se produce en una pareja heterogénea, que, en el caso presente, estaría constituida por sal aloide de plata normal y sal aloide iluminada.

Si esta fuerza electromotriz fuera considerable, la inmersión de

la placa expuesta en una simple solución de sosa cáustica bastaría para producir el desarrollo, porque el ion Na iría á combinarse con el bromo, mientras que el OH daría agua y oxígeno, que se evaporaría. Pero la fuerza motriz considerada anteriormente es mínima y bastante inferior á la desarrollada por la combinación de los iones sodio (Na) é hidroxil (OH); así es que el desarrollo sería imposible de no estar presente una sustancia capaz de absorber los iones OH. Esta sustancia es, precisamente, el revelador, que por su gran tendencia á oxidarse puede apropiarse los iones OH.

Nos parece que la hipótesis de una fuerza electromotriz derivante de los dos estados del bromuro de plata sea inadmisibile. Una solución de sosa cáustica en presencia de una sustancia fuertemente oxidable se encuentra en un equilibrio inestable. El revelador tiene gran tendencia á absorber el ion OH, lo que aumenta grandemente la actividad química del ion Na. He aquí, pues, cómo la sal aloide de plata, que la acción de la luz ha predispuerto á la descomposición, puede ser descompuesta por la solución mixta de álcali y revelador sin que sea necesaria la intervención de la fuerza electromotriz que admite Desalme.

Éste funda en gran parte sus conclusiones en las consideraciones de conductividad de los diversos álcalis. Los álcalis cáusticos presentan, en pesos equivalentes, una conductividad eléctrica bastante mayor que los carbonatos, y, además, se tiene que la resistencia eléctrica de la solución es, para los álcalis cáusticos, proporcional á los pesos moleculares. En cambio, en lo que á los carbonatos alcalinos se refiere, no se encuentra en ellos tal proporcionalidad. Para el carbonato de potasa (que teóricamente debería ser usado en el desarrollo en mayor cantidad que el carbonato de sosa) se verifica que de él es necesario un peso sensiblemente inferior que de carbonato de sosa para producir el mismo efecto.

Ahora bien, el carbonato de potasa tiene precisamente una conductividad eléctrica mucho mayor que el carbonato de sosa; son necesarias 15 partes de carbonato de sosa para dar la misma conductividad de 8 partes de carbonato de potasa. Comparando, en cambio, los carbonatos con los álcalis cáusticos, se encuentra que son necesarias 10 partes de carbonato de sosa para producir el efecto de una parte de sosa cáustica y 5 de carbonato de potasa equivalente, como efecto, en el desarrollo, á 1 de sosa cáustica.

Estas cifras representan, según el Sr. Desalme, aproximadamente, las proporciones de los varios álcalis que producen igual efecto en el desarrollo.

Parece, pues, que la hipótesis de una acción electroquímica, que puede hacerse sentir tanto más cuanto mayor es la conductividad de la solución, tenga caracteres de verosimilitud. Pero tal acción electroquímica no debe buscarse, según nosotros, en la pareja, bromuro de plata normal y bromuro de plata expuesto; la di-

ferencia entre los dos cuerpos es infinitesimal, y otro tanto no puede menos de ser también la fuerza electromotriz, que no podría por ello llegar nunca á romper el equilibrio de la solución, por ser inestable.

No se puede excluir tampoco que pueda producirse una fuerza electromotriz por efecto de las reacciones que ocurren junto al líquido, y por esto también la conductividad eléctrica del líquido puede tener notable influencia sobre el resultado final.

Por otra parte, no se puede exagerar el alcance de la influencia de la conductividad; una solución de revelador y sulfito, que por sí sola no ejerce sino una acción mínima ó nula, puede adquirir notable energía reductora, incluso en presencia de óxido de magnesio (experimento Namias), mientras que por su insolubilidad no puede este cuerpo influir sino en grado mínimo sobre la conductividad de la solución.

La cuestión aparece, pues, mucho más compleja de lo que desearía la teoría de Desalme.

El autor explica también, con una razón electroquímica, la causa de la notable acción retardadora ejercida por los bromuros y yoduros respecto á la ejercida por los cloruros. Los bromuros y yoduros son bastante más fácilmente electrolizables que los cloruros. Admite también la posibilidad que, por acciones de iones oxidantes OH, el bromuro y el yoduro alcalino puedan dar hipobromitos ó hipoyoditos, y que á éstos se deba la acción retardadora.

Pero repetimos que la posibilidad de formación de hipobromidos ó hipoyoditos, incluso por un solo instante, en un baño enérgicamente reductor, nos parece inadmisibile en absoluto.

CAPÍTULO XXVI

CONSTITUCIÓN.—PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS DE LOS PRINCIPALES REVELADORES ORGÁNICOS

En el capítulo XXIII estudiamos las consideraciones generales sobre los reveladores orgánicos, señalando las características generales que debe poseer un compuesto orgánico para ejercer propiedades reveladoras sobre el gelatino-bromuro de plata.

Consideraremos ahora, separadamente, los principales reveladores orgánicos empleados, dando para cada uno constitución y propiedades y también la manera de fabricarlos en los que sea conocida.

Consideremos antes los reveladores más antiguos, y los modernos después. Las fórmulas prácticas para el uso de los diferentes reveladores las daremos en capítulo especial.

Acido pirogálico ó pirogalol.—El ácido pirogálico, llamado con más propiedad pirogalol, trifenol ó trioxibenzol, tiene la fórmula química $C^6H^3(OH)^3$, donde los tres oxidrilos ocupan la posición 1, 2, 3.

Industrialmente, este cuerpo se prepara calentando á cerca de 200° el ácido gálico, el cual se extrae á su vez de la nuez de agalla, que se encuentra en la naturaleza. Con este calentamiento sucede la transformación del ácido gálico en pirogálico; éste se sublima, esto es, se pone en estado de vapor en el recipiente y se condensa en otro recipiente frío en pequeños cristales.

Repetiendo el calentamiento con el ácido pirogálico así obtenido se obtiene una segunda sublimación y, en consecuencia, un producto más puro. El ácido pirogálico puro se presenta en forma de pequeñísimos cristales blanquísimos, solubles en el agua con extraordinaria facilidad. En estado sólido, en envases cerrados no se altera; lo hace, en cambio (y, por lo tanto, se colora más ó menos), teniéndolo algún tiempo expuesto al aire, especialmente si es húmedo. Disuelto en el agua, da una solución incolora, que al aire va colorándose poco á poco de amarillo primero y de moreno después. En presencia de una pequeña cantidad de ácido orgánico ó inorgánico (ácido acético, cítrico, fosfórico, etc.) la solución se conserva mucho más tiempo inalterada, aun en contacto con el aire. En cambio, en solución conteniendo sustancias alcalinas, la alteración al aire, como la coloración, es rapidísima y notable.

Con los álcalis, el pirogalol tiende, como todos los fenoles de esta clase, á dar los fenolatos alcalinos.

Conteniendo tres oxidrilos puede dar origen á tres combinaciones con los álcalis: los monofenolatos, los difenolatos y los trifenolatos; por ejemplo, $C^6H^3(ONa)^2OH$ es el difenolato de sodio.

Tanto los difenolatos como los trifenolatos son bastante inestables, porque absorben con extraordinaria rapidez el oxígeno del aire, incluso en presencia de sulfito de sosa, mientras el monofenolato es más estable.

Las soluciones alcalinas de pirogalol se coloran rápidamente de moreno en contacto con el aire, y ello es lo que obliga á preparar los reveladores al pirogalol al momento de usarlos.

El sulfito tiene acción bastante incompleta en lo que se refiere á retardar la oxidación al aire de los baños de pirogalol.

Las soluciones diluídas de pirogalol, álcali y sulfito no se conservan bien, ni siquiera en frascos llenos y tapados; el pirogalol puede oxidarse también con el oxígeno del agua ó de las sales alcalinas. Es bastante mejor la conservación de los baños de fuerte concentración.

El mejor modo de conservar las soluciones de pirogalol consiste en hacer dos soluciones, una de pirogalol con metabisulfito de potasio y otra de carbonato alcalino adicionada de una cantidad de sosa ó potasa cáustica, la apenas suficiente para neutralizar el bisulfito.

Más estable todavía es una solución de pirogalol adicionada de una pequeña cantidad de ácido cítrico, á la que se añadirá, para el uso, cierta cantidad de carbonato sódico ó potásico.

La solución ácida de pirogalol se conserva bien sin precauciones especiales; sin embargo, para una larga conservación conviene tenerla en frascos llenos y tapados.

El pirogalol se distingue de los otros reveladores por la propiedad que posee de insolubilizar fuertemente la gelatina colorándola al mismo tiempo de amarillo, coloración que es bastante difícil eliminar.

Sin embargo, según Lumière y Seyewetz, esta propiedad se debe especialmente á los productos de oxidación del pirogalol, y la misma propiedad, si bien en grado menor, la poseen los productos de oxidación de otros reveladores (la quinona, por ejemplo, que se forma en la oxidación de la hidroquinona).

Esto explica por qué en un negativo desarrollado al pirogalol son especialmente las partes más opacas de la imagen las que se presentan insolubilizadas. Esto es, efectivamente, la descomposición del bromuro de plata y también la oxidación del revelador por obra del bromo procedente de la descomposición.

El pirogalol puede dar lugar á la formación de productos de adición que gozan de notables propiedades desarrolladoras. Entre

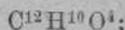
éstos citaremos el compuesto que forma con la dimetilamina, que desarrolla sin adición de álcali.

Hidroquinona.—La hidroquinona fué, después del ácido pirogálico, la primera sustancia orgánica en la que se encontró la capacidad de revelar la imagen latente. Hoy constituye la hidroquinona uno de los reveladores orgánicos más importantes y difundidos. La hidroquinona, llamada también *quinol*, es, químicamente hablando, paradióxibenzol, y su fórmula química es $C^6H^4(OH)^2$. Esta no difiere, por constitución química, del ácido pirogálico sino por el hecho de contener dos grupos (OH) en lugar de tres. Sus propiedades reveladoras fueron descubiertas por Abney en 1880, y desde entonces su uso en fotografía fué extendiéndose más y más.

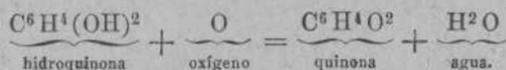
La hidroquinona se obtiene, industrialmente, oxidando en frío la anilina con mezcla de ácido crómico y sulfúrico, ó bien reduciendo la quinona con ácido sulfuroso.

Es una sustancia que se presenta cristalizada en pequeñas pajas de color blanco grisáceo. Calentada, funde á cerca de 170° , y á temperatura más elevada se sublima de igual manera que se efectúa con el ácido pirogálico. La hidroquinona es soluble en agua fría; se disuelve, sin embargo, más rápidamente, y en cantidad mayor, en agua caliente y con alcohol; es también soluble en el éter. En estado sólido es, puede decirse, inoxidable al aire; en cambio, se oxida fácilmente en solución. El grado de oxidación que puede sufrir la hidroquinona varía según la energía y la duración de la acción oxidante.

El primer producto que se forma en la oxidación de la hidroquinona es la quinidrona, llamado también hidroquinona verde, debido á su color. La quinidrona tiene la fórmula química

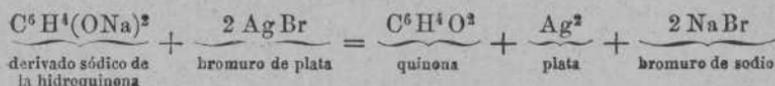


se deriva, pues, de dos moléculas de hidroquinona menos dos átomos de hidrógeno. Con una oxidación más enérgica se obtiene, en cambio, la quinona, cuya fórmula corresponde á la de la hidroquinona, menos dos átomos de hidrógeno. La ecuación que explica la formación de la quinona es la siguiente:



Cuando se tiene hidroquinona en presencia de álcali se debe admitir (cap. XXXII) que la sustancia efectivamente activa sea el derivado alcalino (fenolato); por ejemplo, en presencia de sosa, se

tendría la combinación $C^6H^4(ONa)^2$. Este compuesto puede obrar sobre el bromuro de plata que constituye la imagen latente, según la reacción siguiente:



La solución de quinona es siempre oscura y todavía más si se la añade un álcali ó carbonato alcalino. Se comprende, pues, la razón por la cual una solución de hidroquinona, especialmente en presencia de álcali, se vuelva de color oscuro intenso por efecto de la oxidación.

La solución de hidroquinona, mezclada á un álcali (amoníaco, potasa, sosa ó sus carbonatos), puede revelar la imagen latente en la capa de gelatino-bromuro; pero tal solución, oxidándose rápidamente y colorándose también notablemente por efecto del oxígeno del aire, pierde muy pronto en eficacia y colora más ó menos considerablemente la película de los negativos. Además, no puede dar imágenes vigorosas, porque la quinona, que se forma en gran cantidad, tiende á obrar como oxidante y dificulta el desarrollo. Sólo con la adición de sulfito de sosa se puede obtener un excelente baño de desarrollo á la hidroquinona.

Si la cantidad de sulfito de sodio presente es considerable, hemos observado que el líquido no tiende á oscurecerse, ó muy poco, incluso expuesto durante mucho tiempo al aire, aun en una cubeta, mientras no esté presente álcali cáustico.

Hay que tener en cuenta que, en presencia de sulfito, la quinona que tiende á formarse se reduce á hidroquinona.

Esto explica el por qué un baño de desarrollo á la hidroquinona no conteniendo álcali cáustico, y rico de sulfito, puede ser empleado repetidamente, y más de lo posible, con otros reveladores.

Este empleo repetido, más que por la oxidación del revelador, es limitado por el hecho de que en el baño va acumulándose bromuro alcalino, que perjudica la perfección de la imagen.

No hay que olvidar que el empleo de un fuerte exceso de sulfito es perjudicial en el desarrollo á la hidroquinona, como en todos los reveladores de la misma clase, porque aumenta la tendencia al velo.

La hidroquinona da potentes baños de desarrollo en presencia de la sosa y de la potasa cáustica; da baños menos enérgicos, pero excelentes también, con el carbonato de sosa ó de potasa. Es aconsejable el empleo del amoníaco para la preparación de los baños de desarrollo á la hidroquinona.

En presencia de óxido de magnesio ó de sulfito solo, la hidroquinona no presenta ninguna ó casi ninguna acción reveladora.

La hidroquinona se distingue, puede decirse, de todos los otros

reveladores por el hecho de dar imágenes de gran intensidad: reduciendo el bromuro de plata, da plata totalmente negra y opaca, como ningún otro de los reveladores hasta hoy conocidos. La solución de hidroquinona y sulfito de sosa, si se preserva de la acción del aire, se conserva indefinidamente, y también en presencia del aire se conserva mucho tiempo. Con sulfito y carbonato alcalino, la solución de hidroquinona puede conservarse durante muchísimo tiempo si se tiene apartada del contacto con el aire. Si en lugar de carbonatos alcalinos se emplean los álcalis cáusticos, potasa y sosa, entonces la oxidación de la hidroquinona resulta extraordinaria y resulta difícil conservar bastante tiempo tales soluciones; es preferible, por ello, añadir la solución de álcali cáustico á la mixta de hidroquinona y sulfito en el momento de usarla.

Los baños de desarrollo á la hidroquinona resienten mucho la acción de la temperatura; á temperatura bastante baja su acción reductora es lentísima (á 0° un baño de desarrollo á la hidroquinona, con carbonato alcalino, desarrolla en un tiempo triple que á 18°). La hidroquinona sola se usa hoy difícilmente en los baños de desarrollo; por lo general se emplea junto con el metol, que aumenta bastante su acción.

Adurol.—Con el nombre de adurol se indica un bromo ó bien un cloro derivado de la hidroquinona. Así, pues, la fórmula química del adurol es $C^6H^3Br(OH)^2$ ó bien $C^6H^3Cl(OH)^2$.

El adurol es mucho más soluble que la hidroquinona y experimenta bastante menos la influencia de la temperatura.

El adurol da negativos más armónicos que la hidroquinona, y por su notable solubilidad permite además la preparación de baños fuertemente concentrados.

Productos de adición de la hidroquinona con otros reveladores.

—Por adición de hidroquinona con parafenilenodiamina se forma la *hidramina*, llamada así por los Sres. Lumière y Seyewetz, que fueron los primeros en estudiarla.

Las dos sustancias se combinan sin eliminación de agua.

La parafenilenodiamina es una sustancia dotada de acción reveladora, que tiene por fórmula $C^6H^4(NH^2)^2$; los dos amidógenos ocupan la posición para en el núcleo bencénico. La hidramina da un buen baño de desarrollo en presencia de una pequeña cantidad de álcali; el álcali preferible es la litina cáustica; véase la receta en el capítulo dedicado á ellas.

Otro producto de adición, puesto á la venta en 1909 por la Chemische Fabrik de Brugg, es el piramidol, combinación de hidroquinona y paramidofenol. Es un buen revelador, que no presenta, sin embargo, ventaja alguna especial sobre la mezcla de hidroquinona y metol, hoy empleada generalmente.

Pirocatequina.—La pirocatequina es un isómero de la hidroquinona; esto es, tiene idéntica composición química, pero difiere

por la constitución. La diversidad de constitución de la pirocatequina proviene únicamente de la posición de los dos oxidrilos (OH), como indicamos en el capítulo XXX, donde damos la fórmula de constitución de la hidroquinona y de la pirocatequina.

En estos últimos años, habiendo bajado notablemente el precio de la pirocatequina ha tenido algunas aplicaciones como revelador.

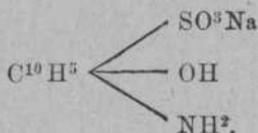
Es digno de mención el hecho de que la pirocatequina goza de propiedades enérgicas reveladoras incluso en solución más diluída que la hidroquinona; parece ser, sin embargo, que la pirocatequina sufre una acción oxidante mucho más profunda que la que sufre la hidroquinona; según el Dr. Arnold, la pirocatequina tiene una acción reductora que es por lo menos quince veces lo que la de la hidroquinona.

Esto estaría verdaderamente en contradicción con cuanto estableció el Dr. Andresen, que daba el poder revelador de la pirocatequina expresado con un número (4,62) que es menos de la mitad del que expresa el poder reductor de la hidroquinona (10,46). La anomalía proviene forzosamente de las diversas calidades de pirocatequina que se encuentra en el comercio y del modo de composición del baño de desarrollo.

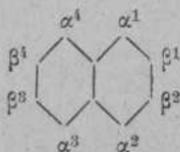
Sea lo que fuere, es este un extremo que merece ser puesto en claro; sin querer admitir, como el Dr. Arnold, que la acción reductora de la pirocatequina pura sea quince veces la de la hidroquinona, parece ser que en la práctica se necesita una cantidad menor de pirocatequina que de hidroquinona para obtener, en igualdad de las otras condiciones, una imagen igualmente cubierta.

Iconógeno.—Fué descubierto en 1889 por el Dr. Andresen, de Berlín.

El iconógeno tiene la fórmula química:



Es, por lo tanto, la sal sódica de un derivado amidosulfónico del naftol y precisamente del ácido α -amido- β -naftol- β -monosulfónico. Consideremos la cadena que representa la fórmula de constitución de la naftalina, que es:



Sustituyamos en esta cadena en α^1 el grupo NH_2 , en β^1 el grupo OH (que transforma la naftalina en naftol), en β^3 el grupo sulfónico, y tendremos la fórmula del iconógeno.

El iconógeno se presenta en forma de polvo cristalino de color blanco sucio, poco soluble en el agua, especialmente en frío. La solución acuosa es bastante poco colorada; en presencia de álcali ó sales alcalinas se vuelve verde. El iconógeno puede desarrollar bien incluso en presencia de álcali sólo; pero en presencia de sulfito el desarrollo se produce todavía mejor y el baño se conserva bastante más tiempo. En presencia de sulfito de sosa sólo el desarrollo se produce, pero resulta imperfecto.

Las soluciones de iconógeno con sulfito y carbonato son regularmente estables en el aire, por lo que los baños de iconógeno pueden servir repetidamente; sólo en presencia de álcalis cáusticos la oxidación es bastante rápida.

Los productos de oxidación del iconógeno son menos colorados de los de otros reveladores y especialmente del pirogalol y la hidroquinona.

La capacidad de reducción del iconógeno es menor que la de la hidroquinona, lo que obliga á usarlo en mayor cantidad para la preparación de baños de desarrollo. Experimentando con el nitrato de plata se observa que es necesaria una cantidad doble de iconógeno que de hidroquinona para obtener la misma cantidad de plata reducida.

Incluso en estado sólido, si no se conserva con precauciones, el iconógeno es susceptible de oxidarse con el tiempo, volviéndose oscuro.

El iconógeno ennegrecido puede ser restablecido con el método indicado por el Sr. L. Morselli, que consiste en acidificar con agua la solución acuosa.

Se separa con ello, por lo menos en gran parte, el constituyente del iconógeno, esto es, el ácido amido- β -naftol- β -monosulfónico, porque es poco soluble mientras permanece en solución el producto de oxidación, que puede ser filtrado, lavado con agua acidulada y hecho secar después.

El iconógeno proporciona baños de desarrollo que obran enérgicamente y dan imágenes de buen vigor, pero no excesivo (como ocurre, por ejemplo, con la hidroquinona).

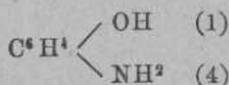
El iconógeno es un cuerpo inócuo para el organismo, mientras que para los otros reveladores, el pirogalol especialmente, no puede decirse otro tanto.

Análogo al iconógeno es el revelador diógeno de la Act. Ges. für Anilin Fabrikation. Sólo contiene un grupo sulfónico HSO_3 en más en la posición β^4 .

La misma Casa ha puesto á la venta, con el nombre de imógeno-sulfito, un producto, en polvo, que es probablemente una combina-

eión ó una mezcla de iconógeno con sulfitos alcalinos. Este producto da un excelente baño de desarrollo con sólo añadirle álcali.

Paramidofenol.—El paramidofenol tiene la fórmula:



puede considerarse ácido fénico $\text{C}^6\text{H}^5\text{OH}$ ó fenol en el cual un átomo de hidrógeno (y precisamente el que está en posición para respecto al grupo OH) ha sido sustituido por un radical amidógeno NH^2 .

Y en esta forma participa del doble carácter fenólico y amínico.

El paramidofenol es una sustancia blanquecina, que, incluso en estado sólido, tiende extraordinariamente á oxidarse, haciéndose oscura. Es muy difícil, pues, la conservación, aun en estado sólido. Mucho más conservables son los derivados salinos del paramidofenol, entre los cuales figura el más usado, el clorhidrato. El paramidofenol es, relativamente, poco soluble en el agua. Se disuelve en la proporción de 1 por 100, aproximadamente; es más soluble en el alcohol.

Con los álcalis, da fenolato alcalino, $\text{C}^6\text{H}^4(\text{ONa})\text{NH}^2$. Se aumenta notablemente la solubilidad del paramidofenol por medio de la potasa cáustica y de la sosa cáustica; así, pues, se pueden preparar baños concentrados de desarrollo al paramidofenol que, conservados en botellas perfectamente llenas y tapadas, se conservan bien y durante mucho tiempo. Pero apenas se extrae una pequeña cantidad del líquido, el restante, si no se le añade en seguida agua para mantener llena la botella, se oscurece en brevísimo tiempo. El paramidofenol con álcali cáustico da un desarrollo enérgico; pero conteniendo álcali cáustico, tiene los inconvenientes que indicamos al hablar del empleo, en general, de los álcalis cáusticos en los baños de desarrollo.

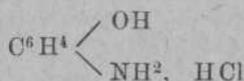
Cuando se desea un baño de desarrollo al paramidofenol, capaz de poder ser empleado tal como está, esto es, sin diluirlo, se puede preparar con carbonato alcalino y sulfito.

El paramidofenol es uno de los reveladores más oxidables, su solución se vuelve oscura, al aire, más rápidamente que la del icógeno y mucho más que la de hidroquinona. El producto oscuro que se forma en la oxidación por el paramidofenol, en solución acuosa precipita, siendo insoluble en el agua; en los álcalis, sin embargo, se disuelve.

Oxidando el paramidofenol con bicromato y ácido sulfúrico, se forma quinona, y hay que considerar, pues, que en la oxidación al aire se forma, por lo menos en parte, quinona.

El baño de desarrollo al paramidofenol, da negativos más débiles que los que se obtienen con la mayor parte de los reveladores; esta característica puede ser útil á veces, á veces no.

El clorhidrato de paramidofenol, que, como dijimos, es el compuesto generalmente usado, por su mucha mayor estabilidad, tiene la fórmula:



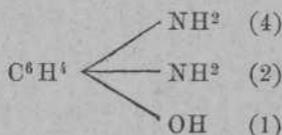
Se presenta en forma de sustancia cristalina blanca. Es mucho más soluble en el agua que el paramidofenol base libre. Pero en presencia de álcali ó sales alcalinas se libera la base y se comporta como el paramidofenol base. A ello se debe que añadiendo á una solución un poco concentrada de clorhidrato de paramidofenol, sulfito y carbonato alcalino, se precipite paramidofenol base.

El paramidofenol es el constituyente de un excelente revelador, puesto á la venta, en solución fuertemente concentrada, por la Act. Ges. für Anilin Fabr.: el rodinal.

Otros reveladores muy concentrados, á base de paramidofenol, se venden, fabricados por otras Casas, con diversos nombres.

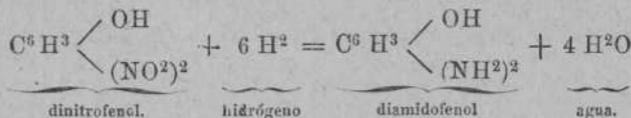
Nosotros aconsejamos, en general, usar el paramidofenol mezclado con preferencia con cualquier otro revelador, capaz de dar negativos de mayor intensidad, como, por ejemplo, la hidroquinona.

Diamidofenol ó amidol.—El amidol tiene la fórmula química:



Puede considerarse, pues, que derive del paramidofenol por adición de un amidógeno en posición orto respecto al oxidrilo.

Se prepara el diamidofenol reduciendo el dinitrofenol con hidrógeno nascente



obtenido, por ejemplo, con ácido clorhídrico y cinc.

El diamidofenol se vende siempre en estado de combinación clorhídrica y no de base libre; esta última no es conservable.

El clorhidrato de diamidofenol es un polvo cristalino de un color blanco grisáceo, solubilísimo en el agua. En estado sólido se oxida bastante lentamente; en cambio, en solución acuosa la oxidación ocurre con rapidez relativamente grande y el líquido toma un tinte rojizo primero, oscuro después.

El diamidofenol obra como revelador enérgico; y tal acción despidió también el amidol, aun en ausencia de carbonato alcalino; basta la presencia de sulfito de sosa para que las propiedades reveladoras del diamidofenol puedan observarse.

Puede decirse que, entre todos los reveladores conocidos actualmente, el que mejor desarrolla en ausencia de álcali ó carbonatos alcalinos es el diamidofenol. Y esta propiedad de desarrollar, incluso en ausencia de álcali, constituye la ventaja principal del amidol, porque desarrollando la imagen con líquidos exentos de álcali se evita toda alteración de la película de gelatina y también daños para la piel de las personas que tienen las manos delicadas.

La propiedad que posee el amidol de desarrollar bien, incluso sin álcali, se debe probablemente á la constitución química de este cuerpo; éste posee, en efecto, dos grupos amidógenos (NH^2), grupos que pueden ejercer, en ciertas circunstancias, un acción análoga á la de los álcalis.

Los baños de diamidofenol no deben contener un exceso demasiado fuerte de sulfito. No conviene nunca añadir álcali ó carbonatos alcalinos al baño de diamidofenol, porque pronto se tiende al velo.

El baño de desarrollo al diamidofenol obra con extraordinaria rapidez y da imágenes de excelente modelado, pero de moderada intensidad. Las cualidades del baño de diamidofenol no pueden ser modificadas, en caso alguno, por adición de otros reveladores, porque los otros reveladores requieren álcali.

El diamidofenol da una plata reducida, de un color muy agradable á la vista, y esta cualidad lo hace excelente para el desarrollo del papel al gelatino-bromuro.

El diamidofenol tiene el no pequeño inconveniente de dar baños de desarrollo que se alteran rápidamente. El sulfito tiene un efecto muy limitado en lo que se refiere á evitar la oxidación, á causa del aire. Sobre ello llamamos ya la atención en nuestro estudio, página 197. Pero, por otra parte, también en ausencia de aire, el baño de desarrollo al diamidofenol se altera rápidamente, y es necesario por lo mismo, preparar siempre el baño al momento de usarlo.

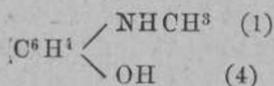
Observaremos que se encuentra hoy en el comercio el clorhidrato de diamidofenol á precio bastante bajo; pero quien descomponerse á cubierto de malos resultados, debe preferir el diamidofenol marca Agfa y Hauff; el diamidofenol de estas marcas toma el nombre de *amidol* (nombre depositado).

Hemos tenido ocasión de ensayar muestras de diamidofenol de calidad económica que daban resultados bastante deficientes especialmente por defectos de cobertura de las imágenes desarrolladas. Ni siquiera aumentando la cantidad de diamidofenol se mejoraba el resultado.

El producto conservaba probablemente todavía, por defecto de preparación, pequeñas cantidades de nitrofenol.

El mismo inconveniente se presenta usando en los baños producto sólido, oxidado parcialmente por una mala conservación y que se presenta de color muy oscuro.

Metol.—El metol es monometilparamidofenol de la fórmula



Así es que puede decirse derivado del paramidofenol por sustitución de un grupo metilo en el lugar de un hidrógeno del grupo amidógeno.

Esta sustitución tiene por efecto aumentar las propiedades reveladoras y comunicarlas una solubilidad mayor.

El metol comercial es verdaderamente un sulfato de monometilparamidofenol.

Es una sustancia polvorienta de un color blanco grisáceo, bastante soluble en el agua. En estado sólido, conservado en frascos tapados, el metol se conserva bastante bien, pero no perfectamente; porque también en estado sólido tiende, á la larga, á oxidarse y hacerse más oscuro.

En solución, en presencia de sulfito de sosa y carbonato alcalino (sosa ó potasa), obra como revelador enérgico. Su rapidez de reducción es notabilísima y da imágenes de buena intensidad, pero no excesiva.

Es capaz de desarrollar incluso en presencia de sulfito solo; pero en tal caso no da imágenes suficientemente intensas.

El metol, por su gran energía desarrolladora, es el revelador más indicado cuando tengan que desarrollarse imágenes insuficientemente expuestas.

En este caso conviene hacer uso de baño revelador al metol bastante diluído. Con ello, mientras se evita, ó poco menos, la formación de velo, se consigue, prolongando bastante el desarrollo, hacer salir detalles en la imagen que de ningún otro modo hubiera sido posible revelar.

Es cierto también que el metol no puede hacer milagros; pero es indudable que es de los reveladores antiguos el más aconsejable para el desarrollo de placas subexpuestas.

Con él hemos salvado negativos de gran importancia y que se creían perdidos por falta de exposición.

El metol es poco sensible á la acción del bromuro alcalino, y también, por esta circunstancia, es el revelador menos apropiado para el desarrollo de placas sobreexpuestas.

El baño de desarrollo al metol se conserva bien mientras se tenga en frascos llenos y tapados.

Este, á diferencia del diamidofenol, resiste notablemente la acción conservadora del sulfito, mientras, por otra parte, como ya demostramos en nuestro estudio de la página 197, da notable estabilidad á la solución de sulfito.

En la práctica fotográfica, el metol tiene un muy extendido empleo; en general no se usa solo, sino mezclado con hidroquinona. Este baño mixto goza de preciosas cualidades.

Parece ser que el metol añadido aun en pequeña cantidad á otros reveladores menos enérgicos aumenta bastante la energía.

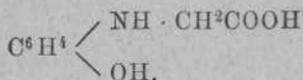
Y hemos comprobado que un baño de desarrollo á la hidroquinona bastante pobre de álcali y casi incapaz de desarrollar, adquiere notables propiedades desarrolladoras con la adición de una cantidad bastante pequeña inclusive de metol (0,2 á 3 gr. por litro).

Parece, pues, que el metol, á causa de su mayor potencia reductora, pueda obrar, iniciando la descomposición de las partículas de bromuro de plata que sufrieron la acción de la luz, y que, roto así el equilibrio, un reductor, incluso poco enérgico, pueda continuar después bien la reducción.

La Casa Lumière ha patentado y puesto á la venta, con el nombre de metoquinona, un compuesto de adición de hidroquinona y metol, poseyendo dos moléculas de metol y una de hidroquinona. Es aconsejado especialmente para el desarrollo de las placas autocromas para fotografía en colores.

Nosotros, sin embargo, no encontramos en ningún caso, en el uso del metoquinona, una ventaja respecto al uso de la mezcla de hidroquinona y metol, mientras el precio es no poco mayor.

Glicina.—La glicina es, químicamente hablando, una paraoxifenilglicina, á la que corresponde la fórmula



De cuanto se dice en la patente obtenida por la Casa Hauff, esta sustancia se obtiene por acción del ácido cloroacético sobre el paramidofenol. Con el nombre de glicina se entiende en el comercio el clorhidrato y el sulfato, indistintamente.

La glicina se presenta en forma de polvos de un color amarillo.

grisáceo, poco soluble en el agua pero bastante soluble en los líquidos alcalinos. Tiene un olor poco agradable, que recuerda un tanto al ácido fénico.

La solución reveladora hecha con sulfito y carbonato alcalino se presenta casi incolora, y se conserva si se tiene en frascos llenos y tapados. La glicina se distingue de los otros reveladores considerados, amidol y metol, por el hecho de desarrollar la imagen bastante más lentamente. Tiene, pues, menor rapidez de reducción y una capacidad de reducción menor que la del amidol y del metol. En efecto, para el desarrollo normal se debe emplear una cantidad el doble por lo menos respecto á la de los otros dos reveladores indicados. La poca energía de reducción que posee la glicina hace que este revelador sea útil para dar negativos sin el menor velo; además, no produce coloración alguna de la gelatina.

Por estas razones, los negativos obtenidos con desarrollo á la glicina son muy transparentes, y, en algunos casos, como, por ejemplo, en la microfotografía, en las reproducciones, etc., tal revelador puede prestar servicios excelentes.

La glicina, usada en solución muy diluída, según las recetas que más adelante indicamos, se recomienda, además, para el desarrollo de negativos de insegura exposición. Para este objeto merece, en verdad, la preferencia á cualquier otro revelador, porque su lentitud de acción y la poca tendencia á dar velo, la propiedad de no dar nunca plata reducida con excesiva opacidad y el hecho de ser muy sensible á la acción del bromuro de potasa, hace que, incluso con poses comprendidas dentro de límites relativamente distantes, se obtengan imágenes igualmente buenas.

Reveladores varios.—Compendiamos en este lugar varias sustancias aconsejadas ó que se venden para servir de reveladores, pero cuyo empleo en la práctica es reducido ó nulo.

La *parafenilenodiamina*, C^6H^4 $\begin{cases} NH^2 & (4) \\ NH^2 & (1) \end{cases}$, da baños de desarrollo de acción demasiado lenta, sin ventajas para la práctica. Mejor es el comportamiento de la hidramina, producto de adición de la parafenilenodiamina con la hidroquinona, á la que nos hemos ya referido.

Según los Sres. Lumière y Seyewetz, la parafenilenodiamina da plata reducida del más fino grano.

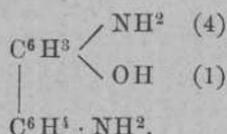
La *diamidorresorcina*, C^6H^2 $\begin{cases} OH & (1) \\ OH & (3) \\ NH^2 & (4) \\ NH^2 & (6) \end{cases}$, estudiada por los

citados señores, tiene propiedades análogas al diamidofenol, en el sentido que puede desarrollar en baño exento de álcali, pero con sulfito solo.

Pero nuestros experimentos nos han demostrado que las imágenes que da están muy lejos de poderse comparar por su perfección á las que da el diamidofenol. Hoy nadie la usa.

El *difenal*, que se vende hace algunos años por la Casa Cassella, en solución concentrada, está abandonado.

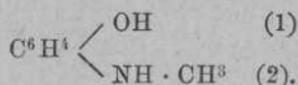
La constitución química del difenal es la siguiente:



Es, pues, diamidooxifenilo, que, en presencia de álcali cáustico, como se requiere para dar el baño de desarrollo, da un fenolato.

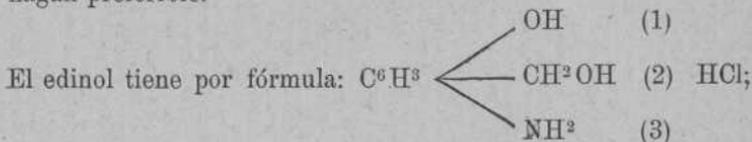
Se pretendía fuese un revelador que permitiera una notable latitud en el tiempo de posa.

El *ortol* es un revelador conocido desde hace tiempo, fabricado por la Casa Hauff y Act. Ges. f. Anilin Fabr., de Berlín. Es una mezcla de hidroquinona y acetilortoamidofenol, esto es:



El ortoamidofenol por sí solo no da imágenes suficientemente opacas. El ortol es objeto de muy poco uso, por no presentar ventajas especiales sobre los otros reveladores.

Ni siquiera el *edinol*, del que se habló mucho cuando fué introducido por la Casa Bayer, hace diez años, posee cualidades que lo hagan preferible.



esto es, el clorhidrato del metaamidoortoxibenzil alcohol.

Puede considerarse como paramidofenol en el que al hidrógeno del grupo bencénico (en posición meta respecto al oxidril) ha sido sustituido un resto alcohólico CH^2OH .

Es un revelador comparable por energía al metol, pero que tiene, respecto á éste, la desventaja de dar baños más alterables y dotados de mayor tendencia al velo. Por su gran solubilidad en los líquidos alcalinos, permite preparar baños incluso fuertemente concentrados.

Estudios varios referentes á los nuevos reveladores.—El doctor Scholz ha estudiado las propiedades reveladoras del azufre derivado del diamidonaftol, y comprobó que estos compuestos pueden desarrollar sin álcali.

En 1907, los doctores Koenig y Staelin publicaron (*Phot. Korr.*) un interesante estudio sobre las propiedades reveladoras del triamidobenzol ó triamidotoluol.

Mientras el diamidofenol (amidol) no resiste la adición de álcali en el baño revelador sin velar, el triamidobenzol (clorhidrato), si bien puede desarrollar incluso sin álcali, da también, en presencia de éste, un baño desarrollador que no vela. Y análogamente se comporta el triamidotoluol, que contiene un grupo CH_3 en más del triamidobenzol.

Es conocida la acción desarrolladora de la parafenilenodiamina; ahora bien, han comprobado los autores que la paratoluilenediamina (que contiene CH_3 en más) obra todavía más energicamente que la paraxilenodiamina, la cual contiene dos grupos CH_3 .

Los dos paramidocresoles que pueden obtenerse añadiendo al paramidofenol un grupo CH_3 en dos diversas posiciones desarrollan más energicamente que el paramidofenol.

Como conclusión de sus experimentos dedujeron la ley siguiente, que puede unirse á la expuesta por Andresen y Lumière para las sustancias reveladoras:

El poder desarrollador de un derivado benecénico, el cual, como es sabido, debe poseer por lo menos dos grupos atómicos reveladores, es aumentado con la introducción de grupos CH_3 en la cadena aromática. Esta acción del grupo CH_3 se deja sentir especialmente cuando éste se encuentra en posición orto respecto á un grupo hidroxílico.

Estudios recientes sobre una nueva categoría de sustancias reveladoras.—El Sr. Desalme estudió recientemente las propiedades reveladoras de una serie de sustancias derivadas de la difenilamina.

Con especiales consideraciones sobre el desarrollo, de las que dió cuenta el autor en el Congreso Fotográfico celebrado en Bruselas en 1910 (véase capítulo más adelante), llegó á considerar como reveladores los compuestos químicos dotados de afinidades para con los iones OH.

Entre estos cuerpos figuran precisamente las sustancias orgánicas quinonizables, esto es, capaces de transformarse por acción de los iones OH en sustancias poseyendo dos ligamentos dobles en

posición orto ó para (la quinona posee precisamente dos en posición para).

En esta categoría figuran varios derivados de la difenilamina; el Sr. Desalme indicó la paramidoparaxidifenilamina, la diamidooxidifenilamina y la triamidodifenilamina.

Independientemente de la importancia práctica, muy dudosa todavía, estos cuerpos presentan cierto interés porque son los leucoderivados (esto es, los basis incoloros) de los indofenoles, indoanilinas é indaminas.

Pero, á causa de la poca solubilidad en los álcalis, el autor ha utilizado los derivados sulfónicos. Entre éstos estudió, especialmente, el ácido p-amino, p-oxidifenilaminortosulfónico, al que dió el nombre de sulfinol.

Este cuerpo, usado con carbonato de sosa y sulfito de sosa (10 á 15 de sulfinol, 40 á 50 de sulfito de sosa cristalizado, 20 á 30 de carbonato de sosa seco, 1.000 de agua), da, según afirma el autor, un buen baño de desarrollo. Puede ser empleado ventajosamente mezclado con hidroquinona.

Caracteres distintivos de los diversos reveladores.—A veces puede resultar ventajoso poder distinguir un revelador de otro, y si bien sólo análisis y estudios químicos, no del todo fáciles, pueden conducir á establecer, en general, la constitución química de cierta sustancia que obra como desarrollador, existen todavía para los reveladores más comunes algunas reacciones características que permiten distinguir uno de otro.

Ya en 1899 aconsejábamos utilizar el persulfato de amonio como reactivo capaz de dar reacciones características con los diversos reveladores; para algunos, especialmente, estas reacciones son tan características que permiten distinguirlos con toda seguridad.

Damos á continuación las reacciones que se producen por acción de una solución de persulfato de amonio al 5 por 100 sobre los diversos reveladores, disueltos preventivamente en agua, como han resultado de nuestros experimentos:

Diamidofenol.—Color rosa inmediatamente, que se convierte poco á poco en moreno con enturbiamiento del líquido y depósito de una materia oscura muchas horas después.

Metol.—Color violeta hermosísimo, que se va haciendo intenso; el líquido permanece casi claro, incluso después de algunas horas.

Leonógeno.—Después de pocos instantes se produce un voluminoso precipitado blanco cristalino, que es forzosamente una combinación del iconógeno con el persulfato. Pero seguidamente, á causa del exceso de persulfato, el precipitado blanco se oxida, disolviéndose en líquido moreno, que cada vez se hace más negro. Diremos incidentalmente que el precipitado blanco lavado en un filtro, con rapidez, se conserva bastante blanco, y mezclado con sulfito de sosa y carbonato da un buenísimo baño de desarrollo.

Glicina.—La glicina parece el más refractario á la oxidación de todos los reveladores, porque son necesarias muchas horas para que el líquido empiece á colorarse, y después de doce horas la coloración es violeta, debilísima.

Hidroquinona.—Se colora ligera y lentamente de amarillo; algunas horas después, la coloración se oscurece y la solución deposita magníficos cristalitos en larguísimas pajas de color verde oscuro, que apenas se disuelven en agua fría, pero fácilmente en agua caliente, dando un líquido amarillo; sólo con soluciones diluídas no se forma. Este compuesto verde, por su aspecto, debe considerarse sea quinidrona ó hidroquinona verde. Por otra parte parece, sin embargo, que el persulfato, por su enérgica acción oxidante, debería transformar la hidroquinona en quinona.

De todos modos, trátase de un azufre derivado, porque con análisis comprobamos que contiene azufre.

Pirogalol.—Se colora pronto de amarillo oscuro, que se hace rápidamente rojooscuro.

Ortol.—Color amarillo cargado, que oscurece poco á poco y se hace rojooscuro algunas horas después.

Otras reacciones que pudieran aprovecharse para caracterizar los reveladores son las siguientes, indicadas por Liesegang:

REACTIVO	REVELADORES			
	ÁCIDO PIROGÁLICO	HIDROQUINONA	PARAMIDOFENOL	ICÓNÓGENO
Vanadato de amonio.	Azul verde.	Incoloro.	Azul negro.	Carmín.
Bicromato de potasio	Depósito oscuro amarillento.	Depósito ligeramente amarillo.	Depósito negro subido.	Depósito oscuro amarillento.
Permanganato.	Depósito oscuro.	Decoloración.	Depósito oscuro.	Depósito oscuro.
Prusiato rojo.	Ninguna coloración.	Ninguna coloración.	Violeta intenso.	Ninguna coloración.
Nitrato de plata.	Depósito negro.	Gris azul.	Blanco; solución violeta.	Depósito oliva claro.

CAPÍTULO XXVII

CORRECTORES DEL DESARROLLO.—INFLUENCIA DE LOS ÁLCALIS Y DE LA TEMPERATURA.—EL FAC- TOR DE DESARROLLO.

Algún baño de desarrollo puede, con adiciones convenientes, ser modificado de manera que se retarde ó acelere su acción, haciéndolo así capaz de satisfacer diversas exigencias.

Adición de bromuro de potasio y sus efectos.—El agente más conocido y usado para retardar la aparición de la imagen en el desarrollo de las placas al gelatino-bromuro es el bromuro de potasio. En los casos en que, por excesiva energía del baño ó por exceso de posa, se tiene una aparición rapidísima de la imagen, ésta no puede salir nunca perfecta, porque la reducción en la superficie llega más allá del límite justo antes de que el baño tenga tiempo de penetrar y obrar, por lo tanto, en profundidad.

El bromuro de potasio constituye, puede decirse, un precioso agente, cuyo empleo en pequeña cantidad es aconsejable en la mayor parte de los baños de desarrollo, incluso independientemente de la circunstancia de sobreexposición. Puede decirse que la presencia de 1 gr. de bromuro de potasio por litro surte acción rápida en todos los reveladores. En cambio, para combatir los efectos de la sobreexposición (que no sea excesiva) se podrá llegar á usar hasta 4 ó 5 gr. de bromuro de potasio por litro de baño. Débese añadir, además, que los diversos reveladores no son igualmente sensibles á la acción del bromuro de potasio.

En algunos, como la hidroquinona y el iconógeno, el bromuro de potasio obra como enérgico retardador, y en otros, como el diamidofenol, es el metol el que obra en bastante menor importancia.

Para el diamidofenol hemos comprobado con numerosos experimentos, que fueron objeto de nuestra comunicación en el Congreso de Química aplicada de Londres de 1909, que en presencia de ácido bórico se hace bastante más sensible á la acción retardadora del bromuro.

Como ya dijimos anteriormente, una teoría con la que se intentó explicar la acción del bromuro es la siguiente:

El bromuro alcalino tiende á formar con el bromuro de plata

un bromuro doble que presenta una mayor resistencia á la acción reductora de los reveladores.

Según otros, el bromuro de potasio disminuye la tendencia del bromuro de plata á disolverse en el baño de desarrollo, dificultando la disolución y también la reducción.

Pero también el cloruro de sodio ó de potasio dificulta la disolución del bromuro de plata en el sulfito de sosa, y asimismo en el baño de desarrollo, mientras que los cloruros tienen una acción retardadora mínima ó nula.

Del bromuro de potasio se hará una solución al 10 por 100, que se tendrá dispuesta para añadirla al baño de desarrollo cuando se desea moderar la acción. Resulta cómodo tener el bromuro en un cuentagotas para facilitar su empleo en el laboratorio en que se trabaja.

Téngase presente que el bromuro de potasio no ejerce nunca acción destructiva sobre la imagen latente, porque una placa expuesta que, introducida en un baño de desarrollo bastante rico en bromuro, no muestra imagen, puede ser desarrollada introduciéndola en un revelador que no contenga bromuro, ó muy poco en todo caso.

Adición de bisulfitos al baño de desarrollo para atenuar la energía.—El bromuro de potasio obra especialmente de retardador; no modifica sustancialmente el comportamiento del baño.

En una placa excesivamente expuesta, el empleo del baño, incluso muy bromurado, retarda la aparición de la imagen; pero no basta en absoluto para que salga con los contrastes necesarios.

En este caso es necesario corregir el baño disminuyendo la alcalinidad más ó menos fuertemente.

Se puede conseguir bien el resultado añadiendo al baño metabisulfito de potasio.

He aquí algunos de los experimentos que hemos hecho. Tomamos 6 placas al gelatino-bromuro, de la misma marca y de la misma caja, y dimos á una placa una exposición 20 veces la normal; á otras dos, 40 veces, y á las dos últimas, 100 veces.

Desarrollamos una de las placas de cada pareja en un baño normal de hidroquinona-metol, adicionado de 1 por 100 de metabisulfito de potasio, y la otra en el mismo baño con 2 por 100 de metabisulfito. Y con ello obtuvimos:

Con la placa expuesta 20 veces lo normal . . .	{ Con 1 0/0 de metabisulfito. } Negro buenísimo. { Con 2 0/0 de idem } Idem un tanto débil.
Con las expuestas 40 veces lo normal . . .	{ Con 1 0/0 de metabisulfito. } Negro bueno. { Con 2 0/0 de idem } Idem íd.
Con las expuestas 100 veces lo normal . . .	{ Con 1 0/0 de metabisulfito. } Negro gris, pero uti- lizable. { Con 2 0/0 de idem } Negro bastante bueno

Teniendo en cuenta que la adición de bisulfitos á los baños de desarrollo alcalinos no corresponde sino á una saturación parcial del álcali presente, cabe preguntar si no sería más sencillo usar para el desarrollo de negativos sobreexpuestos, baños que contengan una cantidad menor de álcali (mitad, cuarta parte ó menos todavía, de la normal).

El efecto es análogo; pero los bisulfitos obran más eficazmente, y en especial, en presencia de carbonatos alcalinos, probablemente porque se forma un estado de equilibrio entre el bisulfito, el carbonato y el bicarbonato (que tiende á producirse por obra del bisulfito), por lo que se tiene una acción más compleja, que permite obtener imágenes más cubiertas, incluso atenuando bastante la acción reductora.

Los bisulfitos obran todos de idéntica manera, por lo que es indiferente usar bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasio; este último es preferible por su estabilidad y constancia de composición.

El sulfito de acetona, antes bastante aconsejado como corrector de la sobreexposición, ha caído hoy en desuso; obra también como los bisulfitos.

En el baño de desarrollo al diamidofenol, Balagny y otros aconsejaron vivamente añadir siempre un poco de bisulfito porque permite mayor latitud de exposición sin perjudicar los resultados. Pero, como hemos hecho notar, conviene dosar bien la adición de bisulfito, no siendo difícil exceder del límite en el cual el desarrollo se detiene por completo.

Adición de ácido bórico.—Un efecto análogo á los bisulfitos lo produce el ácido bórico, que desde 1905 aconsejamos.

Pero el ácido bórico merece la preferencia sobre los bisulfitos por varios motivos:

- 1.º Porque es un cuerpo estabilísimo de composición constante.
- 2.º Porque no descompone el carbonato del baño de desarrollo, como tienden á hacer los bisulfitos; ésto evita irregularidades de acción. El ácido bórico puede coexistir disuelto junto con los carbonatos; equilibra su acción sin descomponerlos.
- 3.º Unido al bromuro alcalino da una solución perfectamente estable, que constituye un corrector completo porque retarda la acción del baño y atenúa la energía.

Desde 1905, el empleo de la solución mixta de bromuro de potasio y ácido bórico (llamada por nosotros solución bromobórica) se ha difundido enormemente, é innumerables fotógrafos, turistas, hombres de ciencia, etc., nos han manifestado haberla adoptado con excelente éxito, con frecuencia inesperado, en los casos de exposición incierta ó de sobreexposición.

Es conveniente el empleo de esta solución, especialmente en el baño de desarrollo á la hidroquinona-metol.

Para prepararla se disuelven de 5 á 6 gr. de ácido bórico en 100 c. c. de solución de bromuro de potasio al 10 por 100.

Se añadirá, según los casos, de 5 á 10 c. c. de solución bromobórica por cada 100 c. c. de baño de desarrollo á la hidroquinona-metol. Placas con sobreexposición de 20 á 40 veces dan con tal adición, negativos normales ó casi normales.

El empleo de la solución bromo-bórica es utilísimo también en todos aquellos casos que, por la índole del asunto ó por la calidad de las placas, exista tendencia á la producción de negativos uniformes de contrastes insuficientes.

Cuando en los casos de dudosa exposición se inicia el desarrollo con baño conteniendo solución bromobórica para ensayar, por decirlo así, la placa, se puede después, en el caso en que uno se persuadiera de que la exposición ha sido normal ó corta, pasar la placa á un baño normal, sin que la imagen latente haya sufrido daño alguno por efecto del ácido bórico y bromuro.

Aceleradores.—Cuando se quiere acelerar la acción de cierto baño de desarrollo se puede recurrir á varios procedimientos:

1.º Se aumenta la proporción de carbonato alcalino y se sustituye eventualmente el carbonato de sosa por el de potasa. Este último, además de despedir mayor energía, permite también aumentar la proporción como se desee á causa de su notable solubilidad.

2.º Se añade al baño una pequeña cantidad de álcali cáustico; sosa ó potasa cáustica. Es preciso, sin embargo, proceder con cuidado en esta adición, porque ocurre muy á menudo que la energía del baño aumenta hasta el extremo de dar un velo más ó menos considerable; 5 gr. de álcali cáustico por litro de baño representa, en general, el máximum (se entiende en el baño que ya contenga carbonato alcalino).

3.º Se añade al baño un poco de revelador dotado de acción rápida; para este objeto sirve muy bien el metol especialmente.

Así, pues, en un baño á la hidroquinona-metol, que desarrolla demasiado lentamente, se puede producir una acción aceleradora aumentando la cantidad de metol.

Para el baño de desarrollo al oxalato ferroso, como ya dijimos, la adición de una pequeñísima cantidad de hiposulfito produce un efecto acelerador notable, y, en cambio, ningún efecto produce tal adición en los baños de desarrollo á base de reveladores orgánicos.

Influencia del tenor de álcali sobre el carácter de la imagen.—Es este un argumento muy importante para la práctica, del cual no puede decirse hayan sacado conclusiones concisas los diversos autores que lo han estudiado.

Pero con estudios nuestros, y de otros autores, se han corroborado algunas circunstancias que merecen ser citadas. Creemos

útil, por lo tanto, reproducir el estudio que publicamos, sobre este argumento, en el *Progreso Fotografico*, 1910:

«Se creía generalmente, antes, que el aumento de la cantidad de álcali en el baño de desarrollo daba una atenuación de contrastes porque, se decía, un tenor de álcali más alto provoca mayormente el desarrollo de las medias tintas oscuras y de detalles en los negros.

Pero, en 1907, la importante fábrica americana de placas fotográficas Cramer se expresaba así al ocuparse de esta cuestión: «La experiencia demuestra que desarrollando durante el mismo tiempo dos placas impresionadas en idénticas condiciones en dos baños de desarrollo iguales, pero uno más rico que otro en álcali, se observa que cuanto más rápido es el desarrollo (esto es, cuanto mayor es la cantidad de álcali) tanto más grandes son los contrastes. En consecuencia, si una placa perfectamente expuesta da en el desarrollo demasiados contrastes, conviene reducir la cantidad de álcali.»

El experimento hecho en la forma antes indicada no es, en verdad, lo suficiente racional, porque dos baños, uno rico de álcali y otro pobre, tienen una rapidez de acción muy distinta, y, por lo tanto, desarrollando con ambos durante el mismo tiempo, si un negativo es desarrollado en su justo límite, el otro resulta poco ó demasiado desarrollado.

El Sr. Saboye quiso comprobar de más precisa manera la afirmación de la Casa Cramer, y al efecto hizo algunos experimentos, que refirió en la *Photo-Revue*, 1907. Impresionó idénticamente cuatro placas y las desarrolló en cuatro baños de desarrollo al pirrogalol, conteniendo proporciones de álcali como sigue: 1, 2, 4, 8. Pero no desarrolló durante el mismo tiempo, sino con tiempos variables, y precisamente menos tiempo con el baño de acción más rápida.

Comprobó que el baño más rico de álcali daba la imagen con los contrastes más violentos, mientras que el baño más pobre daba la imagen más suave y detallada. Prescindiendo de consideraciones sobre la opacidad en las grandes luces de los imágenes obtenidas, de las que no se ocupó el Sr. Savoye, lo que resultaría es que el aumento de álcali tiende á impedir el desarrollo de los detalles. Esto podría considerarse consecuencia del hecho de que, más allá de un cierto límite, la energía del desarrollo es tal que no pueden existir diferencias entre el bromuro de plata que no ha sufrido impresión alguna y el que la ha sufrido debilísima, así es que los detalles en el momento en que podrían producirse se confunden con el velo general.

Más recientemente, hizo estudios sobre este mismo argumento el Dr. L. Bourgeois, de Lausana.

Demostró dicho doctor que la cantidad de álcali que, en gene-

ral, se usa en la práctica es demasiado fuerte y resulta perjudicial para la graduación de la imagen. No es equívoca tampoco, según este doctor, la concepción teórica de que la cantidad de álcali debe estar en relación con el peso de plata que un revelador dado puede reducir del nitrato de plata; en efecto, se acostumbra á admitir que á cada átomo de plata reducida debe corresponder un átomo de metal alcalino. La hidroquinona y la pirocatequina, por ejemplo, reducen casi la misma cantidad de nitrato de plata (?), mientras que, según el citado doctor, la cantidad de álcali más conveniente para la pirocatequina es más del cuádruple que la que requiere la hidroquinona.

La primera conclusión de su estudio, que nosotros también aceptamos, pues corresponde á nuestros experimentos, es que no puede establecerse una relación, entre álcali y revelador, conveniente para todos los casos; para cada revelador existe una cantidad de álcali que se presta mejor para dar negativos con la mayor riqueza de tonos.

Considerando como álcali el carbonato de sosa, que es también el más usado, el Dr. Bourgeois dedujo de los ensayos prácticos que los tenores máximos de carbonato de sosa anhidro más convenientes por la perfección y riqueza de tonos de la imagen negativa serían los siguientes:

Por cada 10 gramos de hidroquinona.	13,3	de carbonato de sosa anhidro		
» » de iconógeno . . .	10,0	—	—	
» » de pirogálico . . .	50,0	—	—	
» » de pirocatequina . . .	60,0	—	—	
» » de metol	20,0	—	—	
» » de glicina	10,0	—	—	
» » de ortol	0,0	—	—	
» » de adurol	25,0	—	—	
» » de amidol	0,0	—	—	

Como se ve, para ciertos reveladores, y especialmente la hidroquinona, el iconógeno, metol, glicina, estos números son bastante inferiores á los que se acostumbra á usar en la práctica. Nosotros no podemos decir hasta qué punto pueden aceptarse estos números; pero consideramos que, en general, se exagera en el tenor de álcali.

El Sr. Bourgeois confirma cuanto estableció el Sr. Savoye, y que citamos más arriba; esto es, que para el desarrollo de las medias tintas y delicados detalles es bastante ventajoso emplear, con la mayor parte de los reveladores, baños de desarrollo relativamente pobres de álcali.

Así, pues, en el caso de negativos subexpuestos, es preferible emplear baños de desarrollo pobres de álcali y, por lo tanto, poco

enérgicos, en lugar de forzar desarrollo con baños enérgicos y, en consecuencia, de elevado contenido de álcali.

Los Sres. Lumière y Seyewetz, en un estudio publicado en 1909 sobre las causas que influyen en los contrastes, afirman que en los casos de sobreexposición es conveniente disminuir la cantidad de álcali para obtener mayores contrastes. Esta afirmación podría parecer está en contradicción con cuanto hemos dicho anteriormente; pero, en realidad, no es así.

En efecto, si una placa ha sido expuesta, más bien poco, y no tiene tendencia al velo, puede desarrollarse á fondo, y entonces el aumento de álcali aumenta la opacidad de las 'sombras, y, por lo tanto, los contrastes. Mientras que, con una placa que tienda al velo ó con posa abundante se tendría con el aumento de álcali una disminución de contrastes, por la necesidad de detener el desarrollo antes de la producción de un velo perjudicial. Y, por otra parte, incluso continuándolo, el velo intenso que se produciría constituirá siempre una causa de disminución de contrastes.

Para terminar diremos que hemos querido experimentar la diferencia de comportamiento del revelador de la hidroquinona-metol (preparado según nuestra fórmula habitual) cuando la proporción de álcali varía de 3 á 1. He aquí la fórmula:

	Baño normal á la hidroquinona.	Baño con 1/3 de alcali y metol (nuestra fórmula).
Hidroquinona.	6,0 gr.	6,0 gr.
Metol	1,0 —	1,0 —
Sulfito de sosa cristalizado	50,0 —	50,0 —
Carbonato de sosa anhidro	30,0 —	10,0 —
Bromuro de potasio.	1,5 —	1,5 —
Agua para hacer	1,0 litro.	1,0 litro.

Desarrollamos varias negativas de paisajes, algunas de las cuales habían recibido escasa exposición; otras, exposición precisa; otras, abundante; la mitad de una placa fué desarrollada con uno y la otra mitad con otro.

Hemos observado que cuando la exposición es más bien escasa, ó cuando el asunto es de fuertes contrastes (y se ha dado una exposición normal para los blancos y escasa para los negros) el empleo del baño con 1/3 de álcali (que requiere un tiempo de desarrollo cerca de una vez y media lo que el otro) da, efectivamente, en general, negativos menos opacos en las grandes luces, más ricos de medios tonos y más detallados en las sombras, y, por lo tanto, más entonados.

Influencia de la temperatura en el desarrollo.—Hace muchos años, los Sres. Luys y David llegaron á la demostración de que la aplicación de los dedos sobre una placa sensible, mientras ésta se encuentra en el desarrollo, da lugar á una impresión enérgica; en la imagen desarrollada se observan aureolas alrededor de los dedos con respecto de fuertes trazos, como si una influencia activa hubiera irradiado del operador.

Pensando que la acción química de la epidermis pudiese ser causa del fenómeno, se hizo el experimento aplicando los dedos sobre el reverso de la placa colocada en el desarrollo con la parte sensible abajo apoyada en dos soportes inactivos. También en estas condiciones se produce igualmente el fenómeno. Así, pues, los autores dedujeron que la causa de esta acción había que buscarla en efluvios emanados de los dedos como de cualquier otra parte del cuerpo humano (1).

Pero tan trascendentales conclusiones fueron presto desmentidas por el ilustre hombre de ciencia francés Colson.

Mostró este señor que la placa colocada en el desarrollo resiente la acción de una temperatura mucho más limitada que la que tiene efecto sobre la placa seca. Así, pues, la temperatura de la mano puede provocar, precisamente, el ennegrecimiento de las placas en los puntos tocados con irradiaciones como trazos á todo su alrededor. Irradiaciones que Colson explica atribuyéndolas á movimientos del líquido desarrollador, que, debilitándose al contacto con la placa, da lugar á una afluencia de nuevas partículas. Que sea el calor solamente lo que produce el efecto, y no efluvios de clase alguna, lo demostró el autor de manera irrefutable poniendo sobre la placa un trozo de metal calentado; el efecto es perfectamente análogo al producido por la mano. El fenómeno se produce tanto si el metal ha sido calentado con la mano como artificialmente; el efecto es máximo si el baño se conserva completamente inmóvil.

Estos experimentos, si bien no conducen á una aplicación inmediata, tienen gran interés, tanto en lo que afecta á la parte científica como para la práctica.

(1) A título de curiosidad, y para demostrar con cuánta ligereza se deducen conclusiones maravillosas de efectos extraños ó inexplicables que puede presentar el gelatino-bromuro, haremos referencia á dos clases de fotografía anunciadas en 1911: la fotografía del pensamiento y la fotografía del alma, cuando, en el momento de la muerte, se separa del cuerpo! ¡Experimentadores demasiado torpes no piensan cuán delicado es el instrumento (placa al gelatino-bromuro) que sirve para sus ensayos y cuán disparatadas las influencias que pueden escapar aun á los más expertos fotoquímicos, susceptibles de originar engaños!

En efecto; demuestran, en primer lugar, cuánto mayor es la sensibilidad de la placa sensible por el agente físico del calor, una vez que la placa está bañada de revelador. En la luz sucede lo contrario: la placa bañada con agua, ó también con revelador, es menos sensible á la acción de la luz que en estado seco. El calor tiene, pues, sin duda, el efecto de aumentar bastante la acción reductora del revelador sobre el bromuro de plata. Esto, según Colson, puede ser un recurso físico para el estudio, y el registro de los fenómenos relativos á la propagación, absorción é irradiación del calor.

Para el fotógrafo, estos experimentos demuestran, hasta la evidencia, la importancia que tiene, para la claridad del negativo, la temperatura del baño de desarrollo.

Para ciertos reveladores de acción enérgica es una práctica muy importante, para el verano, la de enfriar el baño antes de usarlo, teniendo el frasco en hielo ó en lugar fresco. El amidol, por ejemplo, difícilmente da buenos resultados en verano, si no se enfría.

De todos modos, en los países cálidos es bastante útil, en la estación calurosa, agitar muy bien la cubeta en que se hace el desarrollo, porque tal agitación, como lo demuestran los experimentos de Colson, atenúa bastante la tendencia á velar en el baño un poco caliente.

Ciertos reveladores, en cambio, requieren una temperatura no demasiado baja para obrar bien. La hidroquinona, en efecto (sola, sin metol), desarrolla no muy bien en la estación fría si no se calienta el baño un poco.

El capitán Houdaille, partiendo del hecho aclarado por Colson acerca de la influencia de la temperatura del baño de desarrollo, ha estudiado la reacción que existe entre la temperatura del baño y el tiempo de aparición de la imagen. De sus investigaciones ha deducido la siguiente ley aproximativa:

Para una misma posa, la duración de aparición de la imagen es inversamente proporcional á la temperatura del baño, expresada en centígrados. Variando la posa, se puede, regulando fijamente la temperatura del baño, llegar á iguales resultados.

El capitán Houdaille ha basado en el mismo principio un método para establecer comparativamente la intensidad del velo que toman dos placas distintas; coloca las placas á confrontar en un baño de desarrollo á 0° con la gelatina abajo apoyada en soportes. Después se coloca sobre ésta un trozo de metal fundido de $\frac{1}{2}$ kilogramo, calentado á 40°, y observa después de tres minutos la intensidad del velo producido en ambas.

El baron Hübl hizo también varios experimentos acerca de la influencia de la temperatura; para el amidol y la glicina estableció las cifras siguientes, que representan los tiempos necesarios para desarrollar la imagen expuesta normalmente á diversas temperaturas.

Son cifras que nada representan en sí, pero que pueden servir para demostrar cuánto varía la duración del desarrollo con la temperatura:

	Temperatura.	Duración del desarrollo en segundos.
Glicina	12°	138
	17°	104
	22°	60
Amidol	16°	22
	8°	70
	0°	48

Los Sres. Lumière y Seyewetz demostraron que la temperatura influencia también los contrastes de la imagen, dando, en general, los baños más calientes menores contrastes. Esto, por otra parte, no es sino una consecuencia de la mayor rapidez de acción de los baños calientes, que no permite desarrollar á fondo, porque el velo que tiende á producirse obliga á detener el desarrollo antes de haber alcanzado la opacidad necesaria en las luces.

Factores de desarrollo (Método Watkins).—Para evitar, á los menos prácticos especialmente, las incertidumbres derivadas del apresuramiento del momento en el cual debe ser detenido el desarrollo con cierto baño, el Sr. Watkins propone establecer el tiempo total de desarrollo fundándose en el tiempo necesario para hacer aparecer los primeros trazos de la imagen.

Watkins estableció una serie de factores para los cuales se triplicará el tiempo exigido para la aparición de la imagen para obtener un desarrollo completo.

Con los reveladores que obran rápidamente, el factor es mayor que con los reveladores de acción lenta; porque si los primeros dan rápidamente un desarrollo superficial, requieren también cierto tiempo para que el baño de desarrollo pueda obrar en toda la profundidad de la capa y dar una imagen suficientemente opaca.

Este método no puede ser aplicado, sin embargo, con ventaja sino para los baños de desarrollo que obran lentamente, porque sólo en tal caso es posible calcular con exactitud cierta el tiempo exigido para la aparición de los primeros contornos.

Y sería siempre útil también, para la exactitud del método, emplear el baño á una temperatura constante.

Para mayor claridad véase nuestra *Enciclopedia fotografica*, en la que se detalla este método y las cifras que representan los factores á usar en los diversos reveladores.

Diremos, sin embargo, que creemos que, para aplicar el método con éxito seguro, es necesario que cada uno establezca el factor á usar, según el baño que emplee, tipo de temperatura y marca de placas que utilice.

Así tendríase la seguridad de que ninguna otra circunstancia, y sólo el tiempo de posa, puede influir en hacer variar el tiempo de desarrollo. Y dentro de límites de posa bastante largos, pero no exagerados, podría desarrollar sin inspección del negativo y obteniendo los mejores resultados.

Hemos aplicado este método, con ventajas positivas, para el desarrollo de las placas autocromáticas para la fotografía en colores. Con el baño por nosotros aconsejado hemos establecido el factor 6 á 7 (véase nuestro *Manuale sulla fotografica in colori*).

Según Houdaille, un buen baño de desarrollo debe permitir obtener una escala de opacidad de 1 á 12, y si es posible llegar de 1 á 25, hasta que el negativo sea utilizable con la mayoría de los papeles actualmente en uso. Conviene hacer observar que la escala de las intensidades del asunto varía según se trate de paisaje ó de retrato. En un paisaje, indicando con 48 la intensidad luminosa de una pared blanca en pleno sol, la intensidad de la misma pared en la sombra es 8, y la de los objetos oscuros, 1. En el retrato hecho en galería la escala llega de 1 á 25 y menos también. En un negativo no se puede tener prácticamente una escala de opacidad de 1 á 48; en general, es 1 á 15 ó 1 á 20, y sólo excepcionalmente, con negativos bastante vigorosos, se puede llegar de 1 á 40. Se ve, pues, que la escala de un negativo es, en general, menos rica que la escala de las intensidades luminosas de los asuntos á fotografiar; hay, pues, interés en buscar un revelador que aumente esta escala todo lo posible.

Después, teniendo en cuenta estas consideraciones de Houdaille, diremos que la evolución en el arte fotográfico exige hoy imágenes en las que la graduación de tinta sea excelente; pero en las que la opacidad dista mucho de llegar al límite que Houdaille desearía.

En una conferencia que dimos en el Congreso Fotográfico de Roma en 1911, decíamos:

«El desarrollo debería practicarse de tal manera que en ninguna parte la opacidad del depósito de plata llegue á un límite que corresponda al blanco absoluto en la impresión positiva.

El blanco absoluto, en la naturaleza, constituye una excepción y así debe ser también en la fotografía. Y, además, ¡cuántas son las fotografías de profesionales y aficionados en las que el blanco del papel representa el valor de una pared, de una carretera, de la carne (en el retrato), etc.!

Quien observe los negativos de retrato de los mejores artistas alemanes queda sorprendido ante su poca opacidad.

La mayoría de nuestros fotógrafos dirían ¡negativos sin vigor no impresionables!

No es exagerado decir que si consideramos, por ejemplo, que la escala de opacidad de un negativo fotográfico comprende 10 valores, comprendido el blanco y el negro, en los negativos de la mayor parte de nuestros fotógrafos estos 10 valores están reunidos en las cercanías de las dos extremidades, blanco y negro, dejando una laguna más ó menos notable en el medio, mientras que en los negativos de los artistas alemanes la escala de los valores, sin ser inferior, dista mucho de las extremidades blanco y negro y no presenta lagunas.»

Para trabajos científicos y trabajos especiales, como en las reproducciones, por ejemplo, será conveniente, pues, buscar de realizar las condiciones indicadas por Houdaille, para tener no sólo una buena escala de clarooscuro, sino también una opacidad entre los límites más amplios; esto se efectúa bien con el baño de desarrollo á la hidroquinona aconsejado por Houdaille (véase en el capítulo sucesivo el párrafo con las recetas para el desarrollo á la hidroquinona). Pero cuando se quiere hacer arte fotográfico, como actualmente ocurre, se da la preferencia á reveladores que dan excelente graduación, pero opacidad limitada.

CAPÍTULO XXVIII

RECETAS É INDICACIONES PRÁCTICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS PLACAS AL GELATINO BROMURO

La parte práctica del desarrollo está tratada extensamente en nuestra *Enciclopedia fotografica*.

Pero no queremos dejar de dar algunas fórmulas escogidas é indicaciones prácticas.

No todas las recetas que aquí daremos corresponden á las consignadas en la *Enciclopedia*, ya sea porque, no siendo contemporánea la publicación de los dos libros, puedan haber aparecido modificaciones debidas á experimentos nuestros ó de otros, ó porque, existiendo más recetas que son equivalentes por la bondad de sus resultados, preferimos que figuren divididas entre dos manuales á que se acumulen en uno sólo. Y tal acumulamiento de fórmulas debe evitarse en un manual práctico, al cual acude repetidamente el que cultiva la fotografía sin bases teóricas que puedan permitirle escoger, entre dos ó más recetas dadas para un mismo baño revelador, la que más convenga para el caso.

En cambio, quien estudió en este manual las bases teóricas del proceso del desarrollo la influencia de los varios componentes, podrá escoger más convenientemente entre varias recetas y preferirá probablemente tener á la vista más de una para cada revelador.

En todas las recetas que vamos á dar, cuando indicamos el sulfato de sosa, se entiende siempre el producto cristalizado, que preferimos, por las razones ya expuestas, y por carbonato de sosa entendemos siempre el producto comercial anhidro, llamado comercialmente sosa Solway.

El agua que se use no es necesario que sea destilada ó de lluvia; podría ser preferible el empleo de ellas, porque se obtiene empleándolas baños limpios, mientras que con agua común se tiene un depósito de carbonato de calcio que obliga á filtrar ó á decantar.

El uso de baños turbios tiene el inconveniente de hacer necesaria una continua agitación del baño durante el desarrollo para evitar que partículas suspendidas, depositándose, produzcan irregularidades en la imagen.

Cuando se emplean álcalis cáusticos (sosa, potasa, amoníaco), el enturbiamiento del baño por efecto del agua es sensiblemente

mayor que en el caso en que se emplean los carbonatos alcalinos.

El orden de solución de los diversos productos no tiene, en general, demasiada importancia; sin embargo, es preferible añadir el revelador en último lugar.

Se evitará siempre disolver el revelador en la solución conteniendo carbonato alcalino y no todavía sulfito.

Para facilitar la solución se puede usar agua templada; pero nunca agua hirviendo, porque en solución demasiado caliente el revelador tiende mayormente á oxidarse.

Para el mejor resultado es conveniente, en general, que los baños tengan una temperatura de 15 á 18°.

Desarrollo al pirogalol.—Se preparan las dos soluciones siguientes, que separadamente se conservan bastante bien:

1. Agua	1.000 c. c.
Metabisulfito de potasio.	5 gramos.
Pirogalol.	20 —
2. Agua	1.000 c. c.
Sulfito de sosa.	150 gramos.
Carbonato de sosa.	100 —
Bromuro de potasio.	1/2 á 1 —

Para placas normalmente expuestas, tomar volúmenes iguales de 1 y 2. Para disminuir el vigor de la imagen se tomará un volumen de 1, un volumen de 2 y un volumen de agua.

Es esta una receta excelente para el desarrollo al pirogalol.

Los Sres. Lumière y Seyewetz han estudiado un método de desarrollo al pirogalol que permite corregir con facilidad, hasta cierto punto, los errores de exposición.

He aquí las recetas é indicaciones dadas por estos autores:

Se preparan las dos soluciones siguientes:

A. Agua	1.000 c. c.
Acido pirogálico.	30 gramos.
Bisulfito de sosa líquido comercial	10 c. c.
B. Agua	1.000 c. c.
Carbonato de sosa.	35 gramos.
Sulfito de sosa.	150 —
Bromuro de potasio	5 —

El baño normal para placas bien expuestas se compone con

Solución A	10 c. c.
» B	20 —
Agua	90 —

Para aplicar el método Lumière se prepara un baño con menos álcali, ó sea,

Solución A	10 c. c.
» B	10 —
Agua	90 —

La tabla de la página siguiente da todos los datos necesarios para conducir bien el desarrollo con este método. Sirve sólo para las placas Lumière, para las que fué establecida: para placas de otra marca sería necesario hacer algunos ensayos para aprovechar la citada tabla. Y ello se debe á que, en igualdad de exposición relativa, las placas de diversas marcas emplean diverso tiempo en hacer aparecer las primeras huellas de la imagen.

Para temperaturas inferiores á 15° ó superiores á 17°, se aplica la regla de Houdaille, ó sea se añade ó se quita duración del desarrollo, tomando por unidad el 5 por 100 por cada grado de diferencia.

Con este método han podido obtener los autores, con placas relativamente muy sobreexpuestas (8-10 veces), negativos casi normales.

El baño de desarrollo al pirogalol no se presta para ser preparado en solución única, porque se altera con bastante rapidez, incluso en frascos llenos y tapados. Este comportamiento del pirogalol tiene explicación en las investigaciones por nosotros hechas, de las que hablamos en la página 201.

Pero Eder ha comprobado que con baños de desarrollo concentrados la conservación es bastante mejor. He aquí, según Eder, la receta para un baño de esta naturaleza:

Sulfito de sosa cristalizado	20 gramos.
Carbonato de sosa anhidro	5 —
Agua destilada	90 c. c.

Se hace hervir la solución y se deja enfriar; después se añade 3 gr. de ácido pirogálico. Se pone después en una botella, que se llena bien y se tapa. Para el uso se diluye con cinco volúmenes de agua. Puede conservarse bien durante algunas semanas.

El desarrollo al pirogalol es uno de los mejores y que permite con modificaciones racionales en la composición del baño, satisfacer cualquier exigencia.

Por ello se aconseja bastante también para el desarrollo de las películas.

Todos los baños de desarrollo al pirogalol tienen, sin embargo, el inconveniente de colorar más ó menos la gelatina, lo que aumenta el tiempo de impresión á la luz.

TABLA para el desarrollo metódico al pirogalol. — Temperatura, entre 15° y 17°.

Tiempo necesario para que aparezcan los primeros contornos de la imagen, sin tener en cuenta el cielo.		Relación entre el tiempo de exposición dada y el tiempo de exposición normal.	Cantidad de solución que hay que añadir apenas aparecen los primeros contornos.	Duración total del desarrollo, comprendido el tiempo necesario para la aparición de los primeros contornos.
Con placas Lumière, etiqueta azul, y con placas Lumière, sigma.	Con placas Lumière, etiqueta violeta.			
2,25 á 2,40 minutos.	1,55 á 2,5 minutos.	8 veces la normal.	20 c. c. de solución A.	18 minutos.
2,41 á 3,15 —	2,6 á 2,20 —	4 — —	10 — — A.	18 —
3,16 á 3,30 —	2,21 á 2,35 —	2 — —	Nada.	15 —
3,31 á 3,50 —	2,36 á 3,10 —	Normal.	10 c. c. de solución B.	12 —
3,51 á 4,15 —	3,11 á 3,40 —	Mitad del tiempo normal de exposición.	15 — — B.	13 —
Más de 4,15 —	Más de 3,40 —	Un cuarto del tiempo normal de exposición.	20 — — B.	13 —

Esto representa un inconveniente, especialmente cuando los negativos deben ser impresionados sobre papel de ennegrecimiento directo.

El pirogalol presenta, además, el inconveniente de su notable toxicidad.

Por el hecho de insolubilizar bastante enérgicamente la gelatina, no se requiere, cuando se emplean baños de desarrollo al pirogalol, baño alguno reforzador de la película, incluso en la estación cálida.

Desarrollo á la hidroquinona.—En la fotografía ordinaria se usan hoy muy poco baños de desarrollo preparados con hidroquinona sola. Casi siempre se usa la hidroquinona junto con el metol.

La hidroquinona sirve, además, muy bien para reproducciones, y hemos establecido una fórmula de desarrollo que aconsejamos vivamente. Hela aquí:

A. Hidroquinona	20 gramos.
Sulfito de sosa	40 —
Bromuro de potasio.	6 —
Agua.	1.000 c. c.
B. Carbonato de potasa	100 gramos.
Agua.	1.000 c. c.

Para el uso se mezcla un volumen de la solución A y dos de la solución B.

Como ya hemos dicho, los baños de desarrollo á la hidroquinona resienten bastante la influencia de la temperatura y la del bromuro de potasio.

El revelador hidroquinona da baños de gran energía sólo en presencia de álcalis cáusticos; pero en tal caso, además de los inconvenientes, indicados ya á su tiempo, que lleva consigo el empleo de álcalis cáusticos, se tiene una alteración demasiado rápida del baño.

Según Houdaille, la receta de baño de hidroquinona que da la máxima riqueza de claro-oscuro se obtiene mezclando volúmenes iguales de las tres soluciones siguientes:

1. Agua.	333,0 gramos.
Sulfito cristalizado.	100,0 —
Hidroquinona	15,0 —
2. Agua.	333,0 gramos.
Carbonato de sosa	40,0 —
3. Agua.	333,0 gramos.
Bromuro de potasio	1,5 —

Este revelador da negativos de la máxima opacidad, permitiendo, además, una buena graduación.

Para el retrato especialmente, sin embargo, la opacidad que da este baño es excesiva.

Es interesante el hecho, comprobado por el autor, de que, ya sea concentrando el baño normal al doble, ó disolviéndolo con igual volumen de agua, se obtiene una disminución notable de opacidad y contrastes.

El autor, como conclusión de sus investigaciones científicas, llevadas á cabo con auxilio de diagramas representando las variaciones de opacidad, deduce que, para tener con un baño de hidroquinona negativos del mayor vigor, la proporción de ésta debe estar en los límites entre 7 y 15 gr. por litro.

Desarrollo á la pirocatequina.—La pirocatequina es un revelador poco usado, si bien susceptible de dar buenos negativos. El inconveniente de la pirocatequina es el de exigir el empleo de álcalis cáusticos, porque empleada con los carbonatos alcalinos da baños de insuficiente acción.

El Dr. Koenig ha hecho estudios acerca de este revelador para establecer el mejor modo de empleo, y de ellos se ocupó en un artículo publicado en el *Progreso Fotográfico*, 1908.

Comprobó que conviene usar una cantidad de álcali cáustico que corresponda perfectamente á la saturación de uno de los grupos OH, esto es, á la formación de monofenolato. Se obtiene de esta forma un baño, en general, de energía justa, mientras que si se emplease todo el álcali necesario para saturar dos grupos OH se tendría un difenolato y una energía en general excesiva.

Para poder dosar con precisión el álcali cáustico, el Dr. Koenig aconseja no emplear sosa cáustica en trozos, cuya composición es demasiado inconstante á causa de la alteración á que se la somete.

Aconseja adquirir sosa cáustica líquida, entre las cuales la más común es la de 38° Baumé, que contiene 32 por 100 de sosa cáustica efectiva.

Es muy fácil establecer el peso de solución que debe tomarse para tener cierto peso efectivo de sosa cáustica, como exige la receta.

He aquí la fórmula dada por el Dr. Koenig:

A. Pirocatequina	55 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado.	35 —
Agua destilada c. s. para	500 —
B. Sosa cáustica pura al 100 por 100	28 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado	150 —
Agua destilada c. s. para	500 —

Para el uso tómesese: 10 c. c. de la solución A, otros 10 de la B, más 150 á 250 c. c. de agua.

Si se usan 150 c. c. de agua se obtienen imágenes de extraordinaria opacidad.

Con un simple cálculo químico se deduce fácilmente de la fórmula que la cantidad de sosa cáustica que entra es suficiente para saturar por completo uno de los grupos hidróxilos y cerca de la mitad del otro.

Si se desea un baño de desarrollo menos enérgico se tomará 15 c. c. A, 10 B y 200 de agua. En este caso, la cantidad de sosa es suficiente para saturar uno solo de los grupos OH; se obtiene, pues, un monofenolato $\left(\text{C}^6\text{H}^4 \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{ONa} \end{array} \right)$. En cambio, si se quiere

saturar por completo los dos grupos OH y obtener un difenolato, se tomarán 10 c. c. A, 15 B y 200 de agua; pero, como ya hemos dicho, este revelador es, en la mayor parte de los casos, demasiado enérgico.

Las principales ventajas del desarrollo á la pirocatequina son las siguientes: conservación en dos soluciones separadas, acción rápida, fácil adaptabilidad á los diversos casos, ausencia de velo, opacidad de imagen que se desea variando concentración y tiempo de desarrollo.

Hay que tener en cuenta que es necesario subdividir el sulfito de sosa entre ambas soluciones, porque á fuerte concentración el sulfito forma con la pirocatequina un compuesto difícilmente soluble.

Una excelente calidad de pirocatequina para su empleo en el desarrollo es la fabricada por la Casa Poulenc Frères, de París.

Desarrollo al iconógeno.—El iconógeno tiende á dar negativas de intensidad un tanto escasa; por ello es preferible usarlo asociado á la hidroquinona.

Es fabricado exclusivamente por la Act. Ges. für Anilin Fabrication.

Su uso está hoy bastante limitado, y por ello no creemos del caso dar otras recetas además de las que se encuentran en nuestra *Enciclopedia fotografica*.

Desarrollo al paramidofenol.—Como baño de desarrollo al paramidofenol se usa casi exclusivamente la solución concentradísima que se vende con el nombre de Rodinal Agfa.

Para el uso, este baño se disuelve con 10 á 40 partes de agua, según la energía que se quiere posea el baño.

Para prepararse uno mismo el baño de desarrollo al paramidofenol es necesario hacer una solución de clorhidrato de paramidofenol (10 gr.) en agua (100 c. c.) y metabisulfito de potasio (20 gramos). A ésta se añade una solución concentrada de potasa

cáustica hasta que el precipitado (constituido por paramidofenol base) que se forma antes se disuelva de nuevo. Este baño, para el uso, se disuelve con diez ó más veces su volumen de agua.

Es, además, bastante difícil conseguir prepararse uno mismo una solución de desarrollo al paramidofenol que alcance la concentración del rodinal con su limitada alcalinidad.

El álcali cáustico que entra en el rodinal se establece probablemente con precisión química con objeto de obtener la formación de un fenolato, y así se evitan los inconvenientes debidos á la presencia de un exceso demasiado fuerte de álcali cáustico, como se hace fácilmente preparándose el baño uno mismo.

El baño de paramidofenol con carbonato alcalino no es, en general, aconsejable, por ser de energía un tanto deficiente.

El paramidofenol, que por sí solo da imágenes más bien débiles que vigorosas, puede ser mezclado útilmente con hidroquinona y dar así imágenes más vigorosas.

Desarrollo al diamidofenol.—El diamidofenol ó amidol es uno de los reveladores más empleados. Con el nombre de diamidofenol se vende á precio bastante bajo por varias Casas, alemanas especialmente.

La receta corriente para su empleo es la siguiente:

Diamidofenol	5 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado	50 —
Agua.	1.000 c. c.

Pero disponiendo de sulfito de sosa purísimo es preferible reducir el sulfito á 30 gr. Esto hace el baño de acción ligeramente más lenta y permite obtener también casi siempre imágenes un poco más vigorosas.

El diamidofenol resiente, en grado relativamente limitado, la acción del bromuro de potasio. La adición de bromuro al baño de diamidofenol hace que el color de la plata reducida tienda del azul negro al negro oliva.

Por ello es aconsejable siempre la adición de bromuro cuando se usa el baño de diamidofenol para el desarrollo del papel al gelatino-bromuro y al clorobromuro, empleo éste que es el principal para el diamidofenol.

Según los Sres. Lumière y Seyewetz, en el desarrollo al diamidofenol el máximo efecto retardador del bromuro se obtiene añadiendo 5 á 10 gr. por litro. Antes de 5, y al exceder de 10, el efecto es bastante leve.

La solución de diamidofenol lista para el uso no puede, en modo alguno, conservarse, y por ello debe prepararse el baño en el momento de usarlo.

Se aconseja, para facilitar la preparación del baño, tener preparada una solución al 5 por 100 de sulfito de sosa, y añadirle, para el uso, el diamidofenol, que se disuelve rápidamente.

Pero la solución de sulfito sólo puede conservarse si se tiene en frascos llenos y tapados; es mucho más oxidable que el revelador hidroquinona-metol acabado.

El Sr. Reeb, para obtener soluciones discretamente conservables de diamidofenol, propone, con acierto, hacer una solución de diamidofenol en el bisulfito y añadir para el uso una solución de carbonato de sosa.

Dicho señor indicó el empleo del bisulfito de sosa líquido; pero preferimos el del metabisulfito de potasio, por su constancia mayor.

Se tomará:

A. Agua	150 c. c.
Metabisulfito de potasio	3 á 5 gramos.
Diamidofenol	1 —
B. Carbonato de sosa	20 gramos.
Agua	100 —

Para el uso, se añade á la solución A 10 á 25 c. c. de B. Si se quiere proceder como es debido, especialmente en los casos de dudosa exposición, se puede hacer la adición de B, centímetro á centímetro cúbico, hasta que se vea empieza á producirse la imagen. Con ello se pueden remediar, hasta cierto punto, subexposiciones y sobreexposiciones.

Para obtener un baño lento de desarrollo al diamidofenol aconsejó el Sr. Balagny la adición de cierta cantidad de bisulfito; pero nosotros no la creemos recomendable, mientras, que, en cambio, consideramos útil la adición de ácido bórico y bromuro.

Sobre este argumento hicimos una comunicación en el Congreso de Química aplicada, de Londres, en 1909, que, si bien muchos de sus extremos se han repetido, creemos puede interesar al lector:

«Hace algunos años indicaba el empleo del ácido bórico como excelente corrector en los baños de desarrollo alcalinos en los casos de sobreexposición, y encontré especialmente eficaz el empleo simultáneo del bromuro y ácido bórico, por lo que propuse preparar una solución de bromuro al 10 por 100 y saturarla de ácido bórico, teniendo preparada esta solución en el laboratorio para poderla utilizar en casos de sobreexposición. Muchos han adoptado esta solución, que llamé bromobórica; entre otros, me complazco en citar al Sr. Dillaye, que ha encontrado el empleo de la solución bromobórica bastante eficaz incluso para el desarrollo de las pruebas sobre papel al bromuro.

» Ensayando más profundamente el empleo del ácido bórico con los diversos reveladores, comprobé que la acción es notablemente distinta en los baños que obran en presencia de álcali y en los que obran sin él (diamidofenol). En los baños alcalinos el ácido bórico también por sí solo ejerce notable acción retardadora sobre el desarrollo. En cambio, el baño de diamidofenol, preparado según la fórmula corriente, sin bromuro, puede ser saturado también de ácido bórico sin que la acción sobre el desarrollo se deje sentir de modo notable. La aparición de la imagen es retardada un poco; pero pequeño, nulo es el efecto en los casos de sobreexposición. El desarrollo al diamidofenol conteniendo 20 á 50 gr. por litro de ácido bórico se conserva bastante mejor que el otro, por lo que no es necesario, como con el otro ocurre, prepararlo en el momento del uso. Y parece, además, que el baño en esta forma preparado resiente menos la influencia perjudicial de la temperatura, ya que ensayé el desarrollo, incluso á 25°, sin inconvenientes.

» Sábese que el bromuro de potasio tiene acción retardadora bastante limitada en los baños de desarrollo al diamidofenol; así, pues, ni con la adición de notables cantidades de bromuro de potasio se consigue corregir errores de alguna importancia ocurridos durante la exposición.

» Esto nos indujo á utilizar el bisulfito alcalino como adición al baño de desarrollo al diamidofenol, para hacer posible la corrección. Pero el bisulfito presenta el inconveniente de disminuir el poder reductor del amidol, y basta exceder un poco de cierto límite para detener por completo el desarrollo. En presencia de bisulfito, el amidol, que por sí mismo tiende á dar imágenes más bien débiles, las da menos intensas todavía, así es que no hace sino retardar el desarrollo sin acentuar notablemente los contrastes, como demostraron recientemente los Sres. Lumière y Seyewetz (véase más atrás). Y en cuanto á la conservación, la pequeña cantidad de bisulfito que puede añadirse al baño de diamidofenol tiene ligero efecto sobre la conservación, como lo demuestra la tabla dada en otra comunicación mía (pág. 200).

» La adición de solo ácido bórico al baño de diamidofenol no tiene los inconvenientes del bisulfito; en cualquier cantidad no disminuye el poder reducente del amidol y conserva el baño casi tanto como el bisulfito, dada la poca cantidad que de este último se puede emplear.

» Por sí mismo, sin embargo, como ya he dicho, no retarda sino ligeramente el desarrollo de la imagen; pero da al baño, además de la conservación, una característica bastante importante, la de hacerse más sensible á la acción del bromuro. El baño de diamidofenol saturado de ácido bórico, á la vez que no pierde los caracteres del desarrollo al diamidofenol, adquiere dos preciosas propiedades para la práctica, esto es, aumenta sensiblemente su

conservación y se hace bastante sensible á la acción del bromuro alcalino, en forma que permite corregir fuertes sobreexposiciones, inclusive.

» El baño que yo empleo está constituido en esta forma:

Sulfito de sosa cristalizado	40 gramos.
Acido bórico en polvo	30 —
Diamidofenol (clorhidrato)	5 —
Agua, c. s. para formar.	1 litro.

» A título de ejemplo daré á continuación los tiempos exigidos para el desarrollo de cuatro negativos obtenidos en idénticas condiciones:

» 1.º Desarrollo al diamidofenol simple (fórmula como la indicada, sin ácido bórico), cinco á seis minutos.

» 2.º Idem con adición de 3 gr. por litro de bromuro de potasio, ocho á nueve minutos.

» 3.º Desarrollo al diamidofenol con ácido bórico (fórmula como la indicada), seis á siete minutos.

» 4.º Idem con 3 gr. por litro de bromuro de potasio, diez y siete á veinte minutos.

» Como intensidad en las partes más opacas de los negativos, las cuatro imágenes son equivalentes; pero en lo que se refiere á los contrastes se tiene con el baño 4.º una acentuación tanto mayor respecto á los otros baños cuanto más se exageró la posa.

» Dado el costo limitado del revelador diamidofenol, se comprende cómo la posibilidad de darle, con la adición de fuertes cantidades de ácido bórico, propiedades propias de reveladores mucho más costosos, puede constituir, en la práctica, especialmente para los establecimientos donde se producen films cinematográficos ó ediciones al bromuro, cierta ventaja.

» Añadiré que la presencia de mucho ácido bórico en el baño de desarrollo al diamidofenol tiene también cierta ventaja higiénica, disminuyendo bastante el efecto irritante que todos los baños reveladores alcalinos ejercen sobre el cutis los cuales en algunas personas producen eczemas bastante fastidiosos.»

Sobre el comportamiento del baño de desarrollo al diamidofenol hicieron también un interesante estudio práctico los Sres. Lumière y Seyewetz, del que damos á continuación las conclusiones:

1.º Con revelador de diamidofenol se pueden disminuir los contrastes y mejorar, por lo tanto, las placas sobreexpuestas, ya sea diluyendo el revelador (una parte de revelador normal por 3 de agua) ó bien aumentando la cantidad de sulfito de sosa en el revelador, ó, finalmente, disolviendo el revelador con una solución de sulfito en lugar de emplear agua solamente. Este último es el

método más eficaz. Se puede usar, para una parte de revelador normal, tres partes de sulfito de sosa anhidro al 5 por 100.

2.^a Para aumentar los contrastes y á la vez corregir la sobreexposición, el mejor método consiste, no, como hasta ahora se creía, en añadir bisulfito de sosa, sino bromuro de potasio en la proporción de 0,5 gr. por 100 c. c. de revelador normal. Las correcciones que así se obtienen son todavía mucho menores de las que se obtienen con el desarrollo al ácido pirogálico usado en la forma indicada en la página 249.

Desarrollo á la glicina.—La glicina es el revelador más usado para el desarrollo lento en cubeta vertical.

Sobre la práctica de tal desarrollo y sus ventajas hablamos extensamente en la *Enciclopedia fotografica*, y es inútil que aquí lo repitamos.

La fórmula más usada para el desarrollo á la glicina es la de Hübl, que damos á continuación y con la cual se obtiene una masa.

Tal masa de glicina, concentradísima, se conserva bien bastante tiempo, mientras que observamos que los baños de glicina en solución diluída, lista para el uso, se alteran con la conservación y no dan, después de cierto tiempo, buenos resultados, eso si son capaces de desarrollar.

Esta alteración no se debe á oxidación, ya sea porque el baño de glicina es poco oxidable ó porque se produce también si la conservación se hace en recipientes llenos y tapados. Es probablemente una transformación molecular que quita al cuerpo la función reveladora.

De tal modificación molecular de la que son susceptibles los reveladores en solución no se ha ocupado nunca nadie; pero creemos que, especialmente, pueda producirse en los reveladores de constitución más compleja con radicales no directamente ligados al grupo benecénico, como es, precisamente, la glicina.

He aquí ahora, las fórmulas é indicaciones de Hübl:

A. Agua destilada caliente.	40 c. c.
Sulfito de sosa cristalizado.	25 gramos.
Glicina.	10 —
Carbonato de potasa.	50 —

Si el baño aparece un poco turbio y oscuro es cosa que no tiene importancia. Se conserva el baño en frascos llenos y tapados y para el uso se toma:

1. Si la exposición es justa (baño normal).	}	Solución A.	8 c. c.
		Agua.	100 —
		Solución de bromuro al 10 por 100.	8 á 10 gotas.

2. Si la exposición es incierta	}	Solución A.	4 c. c.
		Agua.	100 —
		Solución de bromuro al 10 por 100.	5 gotas.
3. Si la exposición es muy dudosa	}	Solución A.	12 c. c.
		Agua.	1.000 —
		Solución de bromuro al 10 por 100.	1 á 2 gotas.

Si con este último baño, después de veinte minutos, no aparece la imagen, significa que la exposición ha sido normal ó deficiente, y entonces se retira del baño débil y se pone en el baño de desarrollo normal. Si, por el contrario, la imagen aparece antes de diez minutos, significa que ha habido sobreexposición, y en este caso se quitará la placa del baño y se pondrá en otro formado como sigue:

Solución A.	4 c. c.
» de bromuro al 10 por 100.	4 —
Agua.	100 —

Por el contrario, si es á causa de exposición deficiente (lo que se deduce observando si en el baño 3.º la imagen no aparece en treinta minutos), entonces se pondrá la placa en un baño formado por:

Solución A.	5 c. c.
— de sosa cáustica al 10 por 100.	2 —
Agua.	100 —

La sosa cáustica aumenta mucho la energía del baño.

Desarrollo á la glicina sin sulfito y sus ventajas.—El revelador glicina, á causa de su poca oxidabilidad, incluso en presencia de álcali, menor de la de cualquier otro revelador hoy conocido, hace que con él se puedan preparar excelentes baños de desarrollo sin sulfito de sosa y conteniendo sólo carbonato alcalino.

Basta preparar un baño que contenga 6 ó 7 gr. de glicina por litro y 50 ó 60 de carbonato de potasa.

Este baño desarrolla rápidamente y se conserva regularmente.

La gran ventaja de este baño, que ningún otro de los preparados con sulfito posee, es la de no tener tendencia alguna al velo microico, velo que, como veremos mejor á continuación, es debido á la acción solvente ejercida por el sulfito sobre el bromuro de plata.

Con placas que no tengan tendencia á dar velo de reducción se puede así prolongar bastante el desarrollo sin inconveniente.

Puede resultar especialmente útil el empleo de este baño en el

caso que sea necesario desarrollar en presencia de mucho bromuro para evitar ó atenuar la tendencia á la producción de velo en las placas ó películas.

Desarrollo al metol.—Los baños de desarrollo al metol obran con gran energía, dan una plata reducida de agradable color y producen imágenes suficientemente intensas, si bien algo menos intensas que las que da la hidroquinona. Es indudablemente el revelador más aconsejable para el desarrollo de negativos que tuvieron insuficiente exposición, como, por ejemplo, instantáneas rápidas.

He aquí una receta aconsejable para su empleo:

A. Agua.	1.000 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado.	100 —
Metol.	10 —
Bromuro de potasio.	2 —
B. Agua.	1.000 gramos.
Carbonato de sosa anhidro.	100 —

Para el uso se mezclan 50 partes de la solución A con 15 de B, el volumen de B puede aumentarse hasta 30, si se quiere hacer más enérgico el baño. La solución de metol con sulfito de sodio, sin carbonato alcalino, se conserva bien bastante tiempo, incluso sin muchas precauciones. En cambio, en presencia de carbonato alcalino el baño se altera con rapidez si no se conserva en botellas llenas y tapadas.

Para el desarrollo de placas subexpuestas el baño de metol conviene esté diluído, y cuando la subexposición es notable, muy diluído.

De este modo se tiene ocasión de aprovechar la energía del metol al desarrollar leves impresiones sin correr el riesgo de velar demasiado la placa, como ocurriría usando baños un poco concentrados.

En nuestra *Enciclopedia fotografica*, hablando del desarrollo de las placas subexpuestas, relatamos un caso típico en el que el empleo de un baño diluído de metol empleado según nuestras indicaciones permite salvar negativos de notable importancia científica.

El baño de desarrollo al metol solo es el menos conveniente para el desarrollo de negativos de dudosa ó excesiva exposición.

Desarrollo á la hidroquinona-metol.—Es este, sin duda, el baño de desarrollo más usado actualmente. Llena los siguientes requisitos: rapidez de acción, fácil conservación, vigor de imagen, transparencia, susceptibilidad de ser modificado en su energía, sirviendo por ello bien, hasta cierto punto, para el desarrollo de placas poco ó demasiado expuestas. Da además una plata reducida de co-

lor agradable, lo que hace ventajoso su empleo también para el papel al gelatino-bromuro.

Y además de todo, el baño de desarrollo á la hidroquinona-metol es bastante económico, porque el revelador que lleva la preferencia es la hidroquinona, mientras que el metol (y sus equivalentes á base de monometilparamidofenol) sólo entra en pequeña cantidad, la necesaria para dar al baño los requisitos de rapidez de acción, energía suficiente para desarrollar, incluso débiles impresiones y á dar imágenes sin exagerados contrastes, requisito que no posee de manera suficiente el baño de hidroquinona usado solo.

He aquí la fórmula del baño de desarrollo á la hidroquinona-metol, aconsejada por nosotros hace algunos años y hoy día usada generalmente:

A. Agua	1.000 c. c.
Carbonato de sosa	60 gramos.
B. Agua	1.000 c. c.
Sulfito de sosa	100 gramos.
Hidroquinona	12 —
Metol	2 —
Bromuro de potasio	3 —

Para el uso, se mezclan volúmenes iguales de A y B. Si se desea un baño de acción más rápida, que tienda á dar más vigor y contrastes, se tomará dos volúmenes de A y uno de B. En cambio, si se quiere un baño de acción más lenta, que dé menores contrastes, se tomará dos volúmenes de B y uno de A.

Conservando el baño en dos soluciones separadas, como hemos indicado, tiene la ventaja de conservarse bien varias semanas, incluso estando en frascos no llenos.

El uso se facilita con ello, y además se obtiene la ventaja de poder modificar fácilmente la composición con vistas al resultado que se quiere conseguir.

Haciendo una solución única el baño se conserva perfectamente en frascos llenos y tapados; pero cuando se quita un poco de baño y se deja un espacio al aire, la buena conservación sólo se obtiene durante pocos días.

Hemos estudiado también el empleo de baños de hidroquinona-metol á conservar en dos soluciones, una conteniendo metabisulfito de potasio en lugar de sulfito. En el baño completo, el metabisulfito se transforma en sulfito.

De esta manera puede obtenerse una excelente conservación, incluso con menor cantidad de sulfito. La disminución del sulfito dentro de ciertos límites puede ser ventajosa, para disminuir la tendencia al velo dicróico (capítulo especial más adelante).

He aquí la fórmula:

1. Agua	1.000 c. c.
Carbonato de potasa	200 gramos.
2. Agua	1.000 c. c.
Metabisulfito de potasio	40 gramos.
Hidroquinona	12 —
Metol	2 —
Bromuro de potasio	3 —

Mezclando volúmenes iguales de 1 y 2 se obtiene un enérgico baño de preciosas cualidades. El bisulfito, buena parte de él, se transforma en sulfito, emitiendo ácido carbónico, que, en gran parte por lo menos, queda en el baño, en el que se forma cierto equilibrio entre los diversos componentes, muy útil para su modo de obrar y también para su conservación.

Se puede modificar la acción, hasta cierto punto, variando la proporción de carbonato de potasa. Un aumento de éste aumenta la rapidez de acción, y una disminución reduce la acción como se desee, interviniendo aquí la acción de los bisulfitos, que, como vimos más atrás, constituyen correctores bastante eficaces de la sobreexpresión.

Puede decirse que teniendo preparadas en el laboratorio las dos soluciones 1 y 2 y añadiendo de una y de otra en la cubeta en que se efectúa el desarrollo, se puede remediar eficaz y fácilmente notables errores en la posa.

Desarrollo al adurol y al metol-adurol.—El adurol, si bien muy similar por su composición á la hidroquinona, siendo, como hemos dicho, un bromuro derivado de la hidroquinona, presenta ventajas sobre este último. Especialmente en lo que se refiere á desarrollar á baja temperatura.

La receta que da la Casa fabricante Hauff es la siguiente:

A. Adurol	25,0 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado	200,0 —
Agua	1.500,0 —
B. Carbonato de potasa	100,0 gramos.
Bromuro de potasio	2,5 —
Agua	1.000,0 —

Para trabajos en galería se tomará 30 c. c. de A y 20 de B; para vistas, 30 c. c. de A, 20 c. c. de B y 20 c. c. de agua. Usando el carbonato de sosa en lugar del de potasa, se atenúa bastante la energía del baño.

Se puede preparar también un baño concentrado listo para el uso, tomando:

Adurol.	25,0 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado	100,0 —
Carbonato de potasa.	100,0 —
Bromuro de potasio	2,5 —
Agua.	300,0 c. c.

Para el uso se toma 10 partes de baño concentrado y 50 ó 70 de agua.

Según Lüppo Cramer, el adurol sirve muy bien para el desarrollo de negativos muy sobreexposados. Si bien la acción del adurol es más rápida que la de la glicina, el resultado final, incluso en los casos de fuerte exposición, es, según el autor, muy parecido y quizás mejor con adurol.

Para el desarrollo de placas sobreexposadas se usará un baño relativamente muy diluído, adicionado de bromuro de potasio.

Es muy importante, especialmente para quien, yendo de viaje, quiera llevar en pequeño volumen una gran cantidad de excelente desarrollador para trabajos al descubierto, la siguiente receta para la preparación de un baño concentradísimo al metol-adurol. Se toma:

Agua	60,0 gramos.
Metol	1,2 —
Adurol.	4,0 —

Se hace la solución en caliente y se añade después:

Metabisulfito de potasio.	15 gramos.
Potasa cáustica.	8 —
Carbonato de potasio	20 —
Bromuro de potasio.	1 —

El volumen final debe ser de cerca de 100 c. c. Para el uso, se toma un volumen de este baño y nueve volúmenes de agua. En frascos llenos y tapados se conserva perfectamente.

No damos recetas para otros reveladores, cuyo uso es pequeñísimo ó nulo, y que ninguna cualidad poseen que los pueda hacer preferibles á los citados.

Desarrollo en dos baños.—Repetidamente se han dado recetas é indicaciones para el desarrollo en dos baños.

El Sr. P. de Joanovich indicó recientemente un método de desarrollo que presenta cierto interés. Consiste en inmergir pri-

mero la placa impresionada en un baño de hidroquinona y metol con sulfito solo (hidroquinona, 5; metol, 5; sulfito cristalizado, 100; agua, 1.000) sin carbonato, y después, transcurridos treinta segundos, sin lavarla, en un baño de carbonato de potasio al 10 por 100.

La imagen se desarrolla por acción de la pequeña cantidad de revelador retenida por la capa de gelatina.

Dejando aparte algunas consideraciones prácticas, relativas á este método de desarrollo, que están explicadas en nuestra *Enciclopedia fotografica*, diremos que este método presenta un interés teórico especial, por las condiciones especiales también en que se produce el desarrollo.

En efecto; en el primer baño, por la ausencia de álcali y por el brevísimo tiempo que la placa permanece en él, no ocurre principio alguno de desarrollo. Este se produce únicamente con la inmersión en el segundo baño, por acción del álcali sobre el revelador retenido por la película. Una primera ventaja evidente de este método de desarrollo está en la constancia de las condiciones en que el desarrollo se efectúa; y ello obedece al hecho que se evita el acumulamiento de productos de oxidación del revelador y de bromuro alcalino en el baño de desarrollo. El baño de carbonato de potasa irá cargándose éste de productos de oxidación del revelador y de bromuro alcalino; pero tomando un volumen un poco notable y cambiándolo, el efecto será mínimo ó nulo.

No alterándose con el uso el baño del revelador (porque, estando ausente el álcali, no es oxidable al aire), puede ser devuelto al frasco y comportarse siempre como nuevo.

Otra importante circunstancia está en que con este método se puede limitar el volumen del baño de desarrollo absorbido por la placa en forma que baste apenas para desarrollar el bromuro de plata expuesto. Es difícil, pues, obtener negativos velados ó demasiado opacos por exceso de desarrollo.

Hemos ensayado este método con resultados satisfactorios y no excluimos que, en ciertos casos, puede ser aconsejable. Pero es, sin duda, un método que tiene la desventaja de ser demasiado automático.

Otro procedimiento de desarrollo, en dos baños, aconsejado por nosotros, consiste en iniciar primero el desarrollo en un baño normal de hidroquinona-metol (nuestra fórmula página 261), y después de obtenida la imagen completa, pero superficial, se continúa el desarrollo en profundidad con un baño de hidroquinona constituido así:

Hidroquinona	12 gramos.
Sosa Solway	20 —
Sulfito de sosa cristalizado	50 —
Bromuro de potasio	4 —
Agua, c. s. para	1 litro.

El baño de hidróquinona-metol, por su energía, puede desarrollar incluso leves impresiones; el baño de hidróquinona, ya sea por sus características ó por el hecho de la poca alcalinidad, tiene más que otros el efecto de reforzar la primera imagen sin dar lugar á la formación de velo.

Con placas y especialmente con películas que tiendan á dar con el método normal de desarrollo negativos pálidos y velados, este método puede prestar preciados servicios.

Adiciones á los baños reveladores para el desarrollo en países tropicales.—En los países tropicales, ó durante la estación bastante calurosa, la gelatina tiende á ablandarse demasiado en los baños de desarrollo y puede también disolverse parcialmente, comprometiéndolo el resultado.

En este caso pueden resultar ventajosas las adiciones al baño de desarrollo que tienen por efecto disminuir la acción solvente del baño sobre la gelatina. Sirven bastante bien para este fin las adiciones de alcohol ó acetona.

Pero un medio sencillo y económico y á la vez eficaz, aconsejado recientemente por Bunel, consiste en añadir al baño de desarrollo terminado el 10 por 100 de sulfato de sosa ó de potasio.

La adición de sulfatos reduce bastante la acción hinchadora que el baño ejerce sobre la gelatina. Esta se hace de momento insoluble, mientras que adquiere de nuevo sus propiedades después de la eliminación de los sulfatos que la empapan.

Una vez evitada cualquier acción solvente del baño sobre la gelatina durante el desarrollo, se puede después, con tratamientos reforzadores, antes del fijado ó durante éste (del cual hablamos más adelante), dar á la capa de gelatina la resistencia deseada.

Medios para facilitar la conservación de los baños de desarrollo.—De la manera de aumentar la conservación de los baños de desarrollo, recurriendo especialmente al sistema bastante racional de tener separada la solución de revelador con sulfito (y eventualmente con bisulfito) de la de álcali, tuvimos ya ocasión de hablar repetidamente al ocuparnos de las recetas dadas para los diversos reveladores.

Queremos indicar ahora los medios ó procedimientos que pueden facilitar la conservación de los baños listos para el uso.

Por lo general, estos baños se conservan bastante bien en frascos llenos y tapados.

Pero cuando se extrae un poco de líquido, el aire que va á ocupar en el frasco el espacio que el líquido dejó libre produce una oxidación más ó menos rápida del baño.

Un sencillo medio para remediar este inconveniente consiste en introducir en el frasco esferas de vidrio que se venden precisamente para este objeto, aumentando así el volumen hasta el cuello del frasco.

Otro método consiste en sustituir el aire por un gas sin acción, el acetileno, por ejemplo.

Basta para ello introducir en el baño de desarrollo un pedacito de carburo de calcio, y una vez disuelto y producido acetileno se tapa el frasco en seguida.

Pero esta operación no puede repetirse más de una vez, porque la cal que queda en el líquido aumenta la alcalinidad y además lo enturbia.

Nosotros preferimos eliminar el aire con una corriente de gas de alumbrado, introduciendo para ello un tubo de goma en el frasco hasta el nivel líquido, haciendo llegar allí el gas. Algunos instantes después se separa rápidamente el tubo y se tapa el frasco.

Existen aparatos, conocidos especialmente de los químicos analistas, que permiten retirar el líquido de un frasco haciendo que automáticamente ocupe el sitio del líquido un gas sin acción (hidrógeno ó anhídrido carbónico).

CAPÍTULO XXIX

EL FIJADO DE LOS NEGATIVOS

El fijado de las placas al gelatino-bromuro se hace exclusivamente con hiposulfito de sosa; como se sabe, el hiposulfito de sosa, á la vez que no obra, puede decirse, durante el tiempo del fijado, sobre la plata que constituye la imagen, disuelve, en cambio, el bromuro de plata no reducido que existe en las partes que no sufrieron acción alguna de la luz, ó solamente una acción incompleta tal que no hace desarrollable el bromuro de plata en toda la profundidad de la capa. El hiposulfito sirve, además de para el fijado de las placas al gelatino-bromuro, también para el de todos los papeles á las sales de plata y para la preparación de los baños virofijadores. Es, pues, una sustancia que tiene en fotografía grandísima importancia. Sin embargo, requiere ser usada con el mayor cuidado, porque olvidando las necesarias precauciones en el empleo de este cuerpo, pueden resultar inconvenientes más ó menos graves, ya sea en el proceso negativo y todavía mayores en el positivo.

El hiposulfito de sosa y sus propiedades.—Teniendo esto en cuenta, nos parece merece la pena, antes de hablar del fijado, decir algo sobre las propiedades químicas del hiposulfito de sosa.

El hiposulfito de sosa es una sal del ácido hiposulfuroso, ácido que en estado libre no se conoce, porque apenas se intenta prepararlo descomponiendo un hiposulfito mediante un ácido, el ácido hiposulfuroso se descompone en ácido sulfuroso y azufre. La fórmula del hiposulfito de sosa es $\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$; no difiere, pues, del sulfito de sosa sino por un átomo más de azufre.

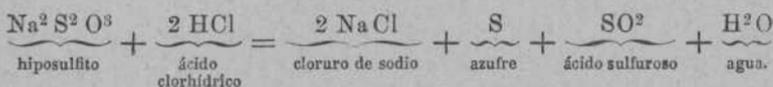
Un método industrial bastante usado actualmente para la preparación del hiposulfito, para todo aplicable, consiste en hacer hervir largamente una solución concentrada de sulfito de sosa con azufre en polvo. El azufre se disuelve porque el sulfito se lo apropia, transformándose en hiposulfito. Teóricamente se considera que por cada 250 partes de sulfito de sosa cristalizado hay que emplear 32 partes de azufre.

El hiposulfito de sosa se presenta en forma de gruesos cristales transparentes, incoloros. Contiene cinco moléculas de agua de cristalización, ó sea más de una tercera parte. No puede ser obte-

nido como el sulfito y el carbonato, en estado seco, económicamente, porque cuando se intenta eliminar el agua de cristalización calentando un poco fuertemente los cristales del hiposulfito, éste se descompone parcialmente y, en consecuencia, se obtiene un producto impuro, que no es ya soluble completamente en agua á causa de la presencia de un poco de azufre. Sólo es posible eliminar parte del agua de cristalización con calentamiento moderado, y obtener así el producto en polvo con menor cantidad de agua, producto que se utiliza especialmente para la preparación de mezclas sólidas para el fijado ó para el vifijado.

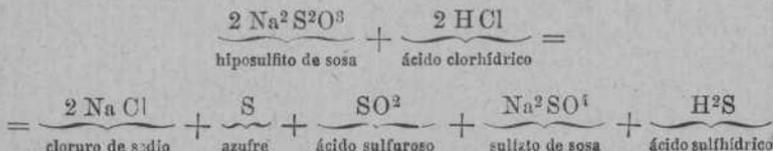
El hiposulfito es muy soluble en agua; á la temperatura ordinaria se disuelve en el agua en la proporción de 1100 por 100, aproximadamente. En el alcohol es insoluble el hiposulfito, y por medio del alcohol, se puede obtener hiposulfito anhidro puro.

Comportamiento del hiposulfito con los ácidos y con el aluminio.—El comportamiento químico más característico del hiposulfito, que permite distinguirlo con la mayor facilidad, es el con los ácidos. Estos, incluso los débiles, descomponen el hiposulfito, haciendo precipitar azufre; así, pues, añadiendo á una solución de hiposulfito una gota de ácido (ácido clorhídrico, sulfúrico, etc.) se forma, con breve tiempo, un enturbiamiento blancuzco debido al azufre. Al mismo tiempo se produce gas ácido sulfuroso, que puede reconocerse por el olor. La reacción que ocurre puede representarse con la ecuación siguiente:

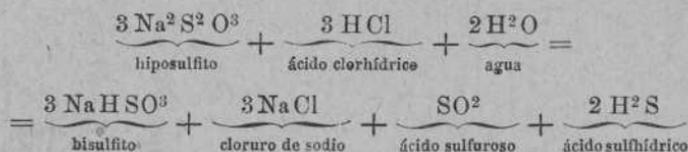


Este hecho de la facilísima descomposición del hiposulfito en presencia de ácido es conveniente que se retenga en la memoria, porque en la práctica fotográfica es necesario estar siempre en condiciones de evitar, en todo lo posible, tal descomposición.

Sin embargo, cuando la cantidad de ácido es mínima, entonces, además del azufre y el ácido sulfuroso, se desarrolla también un poco de ácido sulfhídrico. Para explicar la formación de ácido sulfhídrico en este caso, los Sres. Seyewetz y Chicandard presentan la ecuación siguiente:



Esto es, admiten que, por la simple acción de un ácido cualquiera, el hiposulfito pueda oxidarse y transformarse en sulfato; esto no puede ser, y no es. En efecto, de nuestros estudios resulta que se forma, si el ácido está en defecto, bisulfito de sosa, y, junto con él, ácido sulfuroso y ácido sulfhídrico. He aquí nuestra ecuación:



No todo el ácido sulfhídrico que se produce se desarrolla, pues una parte, obrando sobre el ácido sulfuroso, da lugar á la producción de ácido pentatiónico y azufre, según la ecuación



y otra parte del ácido sulfhídrico puede obrar sobre la plata de la imagen y dar sulfuro de plata negro.

Si una placa fuera introducida para el fijado en un baño de hiposulfito en descomposición, el ácido sulfhídrico presente podría obrar sobre el bromuro de plata no reducido antes de ser disuelto y eliminado. Esto pudiera, pues, dar lugar á manchas.

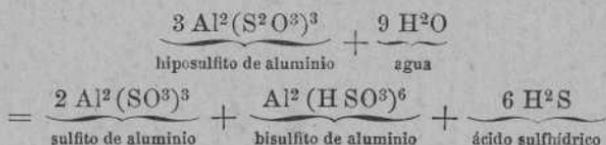
A veces, intentando obtener baños de fijado capaces de obrar al mismo tiempo como reforzadores de la gelatina, se añade alumbre al hiposulfito. Ahora bien; tal adición hecha por sí sola puede resultar incluso perjudicial para la imagen, sin alcanzar el objeto de insolubilizar la gelatina. En efecto, el sulfato de aluminio (que es la materia eficaz del alumbre), obrando sobre el hiposulfito de sosa, da lugar á una descomposición lenta del hiposulfito mismo, en la cual se forma ácido sulfhídrico.

Los Sres. Seyewetz y Chicandard explican la reacción que se efectúa entre el hiposulfito y el alumbre, admitiendo que se forme primero hiposulfito de aluminio, el cual, en presencia de agua sola, se descompondría en ácido sulfhídrico y sulfato de aluminio; con ello, el sulfato de aluminio, restableciéndose continuamente, podría producir la descomposición de una cantidad de hiposulfito bastante grande.

En cambio, de nuestros estudios resulta que hay que excluir la posibilidad de una oxidación tan fácil del hiposulfito de aluminio

y sulfato, y, por lo tanto, la de que el alambre pueda obrar de un modo continuo.

Opinamos que entre el alambre y el hiposulfito se efectúa primero la doble descomposición, con formación de hiposulfito de aluminio y sulfato de sosa; pero después el hiposulfito de aluminio se descompone, no ya restableciendo el sulfato, sino dando sulfito y bisulfito de aluminio:



Para evitar esta perjudicial reacción es conveniente, pues, en la operación del fijado, evitar que pase alambre en el hiposulfito, á no ser que en este último se tengan presentes sustancias, como el bisulfito de sosa, que impiden la producción de la reacción perjudicial antes indicada.

El por qué de la acción solvente del hiposulfito sobre las sales de plata y práctica del fijado.—El hiposulfito de sosa obra como solvente de las sales de plata por el hecho de formar con ésta un hiposulfito doble de sosa y de plata que es soluble. La reacción química que se efectúa se admite, por lo general, sea la siguiente:



Pero cuando una mínima cantidad de hiposulfito llega á ponerse en contacto con la sal de plata, entonces la reacción que ocurre no es la anotada, sino distinta. En este caso se forma también un hiposulfito doble, pero conteniendo una cantidad menor de hiposulfito sódico, y este hiposulfito doble es amarillo é insoluble, y es, puede decirse, imposible convertirlo en solución con tratamientos que no influyan perjudicialmente sobre la plata que constituye la imagen. Anotamos seguidamente la ecuación que corresponde á la formación de hiposulfito doble insoluble:

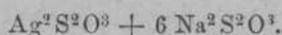


La teoría de los hiposulfitos dobles solubles é insolubles no parece sea, sin embargo, tan sencilla como se ha creído hasta ahora.

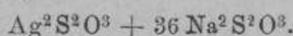
En efecto, de una importante comunicación leída por el Sr. Gae-dicke en el Congreso de Química aplicada de Berlín, 1903, se deduce que son muchos los hiposulfitos compuestos que pueden formarse, y que para obtenerlos solubles es necesario emplear diversas cantidades de hiposulfito, según la sal de plata presente.

Con el cloruro de plata, por ejemplo, el compuesto soluble no se forma sino reuniendo 5 moléculas de hiposulfito y 2 de cloruro de plata. El hiposulfito doble que en tal caso se forma corresponde á la fórmula $\text{Ag}^2\text{S}^2\text{O}^3 + 4\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$.

Con el bromuro de plata, en cambio, son necesarias 7 moléculas de hiposulfito sódico, y se forma:

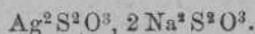


Con yoduro de plata se necesita nada menos que 37 moléculas de hiposulfito sódico, y se forma:



Por una parte, esta teoría parece acertada, porque sabido es que el cloruro de plata es el más soluble en el hiposulfito, mientras que el yoduro se disuelve con notable dificultad.

Pero no se comprende por qué deban formarse sales dobles diversas mientras el cloro, bromo y yodo no entran en la misma sal doble. Es más racional admitir que para la descomposición completa del cloruro, bromuro y yoduro de plata se necesitan diversas cantidades de hiposulfito; pero que la sal doble soluble que se forma es siempre la misma. Y esto podría ser precisamente



Sea lo que fuere, es cierto que para evitar inconvenientes se debe hacer de manera que después del desarrollo esté la placa en contacto con una fuerte solución de hiposulfito de sosa y no demasiado vieja, si se quiere tener la certidumbre de que no se producirán manchas en el negativo.

Para el fijado de los negativos se usa, por lo general, una solución hecha con 400 gr. de hiposulfito de sosa cristalizado comercial con 1 litro de agua común.

Obteniéndose la plata de los negativos por reducción ejercida por los reductores y no por reducción á causa de la luz, no es, puede decirse, atacada por una solución, incluso muy concentrada, de hiposulfito, en el tiempo que dura el fijado. Sólo si se dejaran muchas horas los negativos en la solución concentrada de hiposul-

fito, podría producirse una leve disminución en la intensidad de la imagen. Sensiblemente mayor es la acción del hiposulfito sobre la plata de la imagen cuando se hace chapotear en él una corriente continua de aire. Resulta interesante comprobar esta acción sumergiendo en hiposulfito una prueba sobre papel al bromuro y haciendo chapotear aire durante algunas horas.

Utilidad del lavado de los negativos antes del fijado.—Retirados los negativos del baño de desarrollo, antes de sumergirlos en la solución de hiposulfito, es bastante útil someterlos á un buen lavado durante algunos minutos para eliminar lo más completamente posible todo el revelador que embebe la película. De ordinario, cuando se hace el desarrollo con reveladores orgánicos, en lugar de con oxalato ferroso, se considera inútil un lavado prolongado, y los más, se contentan con enjuagar el negativo al chorro de un grifo ó en un recipiente de agua.

Cuando se usa la solución simple de hiposulfito sin adición de sustancias de reacción ácida es bastante bueno hacer un regular enjuague de las placas antes de introducir las en el hiposulfito.

Se evita así que las huellas de revelador, yendo á obrar sobre la sal de plata disuelta por el hiposulfito, produzcan un rápido ennegrecimiento del baño y perjudiciales velados en los negativos.

Haciendo el fijado á la luz especialmente, se puede observar la influencia perjudicial de las huellas de revelador pasadas al baño de hiposulfito.

Si bien, especialmente con soluciones ácidas de hiposulfito, de las que vamos á hablar, se puede hacer el fijado á la luz sin tener, en general, inconvenientes, aconsejamos, sin embargo, para la mayor transparencia de los negativos, hacer el fijado en cuarto oscuro.

Baño ácido de fijado con bisulfito.—Se llaman fijados ácidos las soluciones de hiposulfito que contienen sustancias que aun estando dotadas de acidez no pueden descomponer el hiposulfito, ó sólo en grado mínimo.

Las sustancias más usadas son los bisulfitos, y, precisamente, el de sosa (preferible el comercial, líquido) y el metabisulfito de potasio, y también el ácido bórico.

No es el caso volver á hablar ahora de la composición y propiedades de los bisulfitos, habiendo hablado ya de ello en el capítulo XXIV.

Diremos que la adición de bisulfitos á la solución de hiposulfito, á la vez que no da lugar á descomposición alguna del hiposulfito mismo, sirve para mantener al baño una leve acidez, que sirve para evitar ó atenuar bastante la acción reducente ejercida por las huellas de revelador sobre la sal de plata disuelta.

En la práctica se añadirá, por cada litro de solución de hiposulfito, 50 gr. de metabisulfito de potasio ó 100 á 150 de bisulfito de sosa líquido á 28-32° Baumé.

Es preciso, sin embargo, tener presente el hecho de que los baños de fijado conteniendo bisulfito, tenidos en cubeta, no conservan mucho tiempo sus propiedades ácidas, porque el ácido sulfuroso semicombinado se desarrolla poco á poco y, en parte, puede incluso oxidarse.

En lugar de usar bisulfito se aconseja á veces añadir á la solución de hiposulfito sulfito neutro; después, un ácido orgánico que, obrando sobre el sulfito, libre una parte del ácido sulfuroso que contiene. Una receta aconsejable es la siguiente:

Hiposulfito de sosa	400 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado	60 —
Acido tartárico	20 —
Agua común	1 litro.

Para evitar cualquier descomposición del hiposulfito conviene disolver primero el sulfito en agua, añadiendo después el ácido tartárico y, por último, el hiposulfito.

Este baño obra de manera análoga al de bisulfito.

Los baños de fijado con bisulfito tienen también la ventaja de permitir introducir en ellos las placas pasadas antes por alumbre, sin que pueda producirse una descomposición perjudicial del hiposulfito.

Baño de fijado con ácido bórico.—Este baño, que desde 1905 aconsejamos, se obtiene añadiendo á la solución de hiposulfito (400 en 1.000 de agua) 50 gr. de ácido bórico.

Hoy este baño se emplea bastante, habiéndose comprobado que posee todas las cualidades del de fijado ácido preparado con bisulfito, sin tener el inconveniente de perder rápidamente, con el uso, su carácter ácido.

No se excluye que el ácido bórico pueda ejercer una acción descomponente sobre el hiposulfito; pero ésta es bastante lenta y sin consecuencias, en absoluto.

Se deduce, pues, que el ácido bórico puede descomponer bastante lentamente el hiposulfito de sosa, no tanto por la deposición de azufre, que difícilmente se observa, cuanto por el hecho de que dejando algún tiempo (treinta horas) una copia sobre papel bromuro en el baño de hiposulfito y ácido bórico, se produce una tinta oscura propia de las imágenes viradas por sulfuración.

Este método, bastante sencillo, puede ser utilizado para el virado moreno de las copias al bromuro, en sustitución del basado en el empleo de hiposulfito y alumbre, con ventaja respecto á la estabilidad de la imagen (no teniéndose el fuerte depósito de azufre junto al papel, como se obtiene con el baño de hiposulfito y alumbre), mientras la tinta es muy buena.

Hemos creído conveniente citar ahora este método porque

no hablamos de él en el volumen II de este manual (edición del año 1910), y siendo así que puede resultar bastante ventajoso para la práctica.

Añadiremos que el baño de fijado con hiposulfito y ácido bórico tiene, además, la ventaja de no obrar perjudicialmente sobre el cutis, como el baño de hiposulfito y bisulfito.

Adiciones de cloruro de amonio al hiposulfito para acelerar el fijado.—Existen en el comercio preparados con los cuales se obtiene el objeto de acelerar el fijado.

Puede llegarse á ello, sustituyendo el hiposulfito de sodio por hiposulfito de amonio, ó haciendo adiciones al hiposulfito de sodio que produzcan, en solución, la formación parcial de hiposulfito de amonio. El objeto se obtiene, especialmente, con adición de cloruro de amonio al hiposulfito de sosa.

Los Sres. Lumière y Seyewetz, que ensayaron esta adición, comprobaron que aumenta efectivamente la rapidez del fijado cuando, sin embargo, la concentración del baño de hiposulfito es inferior á 40 por 100. Encontraron también que la proporción de cloruro de amonio que produce máximo efecto acelerador del fijado está muy por bajo de la cantidad teórica exigida para la formación de hiposulfito de amonio.

Pero la adición de cloruro de amonio tiene el inconveniente de que las sales dobles que se forman en el fijado, son menos estables que las que se forman sin el cloruro de amonio, por lo que el empleo de estos baños es menor.

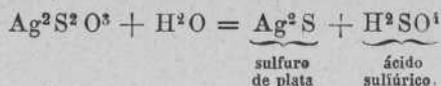
Opinan también que, por inestabilidad de los hiposulfitos dobles que se forman, se pueden producir con mayor facilidad inconvenientes en las pruebas.

Sobre las adiciones que pueden hacerse al hiposulfito para obtener baños de fijado reforzadores hablaremos en un capítulo sucesivo, en el cual trataremos la cuestión de los medios existentes para reforzar la película.

Necesidad de renovar frecuentemente las soluciones de hiposulfito é importancia del lavado después del fijado.—Una circunstancia sobre la que creemos necesario llamar la atención es que el baño de hiposulfito, cuando ha servido demasiado, deja fácilmente, junto á la película, hiposulfito de plata insoluble, que no se logra eliminar aun con prolongados lavados.

Ello se debe á que, diluyéndose y eliminándose en el lavado rápidamente el leve exceso de hiposulfito que mantiene disuelto el hiposulfito de plata, la eliminación de éste resulta bastante incompleta.

Este hiposulfito de plata, descomponiéndose, puede producir manchas y alterar la imagen. En efecto; una de las reacciones á que puede dar lugar espontáneamente el hiposulfito de plata es la siguiente:



El sulfuro de plata, de color moreno ó negro, mancha la imagen, y el ácido sulfúrico puede atacar la imagen misma.

En el fijado de las placas ó películas, el comportamiento del baño de fijado puede ser controlado fácilmente, porque la observación del negativo por transparencia durante el fijado, puede mostrar cuándo el baño empieza á fijar demasiado lentamente por estar próximo al límite de saturación para el hiposulfito de plata; cuando esto se observa hay que cambiar en seguida el baño.

El baño de fijado, cuando está próximo á la saturación, aun dando al momento un negativo transparente, es con frecuencia causa de la formación de manchas amarillas en el negativo, especialmente si se usa repetidamente para la impresión.

Ello obedece á que el hiposulfito de plata que quedó junto á la película puede escapar á la observación por transparencia cuando se examina el negativo lavado; pero descomponiéndose después, según la ecuación indicada anteriormente, da lugar á manchas.

El daño que puede producir la no perfecta eliminación del hiposulfito de plata es todavía mucho mayor cuando se trata de papeles al gelatino-bromuro. En este caso es imposible cualquier comprobación por transparencia durante el fijado, como en las placas, y no se puede por ello formar idea alguna acerca del grado de saturación del baño de hiposulfito. Por otra parte, si huellas de hiposulfito de plata que quedaron en un negativo pueden dar lugar á un ligero amarilleamiento, sin causar perjuicios graves á la imagen, en el papel hasta el más leve amarilleamiento de los blancos hace las positivas inutilizables.

Resulta, pues, de gran importancia, especialmente en el tratamiento de los papeles, disponer de un medio que asegure el perfecto fijado. Esto puede obtenerse haciendo el fijado en dos baños.

Esto es, la copia desarrollada es fijada primero en un baño de hiposulfito, dejándola allí el tiempo normal; después, en lugar de pasarla en seguida al lavado, se pasa á otra solución nueva de hiposulfito.

Así, el hiposulfito de plata retenido por el papel se difunde en un fuerte exceso de hiposulfito y el sucesivo lavado no puede nunca reducir de tal manera el exceso de hiposulfito que precipite el hiposulfito de plata junto al papel. Cuando el primer baño de fijado ha servido repetidamente, se pasa como primero el segundo y este último se renueva.

Sobre los límites de empleo de las soluciones de hiposulfito.—

Cuando se fija sucesivamente en una misma solución de hiposulfito de sosa una serie de placas al gelatino-bromuro de plata, se llega á un momento en el cual, antes del agotamiento completo de

la acción disolvente en el baño de fijado, conviene no servirse más de la solución, porque las placas fijadas en tales condiciones pueden presentar seguidamente, cuando fueron lavadas de una manera imperfecta, alteraciones y especialmente una coloración morena.

Por otra parte, incluso con lavado prolongado, como hemos explicado más arriba, la eliminación completa del hiposulfito no siempre es posible.

Es muy importante, pues, poder conocer en qué límites conviene utilizar los baños fijadores para evitar tales alteraciones.

Gaedicke intentó, en un interesante estudio (*Eders Jahrbuch der Pothographie*, 1906), poner en claro esta cuestión; pero partiendo de la base que existiera identidad entre la coloración de los negativos mal lavados y fijados en un baño parcialmente agotado y el oscurecimiento que rápidamente se obtiene exponiendo al aire y á la luz papel embebido de una solución de hiposulfito de sosa adicionada de una proporción suficiente de nitrato de plata.

Determinando experimentalmente la cantidad mínima de nitrato de plata que era necesario añadir á una solución de hiposulfito dada con el fin de empezar á obtener el amarilleamiento, y refiriendo estos resultados al bromuro de plata, deducía Gaedicke el límite de empleo de los baños de fijado.

Los Sres. Lumière y Seyewetz han repetido los experimentos de Gaedicke, pero ocupándose de las cuestiones más conformes con las que se presentan en la práctica.

Esta cuestión tiene en la práctica notable importancia, y por ello creemos conveniente trasladar aquí la parte sustancial de la memoria de los Sres. Lumière y Seyewetz.

«En todos nuestros ensayos, añadimos á un mismo volumen de solución de hiposulfito, pesos crecientes de bromuro de plata puro, bien lavado y preparado en la oscuridad.

Una primera serie de ensayos, efectuados con soluciones de hiposulfito de sosa cuyo título variaba del 5 al 45 por 100, nos permitió determinar la influencia de la concentración de las soluciones de hiposulfito de sosa, sobre el límite de empleo de tales soluciones.

En una segunda serie de experimentos añadimos á la solución normal de hiposulfito (15 por 100) las proporciones acostumbradas de bisulfito de sosa y de alumbre de cromo, y observamos si tales adiciones ejercían una acción sobre el fenómeno en cuestión.

Para cada prueba se sacaba una gota de solución, que era extendida sobre una tira de papel de filtro y expuesta á la luz y al aire húmedo.

En cada caso se determinó el peso máximo de bromuro de plata que se podía disolver en cada solución de hiposulfito, sin que se produjera enturbiamiento del papel en ella bañado y expuesto á la luz.

Los resultados obtenidos figuran en las dos tablas siguientes:

TABLA NÚM. 1.—Influencia de la concentración de la solución de hiposulfito de sosa en el fijado..

TÍTULO DE LA SOLUCIÓN	Peso de bromuro de plata que se ha podido disolver en 100 c. c. de la solución..	Peso máximo de bromuro de plata que pudo ser disuelto en 100 c. c. de solución sin amarilleamiento ulterior del negativo..	Relación entre el peso máximo de bromuro de plata disuelto sin dar amarilleamiento y el peso que corresponde á la saturación	Peso de bromuro de plata calculado necesario para formar la combinación $S_4O_6 A_2 Na_2$	Relación entre el peso máximo de bromuro de plata que no daba amarilleamiento y el correspondiente á la sal $S_4O_6 A_2 Na_2$.
5 por 100 de hiposulfito.	5,0 gr.	3,8 gr.	61 %	1,25 gr.	33 %
15 por 100 de hiposulfito.	6,3 —	3,8 —	60 %	11,40 —	33 %
45 por 100 de hiposulfito.	20,5 —	5,0 —	24 %	34,20 —	15 %

TABLA NÚM. 2.—Influencia de la adición de bisulfito de sosa y alumbre de cromo sobre el comportamiento de los baños de fijado al hiposulfito.

TÍTULO Y COMPOSICIÓN de la solución de fijado.	Peso de bromuro de plata que se ha podido disolver en 100 c. c. de la solución..	Peso máximo de bromuro de plata que se ha podido disolver en 100 c. c. de solución sin amarilleamiento ulterior del negativo..	Relación entre el peso máximo de bromuro de plata disuelto sin dar amarilleamiento y el peso que corresponde á la saturación	Peso de bromuro de plata calculado necesario para formar la combinación $S_4O_6 A_2 Na_2$	Relación entre el peso máximo de bromuro de plata que no daba amarilleamiento y el correspondiente á la sal $S_4O_6 A_2 Na_2$.
15 por 100 de hiposulfito.	6,3 gr.	3,80 gr.	60 %	11,4 gr.	33,0 %
15 por 100 de hiposulfito + 15 por 100 de bisulfito líquido.	6,1 —	1,65 —	27 %	11,4 —	14,5 %
15 por 100 de hiposulfito + 1,5 por 100 de bisulfito y 0,5 por 100 de alumbre de cromo..	5,9 —	2,20 —	38 %	11,4 —	20,0 %

Estos resultados, comparados á los obtenidos por Gaedicke, demuestran que se puede añadir á una solución de hiposulfito de sosa un peso de bromuro de plata notablemente más grande que el que determinó en el caso del nitrato de plata. Gaedicke encontró, en efecto, que, para evitar el amarilleamiento ulterior de una solución conteniendo cerca de un 15 por 100 de hiposulfito de sosa, no se puede añadir más de 1/10 del peso total de nitrato de plata, lo que no produce precipitado alguno.

En la primera tabla se ve que, para una solución de hiposulfito de sosa al 15 por 100, se puede añadir cerca del 60 por 100 del peso de bromuro de plata que corresponde á la saturación.

Se ve, además, que, en igualdad de otras condiciones, las soluciones diluídas permiten utilizar mejor el hiposulfito, y que, para una misma concentración, las soluciones de hiposulfito de sosa acidificada del bisulfito no pueden ser agotadas de manera tan completa como las soluciones que no tienen adición alguna de bisulfito.

La proporción de hiposulfito de sosa que puede ser utilizada se baja, en tal caso, de 60 al 27 por 100, pero se aumenta á 38 por 100 con adición de alumbre de cromo.

Si se calcula, después de tales resultados, el número de placas 9 por 12 que pueden ser fijadas (sin temor á un ulterior ennegrecimiento) con un litro de solución de hiposulfito al 15 por 100 con la adición, ó sin ella, de bisulfito y de alumbre, se obtienen los siguientes resultados (admitiendo que un negativo 9 por 12 abandone al fijado cerca de 0,3 gr. de bromuro de plata):

Por un litro de hiposulfito de sosa al 15 por 100	Cerca de 100 placas 9 × 12 cm.
Por un litro de hiposulfito al 15 por 100 + 1,5 por 100 de bisulfito líquido	Cerca de 50 placas 9 × 12 cm.
Por un litro de hiposulfito al 15 por 100 + 1,5 por 100 de bisulfito líquido + 0,5 de alumbre de cromo	Cerca de 75 placas 9 × 12 cm.

Comparando los pesos de bromuro de plata necesarios para saturar las soluciones de hiposulfito y las que corresponden á las fórmulas de las sales dobles que se supone se forman en el fijado, se observa que las primeras son notablemente inferiores á las segundas. Así, 100 c. c. de hiposulfito de sodio al 15 por 100 (sal cristalizada) disuelven 6,3 gr. de bromuro de plata.

Haciéndose esta solución saturada en presencia de un exceso de sal de plata, debería dar el compuesto $S^4O^6Ag^2Na^2$. Pero esta sal

exige teóricamente 11,4 gr. de bromuro de plata por 15 gr. de hiposulfito de sosa, ó sea una cantidad el doble de la correspondiente á la saturación.

Esta saturación, por otra parte, se efectúa sin formación del precipitado blanco insoluble en el agua, fácilmente descomponible en sulfuro de plata, que caracteriza la sal $S^4O_6 Ag^2 Na^2$, precipitado que se obtiene añadiendo nitrato de plata al hiposulfito.

Los pesos relativos de bromuro de plata y de hiposulfito de sodio, en las soluciones saturadas de bromuro de plata, no corresponden á ninguna de las fórmulas indicadas para los cuerpos hasta ahora señalados como produciéndose en esta solución. Las reacciones que se producen en el fijado de las placas al bromuro de plata no parece, pues, ocurran como generalmente se indica. En un próximo estudio nos proponemos aclarar esta cuestión.

De estos ensayos han deducido los autores las conclusiones de orden práctico siguientes:

Para evitar el ulterior amarilleamiento de los fototipos en las placas al bromuro conviene:

1.º No fijar más de 100 placas 9 por 12 en un litro de solución de hiposulfito al 15 por 100.

2.º No fijar más de 50 placas en un litro de baño fijador conteniendo 15 por 100 de hiposulfito y 1,5 de bisulfito.

3.º No fijar más de 75 placas en un baño de fijado conteniendo 15 por 100 de hiposulfito, 1,5 por 100 de bisulfito y 0,5 por 100 de alumbre de cromo.

4.º Prácticamente se puede reconocer el momento en el cual el baño fijador debe tirarse, extendiendo una gota de este baño sobre un papel y examinando si la mancha ennegrece cuando se expone por algún tiempo al aire húmedo y á la luz.

Eliminadores de hiposulfito.—Aun haciendo el fijado en las mejores condiciones, es necesario un baño prolongado algunas horas para eliminar el hiposulfito de sosa.

El hiposulfito de sosa, que queda junto á la gelatina, da lugar en un tiempo más ó menos largo á una corrosión de la imagen.

Se forma probablemente á la larga, sulfato de sosa y ácido sulfúrico, que ataca la plata formando sulfato de plata.

Hemos comprobado que esta acción corrosiva del hiposulfito se produce en pocos días, en un negativo embebido de hiposulfito, si está en sitio húmedo (en una bodega, por ejemplo).

Para poder eliminar el hiposulfito de sosa y el hiposulfito de plata de manera más segura de cuanto se pueda obtener con lavados, y ahorrar á la vez el mucho tiempo que exige un buen lavado, se pensó en recurrir á sustancias oxidantes capaces de transformar el hiposulfito en tetratiónato ó sulfato, ambas materias inocuas y de más fácil eliminación.

Pero la dificultad está en poder encontrar una materia oxidante

que obre eficazmente sobre el hiposulfito sin atacar la plata y perjudicar á la vez la imagen

Para este fin se propuso el percarbonato de potasio ($K^2C^2O^6$); pero, á nuestro entender, constituye un error creer que este cuerpo pueda ejercer acción alguna. Apenas se intenta disolver este cuerpo en agua se descompone, desarrollando anhídrido carbónico y oxígeno.

Algunos eliminadores de hiposulfito, puestos á la venta con el nombre de *anthion* y similares y que están hechos precisamente á base de percarbonato, no merecen, pues, el menor crédito.

La solución de yodo en el yoduro de potasio sería un excelente eliminador del hiposulfito; pero ésta ataca fuertemente á la plata.

Nosotros aconsejamos como eliminadores de hiposulfito de regular eficacia una solución de persulfato de amonio adicionada de amoníaco, y también una solución de perborato de sodio, así como el agua oxigenada.

La solución de persulfato de amonio al 5 por 100, especialmente, adicionada de amoníaco al 2 por 100, cuyo comportamiento estudiamos recientemente (*Progreso Fotografico*, núm. 5, 1912), nos parece muy aconsejable.

Un negativo fijado y simplemente enjuagado, si se sumerge en la solución de persulfato antes indicada, no cede al agua huella alguna de hiposulfito, como puede comprobarse aplicando la conocida reacción de permanganato.

En efecto, en presencia de huellas, pequeñas inclusive, de hiposulfito, el permanganato añadido (solución al 2 por 1.000), en cantidad apenas suficiente para dar una leve coloración roja, es rápidamente descompuesto, y esta coloración desaparece y se enturbia el líquido.

Otros solventes de las sales de plata.—Antes de dejar el argumento del fijado diremos que el hiposulfito no es el solo agente fijador para placas al gelatino-bromuro. Existen otras sustancias que ejercen una acción solvente más ó menos notable sobre el bromuro de plata, el cianuro de potasio por ejemplo (del cual ya hablamos, por el gran empleo que de él se hace para el fijado de los negativos al colodión; véase cap. X), el sulfito de sosa y el sulfúreo. Pero, prácticamente, estas sustancias no pueden encontrar aplicación, porque presentan inconvenientes más ó menos graves. El cianuro ataca la imagen y es muy venenoso; el sulfito debe ser empleado en solución concentradísima, y aun en este estado su acción fijadora dura varios días; los sulfuros tienen un precio relativamente elevado y no fijan tan bien como el hiposulfito. El sulfúreo propiamente dicho, (Az^2H^4CS) y el sulfúreo derivado, tioxinamina, ó alilsulfúreo, ($Az^2H^3(C^3H^5)CS$), pueden servir, en cambio, á veces, en último caso, como propuso el Dr. Bogisch, para quitar

el velo amarillo formado en los negativos, especialmente cuando se hace el desarrollo con pirogalol. Para ello basta inmergir el negativo en la solución siguiente: sulfúreo, 20 gr.; ácido cítrico, 10; agua, 1 litro.

Hemos comprobado que no siempre se quita el velo amarillo con este tratamiento; ello depende de la causa que lo haya producido. Pero, en muchos casos, si no se quita, se atenúa. Según el Dr. Bogisch, el sulfúreo obra de reductor sobre los compuestos de oxidación del revelador, que producen ó contribuyen á producir, el velo amarillo.

Este puede quitarse bien, por lo general, por medio del permanganato, como el velo dicroico, siguiendo el camino que indicamos en capítulo especial.

También los sulfocianuros alcalinos obran de solventes de los aloides de plata; pero sólo en fuerte concentración. Además, los sulfocianuros tienen el grave inconveniente de obrar como enérgicos solventes de la gelatina.

CAPÍTULO XXX

EL DESARROLLO FÍSICO DE LA IMAGEN LATENTE ANTES Y DESPUÉS DEL FIJADO

En el procedimiento al colodión húmedo, del que hablamos en el capítulo V, el desarrollo de la imagen se produce por un efecto físico. No es el aloide de plata impresionado por la luz lo que se reduce, sino el nitrato de plata mezclado con el haloide, que se reduce siempre por efecto del revelador y que es retenido solamente por el yodobromuro de plata modificado por la luz.

Así, pues, puede decirse que la sal haloide de plata, por obra de la luz, no sólo puede adquirir mayor tendencia á la descomposición, prestándose con ello al desarrollo químico, como ocurre con las placas de emulsión al colodión y en las al gelatino-bromuro, sino que también adquiere la propiedad de atraer y retener la plata reducida que proviene del nitrato de plata existente junto á la película ó junto al líquido desarrollador.

Según la teoría, no por cierto extinguida, los gérmenes de plata ó las subsales de ésta poseen este poder atractivo.

Tratándose de una propiedad insita de los haloides de plata, se comprende cómo también en las placas al gelatino-bromuro se pueda efectuar el desarrollo físico.

Este puede practicarse no sólo sobre la placa simplemente expuesta, sino también sobre la placa expuesta y fijada. El fijado elimina todo el bromuro de plata, pero deja intacta, ó poco menos, la sustancia que constituye la imagen latente, por lo cual ésta puede ejercer sus propiedades atractivas sobre la plata reducida.

Y precisamente el hecho de la persistencia de la imagen latente después del fijado es lo que hace suponer que existan huellas infinitésimas de plata reducida, las que constituyen la imagen latente, porque después del fijado no puede existir todavía en la placa el subbromuro de plata. Este, si se forma, es descompuesto seguidamente por el baño de fijado, en plata y bromuro de plata, que se elimina.

La analogía de comportamiento respecto al desarrollo físico de la imagen no fijada y fijada, hace suponer precisamente que la materia activa sea la misma en ambos casos y esté constituida precisamente por gérmenes (Keime) de plata reducida.

Después de cuanto hemos dicho en el capítulo sobre la imagen latente, huelga volvamos á hablar sobre los pros y contras de las diversas teorías; basta haber recordado algunas circunstancias que pueden permitir hacerse cargo mejor de los interesantísimos fenómenos de que debemos ocuparnos en este lugar.

Recetas é indicaciones prácticas para el desarrollo físico.—El Dr. Neuhaus, que fué uno de los primeros en ocuparse del desarrollo físico de las placas al gelatino-bromuro, da la siguiente receta:

Agua destilada	100 gramos.
Sulfocianuro de amonio	24 —
Nitrato de plata	4 —
Sulfito de sosa	24 —
Hiposulfito de sosa	5 —
Bromuro de potasio al 10 por 100	6 gotas.

Para el uso se toman 6 c. c. de este baño, 50 de agua y 2 de revelador rodinal.

La placa fijada sin desarrollarla, y lavada, es colocada en este baño aun estando á la luz; la plata se precipita en proporción con la imagen, pero bastante lentamente; se necesitan unas doce horas. La plata que se precipita tiene un color blanquecino. El experimento no resulta siempre, y en todos los casos la imagen desarrollada de este modo dista mucho de ser perfecta. Este mismo baño puede servir también para reforzar negativos débiles, seguidamente después del fijado y lavado.

El Dr. Lüppo Cramer hizo sucesivamente otros experimentos en este sentido.

Observó que este desarrollo físico se obtiene mucho más fácilmente en las placas lentas al bromuro ó al clorobromuro de plata.

El baño que encontró mejor para producir el desarrollo físico es el siguiente:

Agua	500 gramos.
Metol	10 —
Acido cítrico	50 —

Al momento de usarlo se añaden 10 c. c. de nitrato de plata al 10 por 100.

El desarrollo de la imagen en este baño se obtiene sea antes ó después del fijado.

Las mejores y más finas imágenes se obtienen desarrollando antes del fijado.

Además de su gran interés científico, este método de desarrollo

presenta la ventaja, puesta de relieve por el Dr. Cramer, de permitir una grandísima latitud de posa.

Fundándose en el principio que el hiposulfito no destruye la imagen latente, el profesor Vidal ideó un método para utilizar las placas muy sobreexpuestas. Basta sumergirlas antes del desarrollo en una solución de hiposulfito de sosa al 2 por 100 durante dos minutos, que quita una capa superficial de bromuro de plata, que, en general, es el único sobreexpuesto, lavarlas después y colocarlas en el baño de desarrollo. La imagen que se obtiene es más fina y no es visible en la superficie de la capa; pero resalta por transparencia.

El Sr. Jahr dió cuenta al Congreso Fotográfico de Dresde, 1909, de algunos experimentos hechos desarrollando físicamente las placas de su fabricación (placas Jahr).

Las placas Jahr para diapositivos, preparadas al gelatino-bromuro (sin cloruro de plata) y análogas, por lo tanto, á las placas diapositivas Wratten, de las que hablamos en el segundo tomo de esta obra, dan, con el desarrollo físico (fórmula de Lüppo Cramer, indicada antes; pero con la cantidad quintuplicada de nitrato de plata), resultados tan buenos como las placas al clorobromuro. El desarrollo sale perfectamente, ya sea antes del fijado ó después de éste; pero la imagen obtenida con desarrollo físico antes del fijado aparece más vigorosa y brillante.

El mismo Jahr hizo ensayos con placas secas al gelatino-yoduro de plata (sin bromuro), y encontró que dan, con el desarrollo físico preparado como hemos dicho, excelentes imágenes.

También las placas especiales fotomecánicas Jahr, al bromo-yoduro de plata, de sensibilidad un tanto elevada, dan, con el desarrollo físico, buenas imágenes, si bien un poco débiles.

Este señor cree, acertadamente, que el desarrollo físico aplicado á las placas secas puede tener importancia para la utilización de estas placas, para la obtención de negativos punteados para autotipia, siendo bien conocido el hecho que uno de los mayores inconvenientes que presenta el empleo de las placas secas, para la autotipia, respecto á las placas al colodión húmedo, radica en que la imagen, así como en la superficie, es distribuida en una capa de cierto espesor.

Ahora bien; el desarrollo físico da precisamente una imagen superficial por completo, como se requiere para la autotipia. Sólo sería necesario poder preparar una placa que con desarrollo físico pudiera dar imágenes de mayor vigor.

Este desarrollo puede presentar, pues, además de un interés científico, también práctico.

Pero no hay que creer que ello pueda encontrar nunca ventaja-
sa aplicación para el desarrollo de los negativos normales sobre
placas al gelatino-bromuro, porque, á pesar de que el depósito su-

perificial de plata tenga una opacidad en relación con la iluminación sufrida por la capa, no podrá dar nunca aquella riqueza de claro-oscuro y consiguiente modelado de imagen que puede obtenerse con una reducción más ó menos profunda de una capa que tenga cierto espesor. Sobre esta circunstancia llamamos ya la atención en la página 168.

Experimentos de los Sres. Lumiere y Seyewetz sobre el desarrollo físico de la imagen latente mediante plata y empleando mercurio.—En primer lugar comprobaron los autores que para perjudicar lo menos posible la imagen latente es necesario hacer el fijado con una solución muy débil de hiposulfito (2 por 100). La placa es lavada después cuidadosamente, y luego desarrollada en el baño siguiente, que los autores encontraron muy preferible:

A. Agua	1.000 c. c.
Sulfito de sosa anhidro	180 gramos.
Nitrato de plata al 10 por 100.	75 c. c.
B. Agua	1.000 c. c.
Sulfito de sosa anhidro	20 gramos.
Parafenilenodiamina.	20 c. c.

Para el uso se toma, para una placa 13×18 , 150 c. c. A y 30 B.

En el líquido A se forma sulfito de plata, que se disuelve en el exceso del de sosa; es este sulfito de plata, según los autores, la sal de plata que mejor se presta.

El revelador parafenilenodiamina podría sustituirse por otro revelador: metol, hidroquinona, ácido pirogálico. Estos reveladores dan un baño que desarrolla más rápidamente; pero tienen el inconveniente que éste se enturbia con rapidez mucho mayor. El desarrollo puede hacerse á plena luz.

Los mejores resultados se obtienen con placas de emulsión lenta; pero pueden servir también las rápidas.

Para las placas lentas es preciso dar una exposición cuatro veces por lo menos, y para las rápidas, seis.

El método es aplicable también al papel bromuro; pero la tinta de la imagen es desagradable y sería necesario un virado al oro para mejorarla; esto quita toda importancia práctica al procedimiento aplicado sobre papel.

Los autores comprobaron también que el desarrollo físico puede obtenerse con baño á base de mercurio y de plata.

Se hacen las soluciones:

A. Agua	1.000 c. c.
Sulfito de sosa anhidro	180 gramos.
Bromuro de mercurio	9 —

B. Agua	1.000 c. c.
Sulfito de sosa anhidro	20 gramos.
Metol.	20 —

Para una placa 13×18 se toman 150 c. c. de A y 30 de B.

En el baño se inmerge la placa al gelatino-bromuro expuesta previamente, fijada y lavada en la forma que hemos dicho.

El baño de desarrollo al mercurio tiene la ventaja de permanecer claro bastante más tiempo y da imágenes menos dicroicas y más opacas; en las cuales difícilmente puede ocurrir el velado por deposición general del metal.

Este método de desarrollo físico fué aplicado por los autores, como diremos á continuación en capítulo especial, para obtener contratipos, esto es, negativos ó dispositivos con el anverso y reverso cambiados.

CAPÍTULO XXXI

SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LAS IMÁGENES DESARROLLADAS Y FIJADAS OBTENIDAS CON PLACAS AL GELATINO-BROMURO.

La imagen desarrollada en una placa al gelatino-bromuro de plata, imagen que se acostumbra á considerar por su sencillez, constituida por plata metálica reducida, no lo está efectivamente por plata pura.

Sobre ello llamamos ya la atención en las primeras ediciones de esta obra, porque no podía escaparnos que muchas reacciones de las que es susceptible la plata reducida de las placas al gelatino-bromuro, no se producen con la plata pura precipitada de una solución de nitrato de plata.

El Dr. Lüppo Cramer hizo á este propósito muchos ó importantes estudios, estudios compendiados en su libro *Photographische Probleme*.

Cuando se trata la imagen desarrollada de las placas al gelatino-bromuro con un solvente de plata, como solución de persulfato, bicromato ó permanganato de potasio acidificado con ácido nítrico ó sulfúrico, la plata de la imagen se disuelve; pero la imagen no desaparece nunca completamente.

Después del lavado de las placas se obtiene una imagen debilísima de color amarillento, que tiene todos los caracteres de una combinación halogenada de plata.

Con el fijado, la imagen se debilita ulteriormente, pero no desaparece. Para que la imagen desaparezca por completo, se debe usar como disolvente de la plata una mezcla de prusiato rojo ó hiposulfito.

El tratamiento con permanganato ó bicromato ácido, incluso seguido de tratamiento con hiposulfito, deja una imagen físicamente desarrollable, mientras que el desarrollo físico no es posible cuando el negativo fué tratado con hiposulfito y prusiato rojo.

Si se trata el negativo con solución de yodo (que transforma toda la plata en yoduro) ó con solución de bromo (que transforma toda la plata en bromuro) y se hace después el fijado, la desaparición de la imagen es completa y no puede producirse el desarrollo

físico. En cambio, haciendo obrar el cloro (por ejemplo, bicromato acidificado con ácido clorhídrico) y fijando después, permanece una huella de la imagen.

Además de la plata, hay en la imagen desarrollada una sustancia que resiste á los solventes oxidantes de la plata y resiste también parcialmente al hiposulfito, mientras que es eliminada por un baño que obre contemporáneamente de oxidante y solvente sobre la plata, y de solvente sobre los aloides de plata (prusiato rojo mixto de hiposulfito), como también da baños bromurantes ó yodurantes seguidos de baño fijador.

El efecto de los agentes antes indicados no es el mismo en todas las placas. Las placas extrasensibles al yodobromuro de plata son las que presentan, especialmente, con respecto á los agentes oxidantes, etc., el comportamiento antes indicado.

Lo que parece extraño es que si, después del tratamiento con oxidantes ácidos ó con clorurantes, se fija la imagen además de con hiposulfito, con éste más bisulfito, la huella de imagen que queda no permite ya el desarrollo físico.

El bisulfito facilitaría por ello la disolución de la subsal de plata (ó solución sólida de plata en el aloide de plata) que, según Lüppo Cramer, se encontraría en la imagen desarrollada.

En estas placas, el grueso de los granos constituye un obstáculo para una acción química completa que comprenda íntegro el grano; hace también que la acción de muchos agentes se limite sólo á la superficie

Esto puede explicar la incompleta acción de los oxidantes ácidos, permanganato y bicromato.

En cambio, en las placas al bromuro y al clorobromuro y emulsión fina, el tratamiento con oxidantes ácidos, como hemos indicado, seguido de fijado, quitando, en general, completamente la imagen, elimina también la posibilidad de desarrollo físico.

Refiriéndonos, como hemos hecho, á los experimentos de Lüppo Cramer que pueden mostrar el camino á seguir para estudiar la constitución de la imagen desarrollada, diremos que no todos los ensayos que él refiere, nos han dado buenos resultados.

Hemos observado, por ejemplo, diferencias bastante notables de efecto, entre bromuración y cloruración, como afirma Lüppo Cramer; pero comprobamos, por otra parte, que con la yoduración el comportamiento es bastante distinto que con la bromuración.

Además, como más abajo decimos, el empleo del hiposulfito como agente fijador no parece el más indicado en experimentos de esta clase.

Sobre el mismo argumento hicieron ensayos mucho más recientemente (1911) los Sres. Lumière y Seyewetz.

Estos autores tomaron placas al bromoyoduro de plata y otras al bromuro de plata solamente. Después de desarrolladas, fijadas y

lavadas, disolvieron la capa en agua caliente acidulada de ácido clorhídrico para solucionar la gelatina, dejando intacta la sustancia negra de la imagen, que después de completo lavado fué tratada con ácido nítrico hirviendo. Con ello, toda la plata de la imagen se disuelve y permanece un residuo rojizo, que fué lavado, secado y pesado, y que los autores sometieron á análisis.

Comprobaron que este residuo tiene el mismo aspecto sea cual fuere la exposición dada á la placa.

Este residuo conserva siempre huellas de materia orgánica, que puede ser eliminada por calcinación.

La proporción de este compuesto, respecto á la cantidad total de sustancia negra que constituye la imagen, varía del 5 al 6 por 100.

El que proviene de una placa extra-rápida al gelatino-bromuroyoduro de plata presenta la composición siguiente: 65 de plata y 32 de yodo (estas proporciones corresponden á un subyoduro de plata Ag^5I^2); además contiene 3 por 100 de azufre. Repitiendo el mismo experimento con placas al bromuro de plata pura, han comprobado que en tal caso el residuo varía entre 3 á 3,5 por 100 de la sustancia negra que constituye la imagen, y en este residuo no se encuentra, efectivamente, bromo y sí solamente azufre en mayor cantidad.

Así, pues, la imagen procedente de placas conteniendo solamente bromuro de plata contiene 3,5 por 100 de sulfuro de plata; mientras que las procedentes de placas al bromoyoduro contiene sólo 0,7 por 100 de sulfuro de plata (tal es la cantidad de sulfuro de plata que corresponde al 3 por 100 de azufre encontrado en el residuo rojo dejado por la sustancia de la imagen en las placas al bromoyoduro).

Podría considerarse, pues, que, según la composición de la emulsión (más ó menos rica en yoduro de plata), la imagen desarrollada puede presentar una combinación distinta.

Esto puede servir para explicar el por qué del diferente comportamiento que se observa á veces, en la práctica, en placas de diversa procedencia, en los tratamientos de refuerzo y debilitamiento.

También los experimentos de Lüppo Cramer, considerados en su libro *Photographische Probleme* y de los que nos hemos ocupado, pueden dar lugar á diversas deducciones, cuando se considera en la imagen desarrollada la influencia de la presencia del sulfuro de plata.

Los autores han estudiado además la constitución de la imagen negativa cuando el fijado se hace en solución de cianuro.

En tal caso, el residuo insoluble en el ácido nítrico hirviendo es del 3 por 100 aproximadamente y parece estar constituido siempre por subcianuro de plata. Se encuentran sólo huellas de yodo en el residuo procedente de la placa al bromoyoduro de plata.

CAPÍTULO XXXII

REFUERZO Y SEPARACIÓN DE LA PELÍCULA DE LOS NEGATIVOS

En el capítulo XII, hablando de la gelatina, nos referimos al comportamiento de la gelatina con los diversos insolubilizantes, y especialmente con alumbre de roca, de cromo y formalina.

Ahora hablaremos del extenso empleo de estas tres sustancias, para dar á la capa de gelatina una resistencia mayor, disminuyendo la alterabilidad por acción de los agentes químicos y atmosféricos.

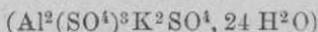
Sin el empleo de baños reforzadores se producen frecuentemente, y en especial manera en verano, levantamientos de la película y también (durante el secado, especialmente si se efectúa con lentitud) ensenaduras que perjudican la imagen. Estas ensenaduras son debidas á una alteración de índole micróbica.

Baños reforzadores á base de alumbre ó formalina.—Para evitar los graves inconvenientes antes indicados basta hacer sufrir á los negativos un tratamiento con solución de alumbre de roca al 5 por 100 ó de formalina al 3 á 5 por 100.

El tratamiento de los negativos con esta solución puede hacerse ya sea antes del fijado ó después, con las precauciones convenientes para evitar que entre en contacto hiposulfito con alumbre, produciendo inconvenientes en la imagen.

Durante los grandes calores será preferible, en general, hacer el tratamiento después del desarrollo, porque de otro modo se perdería parte del objeto deseado, ya que en el fijado y en el lavado que sigue al fijado la influencia perjudicial de la temperatura de los líquidos podría dejarse sentir. Pero los negativos reforzados seguidamente después del desarrollo fijan en un tiempo mucho mayor.

El alumbre, que es sulfato doble de aluminio y potasio



es un cuerpo que se presenta en gruesos cristales blancos. La materia activa que contiene es el sulfato de aluminio $(\text{Al}^2(\text{SO}^4)^3$.

Su acción sobre la gelatina es debida á la formación de una combinación insoluble entre la sal de aluminio y la gelatina.

Tal insolubilización es estable y no hay agente químico alguno que pueda dar de nuevo á la gelatina así insolubilizada el carácter primitivo, sin alterarla profundamente. Según los Sres. Lumière y Seyewetz, la cantidad máxima de aluminio (Al^2O^3) que puede fijarse en la gelatina es del 3,6 por 100 de gelatina seca.

Una acción insolubilizante más rápida y más notable es la que sobre la gelatina ejerce la formalina.

La formalina, llamada también formol, es químicamente hablando aldehido fórmico CH^2O .

Tiene un olor intenso; se disuelve en agua en todas las proporciones, y su solución, aún diluidísima, está dotada de enérgicas propiedades antisépticas. La formalina comercial contiene generalmente á lo máximo un 40 por 100 de aldehido fórmico propiamente dicho.

Para insolubilizar y reforzar, pues, notablemente la película de gelatina, se empleará una solución de formalina comercial al 3 ó 5 por 100. La acción es rápida, y después del tratamiento durante cinco ó diez minutos basta un rápido lavado, pues si pequeñas cantidades de formalina entran en contacto con el hiposulfito, no producen inconveniente alguno.

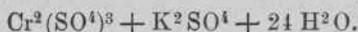
Los negativos tratados con formalina pueden secarse rápidamente en estufas á 40-50°, sin que sufran deterioro. Este rápido método de secamiento es más económico que el efectuado con alcohol.

La gelatina tratada con formalina puede, con tratamientos ácidos ó con sales de reacción ácida (por ejemplo, sales férricas), perder parcialmente la insolubilidad adquirida. También los sulfitos, los bisulfitos y los hiposulfitos atenúan bastante la acción insolubilizante de la formalina.

La presencia de ciertas sustancias junto á la formalina puede exaltar la acción insolubilizante; así ocurre con los álcalis fijos.

En cambio, la presencia de amoníaco atenúa ó anula (según la cantidad) el poder insolubilizante de la formalina.

Baños reforzadores á base de alumbre de cromo ordinario y alumbre de cromo básico.—El alumbre de cromo es un sulfato doble de cromo y de potasio que tiene una fórmula análoga por completo á la del alumbre de roca. Hela aquí:



El alumbre de cromo se presenta en forma de cristales de color violeta oscuro.

Es mucho más soluble en el agua que el alumbre de roca.

En 1902 publicamos, en periódicos fotográficos y químicos, los resultados de algunos de nuestros experimentos sobre la acción de los compuestos de cromo sobre la gelatina.

Tales ensayos fueron hechos tomando películas de gelatina de iguales dimensiones, sometiéndolas á los baños insolubilizantes y sumergiéndolas después en agua ó en soluciones débilmente ácidas de ácido clorhídrico ó sulfúrico, y observando el alargamiento que en tales condiciones se producía. De nuestros ensayos dedujimos las conclusiones siguientes, que, en la práctica, pueden tener considerable importancia:

El alumbre de cromo potásico y el alumbre de cromo amoniacal (que tiene una composición análoga por completo al primero), usados tal cual se encuentran en el comercio, tienen, en general, una moderada acción insolubilizante, sea el que fuere el grado de concentración de la solución que se usa y el tiempo que se prolonga su acción.

La insuficiente acción de los productos comerciales hay que atribuirlos al hecho de ser siempre más ó menos ácidos.

La neutralización de las soluciones de alumbre de cromo mediante amoníaco ó sosa no puede hacerse bien en frío, porque donde cae la solución alcalina se forma un precipitado de óxido hidrato de cromo, que en frío se disuelve con mucha dificultad, incluso con agitación, á pesar de la acidez del líquido. La neutralización debe hacerse por ello en líquido hirviendo.

La solución de alumbre de cromo neutralizada tiene una acción insolubilizante relativamente notable sobre la gelatina.

La máxima acción insolubilizante sobre la gelatina es ejercida, sin embargo, por la solución básica de alumbre de cromo, que se obtiene añadiendo á la solución hirviendo de alumbre de cromo un exceso de amoníaco, esto es, una cantidad de amoníaco tal que, después de neutralizado el ácido, quede todavía un poco de óxido hidrato de cromo sin disolver, que permanece después de una prolongada ebullición durante media ó una hora.

La solución básica de alumbre de cromo colora un poco de verde la gelatina, pero le da una resistencia extraordinaria también á la acción de las soluciones muy ácidas. Por la separación de la película de gelatina de los negativos, después de la acción de la solución básica de alumbre de cromo al 20 por 100 durante una ó dos horas, se tiene una película muy resistente, que puede ser destacada con facilidad mediante el ácido fluorhídrico.

La resistencia que la solución de alumbre de cromo básica comunica á la gelatina es tan grande, que es posible obtener sobre planchas metálicas, reservas para la corrosión en los procedimientos de fotoincisión.

El cloruro de cromo y las sales de cromo de ácido orgánico (tartrato, acetato), incluso tratados con exceso de amoníaco, pro-

ducen un efecto mucho menor al que se obtiene con el alumbre de cromo.

La acción insolubilizante producida por el sulfato de cromo, neutro ó básico, es debida á la combinación de óxido de cromo (Cr^2O^3) ó de un sulfato de cromo muy básico con la gelatina. Mientras el sulfato de cromo en solución puede considerarse tienda á desasociarse, dando óxido de cromo, que va á combinarse con la gelatina, no parece ocurra lo mismo con el cloruro de cromo y con las sales de cromo de ácido orgánico.

Siendo así que la solución neutra y básica del alumbre de cromo, al obrar sobre la gelatina, cede óxido de cromo, se comprende que con el repetido uso pueda hacerse más ácida ó menos básica y también siempre menos capaz de producir la acción insolubilizante.

El alumbre de roca no presenta sensible diferencia de acción usándolo en solución simple ó en solución tratada con amoníaco, como dijimos para el alumbre de cromo.

Esto se debe, probablemente, al hecho de que el sulfato de aluminio no es, como el sulfato de cromo, susceptible de formar sales básicas.

A nuestros experimentos siguieron los de los Sres. Lumière y Seyewetz, los cuales confirmaron la acción mucho mayor que ejerce sobre la gelatina el alumbre de cromo, neutralizado con exceso de amoníaco caliente, respecto al alumbre de cromo ordinario.

Pero, según estos señores, el ácido combinado con el cromo no tiene influencia, en lo que se refiere á modificar la acción de la sal de cromo, sobre la gelatina. Así, pues, según los autores, el acetato, el cloruro y otras sales de cromo neutralizadas con exceso de amoníaco, obran como el sulfato. Por nuestra parte, después de la publicación de la nota de los Sres. Lumière y Seyewetz, repetimos los experimentos comparativos, y podemos afirmar con seguridad que es imposible con cloruro de cromo, acetato de cromo y con otras sales de cromo y ácido orgánico tener en condición alguna un grado elevado de insolubilización de la gelatina capaz de hacerla resistir incluso los ácidos diluídos. Las películas de gelatina, después de la acción del cloruro-acetato de cromo (tratados con exceso de amoníaco) sumergidas en ácido diluído (1 ó 2 por 100) se alargan siempre considerablemente, mientras que esto no se verifica haciendo el tratamiento con alumbre de cromo básico.

Es este, pues, el preparado de cromo que puede tener importancia práctica, porque, como veremos más adelante, permite insolubilizar las películas de los negativos, separándolas después con ácido fluorhídrico sin que se alarguen ó se deformen.

De los experimentos de los Sres. Lumière y Seyewetz resulta, además, que, sea cual fuere la sal de cromo empleada, el peso de

óxido de cromo ($\text{Cr}^2 \text{O}^3$) que se fija en la gelatina es del 3,3 ó 3,5 por 100, y el producto que se forma, más que una verdadera y propia combinación, sería un compuesto de adición.

Baños de fijado reforzadores.—Puede resultar bastante ventajoso disponer de baños de fijado capaces de producir el endurecimiento de la gelatina de los negativos; así pueden simplificarse las operaciones.

Sábase que al hiposulfito no puede añadirse alumbre de roca ni alumbre de cromo, porque ambas sustancias descomponen el hiposulfito, perdiendo al mismo tiempo gran parte de su acción insolubilizante.

La formalina tampoco puede ser añadida al hiposulfito, porque obra también perjudicialmente y pierde eficacia.

Para hacer posible la adición al hiposulfito de alumbre de roca ó de cromo, evitando la reacción entre el hiposulfito y el alumbre, los Sres. Lumière y Seyewetz idearon recurrir al bisulfito de sosa.

A una solución de hiposulfito al 15 por 100 conteniendo 1 por 100 de bisulfito de sosa ó de potasio se puede añadir cierta cantidad de solución de alumbre de roca ó de cromo (correspondiente á 5 gr. de alumbre por litro) sin que se produzca descomposición del hiposulfito, mientras el baño adquiere la propiedad de endurecer bastante la gelatina, sin requerir un lavado más prolongado para la perfecta eliminación del hiposulfito.

Nuestros experimentos, de los que dimos cuenta en un artículo publicado en el *Progreso Fotográfico*, 1907, nos han permitido establecer un baño fijador que obra bastante bien como fijado reforzador y que preferimos siempre durante la estación cálida:

Hiposulfito de sosa (solución saturada al 60 por 100).	500 c. c.
Acetato de sosa.	25 gramos.
Alumbre de cromo (solución al 5 por 100)	500 c. c.

La presencia del acetato de sosa impide establemente toda descomposición del hiposulfito por obra del alumbre.

A pesar de la cantidad relativamente pequeña de alumbre de cromo, el hecho de no contener el baño ácidos ó cuerpos de reacción ácida (como el bisulfito) aumenta la acción insolubilizante del alumbre de cromo.

Separación é inversión de la película de los negativos.—Ocurre frecuentes veces en fotografía la necesidad de volver la película de un negativo.

Si se quiere utilizar, por ejemplo, un negativo para el procedimiento fotomecánico de fotocolografía, es necesario volverlo para

tener después en la impresión el anverso y reverso en la conveniente posición. Asimismo es necesario un negativo invertido para la impresión por el procedimiento al carbón, por simple transporte.

Puede conseguirse fácilmente este objeto mientras se someta primero el negativo á un tratamiento reforzador enérgico y tal que evite cualquier alargamiento ó deformación de la película cuando se separa.

Este enérgico reforzamiento puede obtenerse con solución de formalina de concentración no superior al 5 por 100, hecha obrar durante algunas horas.

La formalina da una insolubilización más completa en profundidad si se usa en solución relativamente diluída que en solución concentrada, porque la capa casi córnea que se forma en la superficie cuando el tratamiento se hizo con solución fuerte dificulta la penetración del baño, y, por ello, la insolubilización resulta, en general, mucho menos perfecta.

En lugar de la solución de formalina se puede recurrir á la de alumbre de cromo básico, que también, hecha obrar durante suficiente tiempo (mejor una noche), da, en general, un endurecimiento tan notable que impide todo alargamiento.

Es importante tener presente que, para obtener el máximo efecto reforzador, se debe hacer obrar la solución de alumbre de cromo sobre el negativo previamente bañado.

Hay que observar, además, que, á veces, por efecto de un tratamiento insolubilizado demasiado enérgico, en lugar de obtener un alargamiento de la película separada se puede tener una contracción.

En una larga serie de experimentos efectuados por nosotros hemos comprobado que el medio más seguro de evitar cualquier modificación de dimensión en la película separada consiste en dejar secar, espontáneamente, sin lavarlo y enjuagándolo apenas, el negativo que ha sufrido el baño reforzador, y después de secado someterlo durante algún tiempo á la acción de un calor moderado.

Nosotros lo pasamos durante unos minutos por encima de un hornillo de gas, moviéndolo rápidamente y teniéndolo á una distancia en la que no pueda sufrir un calentamiento excesivo, lo que se conoce por la imposibilidad de tenerlo con la mano.

En estas condiciones adquiere la película del negativo una conformación estable, que no puede modificarse ya en los sucesivos tratamientos para efectuar la separación.

Cuando por uno ú otro medio se ha producido un enérgico endurecimiento de la capa de gelatina, se puede proceder á la separación de la película.

Ante la afirmación de que, especialmente recurriendo á la formalina, se puede separar la película sin ulterior tratamiento, com-

probamos que obrando de tal manera nunca se tiene la seguridad de una separación perfecta. Tampoco es seguro el tratamiento con formalina mezclada con carbonato alcalino seguido de un tratamiento con solución de ácido clorhídrico. El gas anhídrido carbónico que se produce en tal caso facilita el levantamiento de la película endurecida y hace más cómodo el trabajo con la mano para separarla.

Pero tampoco procediendo así se consigue bien el objeto; con el fin de que el gas que se desarrolla pueda producir una acción completa, debería desarrollarse entre el vidrio y la película y no en la superficie ó en el espesor de ésta, como en este caso especial.

El único medio que permite proceder con seguridad, consiste en recurrir á la acción del ácido fluorhídrico, que se usará en solución al $\frac{1}{2}$ á 1 por 100.

Con ello se tiene siempre la separación facilísima de la película, la cual se levanta en gran parte por sí misma, y si ésta se ha insolubilizado bien no hay que temer alargamientos ó deformaciones en el tratamiento ácido.

La acción del ácido fluorhídrico, en lo que se refiere á producir la separación de la película, corroe la superficie del vidrio, á la que se adhiere la película misma. El ácido fluorhídrico, como es sabido, corroe el vidrio porque forma con el sílice fluoruro de silicio, el cual es gaseoso en el momento de la formación, y á eso también atribuimos el levantamiento espontáneo de la película. En presencia del agua, el fluoruro de silicio se transforma en ácido hidrofluosilícico.

Hace ya muchos años aconsejamos sustituir la solución de ácido fluorhídrico por una de fluoruro alcalino ligeramente acidificada; ello tiene por efecto la liberación del ácido fluorhídrico del fluoruro; este método es hoy el generalmente empleado.

El empleo de la solución de fluoruro de sodio ó de potasio es bastante cómodo, porque estas soluciones no acidificadas pueden conservarse indefinidamente en frascos de cristal, y en el momento del uso se vierte la cantidad necesaria en una cubeta de cartón ó de celuloide (no de porcelana) y se añade la cantidad de ácido. No son necesarios, pues, los costosos recipientes de caucho, como exige el ácido fluorhídrico, y se evita usar un producto algo peligroso, como es dicho ácido, por su acción bastante corrosiva sobre la piel.

La solución de fluoruro de sodio se preparará á la concentración del 5 por 100, y para el uso se acidificará con 5 por 100 de ácido clorhídrico ó 1 por 100 en volumen de ácido sulfúrico. Por otra parte, la cantidad de ácido puede ser también reducida bastante (hasta $\frac{1}{4}$), obteniéndose igualmente el efecto; pero de manera más lenta.

La disminución de acidez del baño puede ser aconsejable cuan-

do por un imperfecto endurecimiento de la película hay que temer un alargamiento por acción del baño ácido.

Una vez destacada la película y secada se transportará volcada sobre la misma placa ó sobre otra, ó también sobre un soporte de celuloide, haciéndola adherir con débil solución templada de gelatina (al 1 por 100).

Separación de la gelatina para conservarla suelta.—Para esta operación se pone en práctica un hecho, comprobado por nosotros hace ya varios años, y sobre el cual llamamos la atención en el *Progreso Fotografico*. Esto es, se sumerge un negativo en una solución alcalina de formalina (como álcali indicamos el álcali cáustico) y se deja secar; después de seco se puede separar con facilidad la película.

El Sr. Pigeon modificó sucesivamente un tanto nuestro método. Sumerge el negativo secado en una solución conteniendo agua, 100; formalina, 20; carbonato de sosa anhidro, 5. Se introduce en este baño la placa secada y se deja en él durante veinte minutos; se seca superficialmente con papel de filtro y se deja en esta forma durante veinticuatro horas. Entonces se puede, generalmente, separar con toda facilidad la película y conservarla suelta.

Alargamiento de la película de los negativos.—Sumergiendo un negativo en una solución ácida (por ejemplo, en una de ácido clorhídrico al 5 por 100), después de algún tiempo se separa la película, alargándose bastante. Pero cuando se intenta hacerla secar después de adherida á otra placa mediante solución de gelatina ocurre que la película se rompe.

Este inconveniente no se presenta cuando para producir el alargamiento se recurre á álcali ó bien á ácidos. El negativo es sumergido en solución al 10 por 100 de carbonato de sosa anhidro, y después dejado á secar. Hecho esto, si se repite la inmersión en la misma solución de sosa, se puede producir, con cuidadoso frotamiento, la separación de la película, la cual, al separarse, se alarga regularmente. Esta, separada, se puede adherir á otra placa mediante solución de bolas de gelatina, y, en general, seca sin agrietarse.

De un negativo 9×12 se obtiene un negativo 12×16 , aproximadamente.

Es natural que con el alargamiento la imagen pierde vigor, por lo que el método es aplicable sólo á negativos intensos, y con mayor motivo siendo así que, después del transporte, no puede ser sometida la negativa á tratamientos de refuerzo porque se levantaría nuevamente la película.

CAPÍTULO XXXIII

EL REFUERZO DE LOS NEGATIVOS.— DIVERSOS MÉTODOS DE REFUERZO

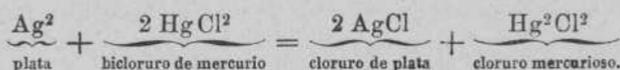
Ocurre muchas veces que, debido al hecho que la exposición no fué precisa y el desarrollo demasiado débil, la imagen negativa, si bien presentando todos los detalles del asunto, no tiene la intensidad suficiente que permita una buena impresión positiva sobre los papeles ordinarios. Así, pues, para obtener imágenes positivas de efecto es necesario reforzar la imagen negativa, esto es, dar á las luces y á las medias tintas una opacidad mayor para los rayos activos de la luz. Se podría también, en el caso de no querer tocar el negativo, recurrir para la impresión positiva á papeles especiales que acentúan notablemente los contrastes; estos papeles, destinados á la impresión de negativos débiles, se encuentran en el comercio; y con ciertos procedimientos, como el al platino, es también posible obtener papeles sensibles que dan imágenes con los contrastes deseados. Un fotógrafo, Puyo, artista de gran valía, decía que para obtener fotografías de gran mérito artístico es necesario que uno mismo se prepare el papel con aquellos procedimientos que permitan, á criterio del artista y con la base de los contrastes del negativo y del asunto que representa, variar la composición de la preparación sensible para obtener, según los casos, mayores ó menores contrastes. Además del papel al platino, también las preparaciones sensibles al carbón, y sobre todo á la goma bicromatada, llenan los requisitos expuestos.

Pero para la mayor parte de los que trabajan en fotografía el uso de los papeles ordinarios para la impresión positiva se impone, y, por lo tanto, aquellos negativos que por deficiencia de intensidad no impresionan bien deben ser reforzados.

Por ello es importante observar que no todos los negativos débiles pueden ser reforzados ventajosamente. Hay que distinguir los negativos débiles, pero detallados, de los que, además de carecer de fuerza, carecen de detalles. Estos últimos, que en la mayor parte de los casos pueden considerarse obtenidos con exposición bastante deficiente, no pueden mejorar con el refuerzo y es preferible tirarlos. El refuerzo puede acentuar los contrastes, pero no hacer salir en el negativo detalle alguno si antes no estaba, por lo

menos, indicado. Esto parece claro; sin embargo, no son pocos los que, con cualquier negativo débil, sin distinción, intentan el refuerzo con la esperanza de salvarlo.

Refuerzo al bicloruro de mercurio, con ennegrecimiento al amoniaco, sulfito ó hiposulfito.—El método generalmente empleado para reforzar los negativos es el al bicloruro de mercurio. El negativo fijado y cuidadosamente lavado (un lavaje perfecto es, en este caso, absolutamente necesario) se sumerge en una solución de bicloruro de mercurio al 2 por 100. En esta solución la imagen negativa negra se vuelve blanca; ello se verifica porque la plata que constituye la imagen es sustituida por cloruro de plata y cloruro mercurioso, ambos compuestos blancos. He aquí la ecuación química que explica la reacción.



La imagen negativa blanca así obtenida debe ser ennegrecida después, y para ello puede emplearse diversos baños.

Pero siempre hay que tener cuidado de eliminar bien primero, con el lavado, el bicloruro de mercurio. Referente á los inconvenientes que pueden producir los residuos de compuestos de mercurio que permanecieron junto á la película y sobre la manera de obtener una perfecta eliminación, véase cuanto dijimos más atrás en un párrafo de este mismo capítulo. Para el ennegrecimiento se acostumbra usar una solución de amoníaco al 10 por 100.

La acción del amoníaco es la siguiente: disuelve todo, ó en parte, el cloruro de plata y transforma el cloruro mercurioso en cloruro mercurioso de amonio, compuesto negro insoluble. La ecuación química que explica la reacción es la siguiente:



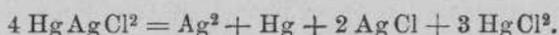
El cloruro de mercurioso-amonio es un compuesto no demasiado estable; por acción de la luz, especialmente, tiende á descomponerse. A ello se debe que los negativos reforzados con bicloruro de mercurio y amoníaco dejen un poco que desear en lo que á estabilidad se refiere. El carbonato de amonio se comporta de modo análogo al amoníaco.

Para obtener imágenes menos alterables, es aconsejable utilizar para el ennegrecimiento sulfito de sosa y también amoníaco. Los negativos blanqueados con bicloruro de mercurio se enjuagan y

después se sumergen en una solución reciente de sulfito de sosa cristalizado al 5 por 100. El compuesto negro que se forma no puede decirse con precisión qué composición tiene; según recientes experimentos del Dr. Valenta, contiene, según el grado de concentración de la solución de sulfito de sosa y la duración de su acción, una proporción variable de mercurio metálico, plata metálica y cloruro de plata.

Si bien el refuerzo que se obtiene empleando como segundo baño el sulfito de sosa sea siempre menos considerable que usando amoníaco, haremos observar que con soluciones muy diluidas de sulfito el refuerzo es siempre mayor que con soluciones concentradas. Esto obedece á que el cloruro de plata no es eliminado sino en pequeña parte. Y por ello aconsejamos el uso de una solución de sulfito al 5 por 100 y no más concentrada. Hemos comprobado también la conveniencia de la adición del 10 por 100 de cloruro de sodio á la solución del sulfito, porque disminuye su poder solvente sobre el cloruro de plata.

Según Chapman Jones, el ennegrecimiento con sulfito de la imagen blanqueada conteniendo cloruro de plata y cloruro mercurioso, que aquél representa en combinación única Hg Ag Cl^2 , daría lugar á la reacción siguiente:



Esto es; quedaría en la imagen una mitad de la plata (el cloruro de plata se disuelve más ó menos en el sulfito según la concentración) y una cuarta parte del mercurio.

Otra sustancia que tiene también la propiedad de ennegrecer la imagen negativa blanqueada por el bicloruro de mercurio es el hiposulfito de sosa, que se usará en solución al 5 por 100. El ennegrecimiento, en este caso, parece debido principalmente á la formación de sulfuro mercurioso y mercurio metálico. La estabilidad de los negativos ennegrecidos con hiposulfito deja bastante que desear, y la opacidad es también en este caso mucho menos notable que usando amoníaco, y se podría decir que el refuerzo que se obtiene es casi nulo.

Si se hace el ennegrecimiento con solución mixta de amoníaco y sulfito, se obtiene, puede decirse, el efecto del sulfito.

Un negativo que resultara exageradamente intenso con refuerzo al amoníaco, puede ser debilitado por simple inmersión en una solución concentrada de sulfito de sosa, ó mejor todavía en solución concentrada de hiposulfito.

Empañamiento blanco en los negativos reforzados, su causa y manera de eliminarlo.—Usando el amoníaco para el ennegrecimiento de la imagen blanqueada, se observa con frecuencia un

inconveniente no despreciable, esto es, un empañamiento general ó á manchas, que puede estropear el negativo.

Ello obedece al hecho de que las huellas de sal mercúrica retenidas por la película son transformadas por el amoníaco en un compuesto blanco poco soluble, que se indica con el nombre de cloroamiduro de mercurio. Ahora bien, el sulfito de sosa, como ya hemos indicado otras veces, ejerce una acción solvente considerable sobre gran parte de los compuestos mercúricos, y también sobre el cloroamiduro de mercurio, por lo que, haciendo el ennegrecimiento con sulfito, el empañamiento no puede formarse.

Sin embargo, si á la solución de bicloruro de mercurio se añade el 1 por 100 de ácido clorhídrico es entonces mucho más difícil que por la gelatina sea fijada sal de mercurio en forma de no poder ser eliminado. En lugar de añadir ácido clorhídrico al bicloruro de mercurio se puede, como aconseja Haddon, hacer un lavaje intermedio con ácido clorhídrico ó también ácido cítrico al 1 por 100 para eliminar bien toda huella de sal mercúrica. En los casos en que se hubiese formado empañamiento basta para eliminarlo sumergir el negativo en una solución de sulfito de sosa al 5 ó 10 por 100, lo que podrá atenuar, sin embargo, un poco el refuerzo obtenido con amoníaco.

Empleo de baños reveladores para el ennegrecimiento de la imagen blanqueada y refuerzo múltiple.—Si bien por el procedimiento indicado se obtiene un refuerzo de la imagen más que suficiente, en la mayor parte de los casos, cuando es necesario un refuerzo todavía mayor, se puede efectuar el ennegrecimiento de otra manera; esto es, sirviéndose de un baño ordinario de desarrollo al diamidofenol ó á la hidroquinona-metol, por ejemplo, pero preferiblemente más diluído (un volumen de baño y dos ó tres de agua).

Usando tal solución se obtiene el objeto deseado, y además de transformar el cloruro mercurioso en una solución negra, se reduce el cloruro de plata (que con los otros métodos de ennegrecimiento es eliminado ó no se altera) en plata metálica, que va á aumentar la fuerza de la imagen. Pero se puede ir más lejos: al ennegrecimiento así obtenido se puede hacer seguir (después de cuidadoso lavaje) un segundo tratamiento con bicloruro de mercurio, después un segundo ennegrecimiento. Con ello la plata se utiliza por segunda vez para obtener una ulterior deposición de sustancia negra en la imagen. La operación podría repetirse más veces obteniéndose imágenes todo lo intensas que se deseara. Esta serie de tratamientos constituye lo que hemos dado en llamar refuerzo múltiple y del cual fuimos los primeros en hablar.

Observaremos que, cuando el ennegrecimiento se produce con un baño revelador, hay que considerar que el cloruro mercurioso, por lo menos en gran parte, es reducido á mercurio metálico, por

lo que, haciendo un sucesivo tratamiento con bicloruro de mercurio, también el mercurio metálico puede obrar parcialmente y dar lugar á la formación de cloruro mercurioso, que es seguidamente ennegrecido. Todo ello aumenta el valor del refuerzo. Por ello hay que tener presente que, repitiendo varias veces el refuerzo con el método descrito, se perjudica siempre más ó menos la transparencia del negativo, porque se forma fácilmente un velado amarillo.

Parece ser que con refuerzo múltiple se pudiera llegar á obtener cualquier intensidad de imagen deseada; pero ésto no se verifica en la práctica.

Ennegrecimiento con sulfuro alcalino.—Otro método para obtener un refuerzo bastante considerable consiste en ennegrecer el negativo blanqueado al bicloruro de mercurio mediante una solución de sulfuro alcalino, polisulfuro de potasio, por ejemplo (llamado comúnmente hígado de azufre), ó mejor sulfuro de sodio.

En este caso, después de blanqueado el negativo con las sales de mercurio, debe ser lavado cuidadosamente durante algunas horas en agua corriente, sumergiéndolo después en la solución de sulfuro de sodio al 1 por 100 filtrada, donde ennegrece por formación de sulfuro de mercurio y sulfuro de plata, ambos compuestos negros bastante opacos.

Pero este método, si bien capaz de dar un refuerzo mucho más considerable del que dan los métodos usuales, tiene el grave inconveniente de hacer más ó menos amarillos los negativos, incluso si después del tratamiento con bicloruro de mercurio se hace un atento lavaje. Y sólo se aplica por ello, casi exclusivamente, para el refuerzo de los negativos al colodión.

Adiciones á la solución de bicloruro de mercurio.—Diremos también que en todos los casos que se prepare una solución de bicloruro de mercurio estable que pueda servir algún tiempo, conviene disolver junto con la sal de mercurio una cantidad igual de cloruro de sodio ó bromuro de potasio. La adición de cloruro de sodio resulta de doble utilidad. Ante todo permite al bicloruro de mercurio disolverse más fácilmente y conservarse mucho tiempo en este estado sin dar depósito de sales básicas.

En segundo lugar, la presencia del cloruro alcalino quita al bicloruro de mercurio su propiedad de insolubilizar parcialmente la gelatina, lo que es de efecto perjudicial, pues hace más difícil el lavaje después del tratamiento con bicloruro de mercurio para eliminar la sal de mercurio que no ha obrado.

Por ello es muy aconsejable la adición del 1 por 100 de ácido clorhídrico (además del cloruro de sodio), como ya hicimos notar.

La adición de bromuro de potasio (2 ó 3 por 100) á la solución de bicloruro de mercurio, además de la ventaja de dar á la solución mayor estabilidad, tiene también la demostrada por el doctor Eder de aumentar la cantidad del refuerzo. Hemos estudiado el

empleo del bromuro de potasio en los baños de bicloruro de mercurio y hemos comprobado que con tal empleo se aumenta en efecto sensiblemente la opacidad de la imagen reforzada, especialmente cuando se usa para el ennegrecimiento amoníaco ó bien sulfito (no, sin embargo, cuando el ennegrecimiento se hace con baño de hiposulfito). Esto obedece al hecho de que tal baño da cloruro mercurioso y junto con él, no cloruro de plata sino, en gran parte por lo menos, bromuro de plata, el cual en el tratamiento con amoníaco permanece todo ó casi todo. Aparte de que el bromuro de plata tiene una opacidad mayor que el cloruro de plata.

Ennegrecimiento con cianuro de potasio mezclado con nitrato de plata ó con sosa cáustica mezclada con formalina ó con oxalato ferroso.—El negativo blanqueado con bicloruro de mercurio puede ser también ennegrecido con una solución de nitrato de plata en cianuro de potasio. Se hace una solución de este cianuro al 1 por 100 y se le añade después otra de nitrato de plata hasta que ya no se disuelva. En este líquido se sumerge el negativo blanqueado, que ennegrece pronto por formación de un compuesto mercurioso negro, unido probablemente á un poco de plata reducida.

Este método, aconsejado hace muchos años por Monckhoven, está hoy, puede decirse, abandonado.

Pero puede merecer todavía alguna consideración por la intensidad y el hermoso tono del depósito negro que proporciona.

En 1901, el Sr. Blake Smith propuso usar para el ennegrecimiento de los negativos blanqueados con bicloruro de mercurio una solución formada por

Formalina.	1 gramo.
Sosa cáustica.. . . .	1 —
Agua	100 —

Se obtiene un refuerzo considerable, que se puede, si se desea repetir varias veces. Pero de nuestros experimentos se deduce que la transparencia del negativo resulta influenciada.

Fueron aconsejados otros diversos métodos para el ennegrecimiento de los negativos blanqueados con bicloruro de mercurio.

Entre ellos recomendóse el empleo de una solución de oxalato ferroso; ésta da, efectivamente, una intensidad considerable y proporciona imágenes constituídas completamente de plata y de mercurio metálico, susceptibles por ello de repetidos refuerzos.

Pero por la molestia que representa el empleo de solución de hierro, que debe prepararse al momento y que requiere también mayor cuidado para la eliminación completa de la sal férrica,

este método, que á la vez es racional y eficaz, no es de uso general.

Aconsejése también, para el ennegrecimiento, el empleo de una solución de cloruro estañoso (gr. 2 por 100) acidificada con ácido tartárico (2 por 100), la cual, además, origina la formación de mercurio metálico, mientras que reduce, en cambio, más difícilmente el cloruro de plata á plata.

Sobre algunos inconvenientes del refuerzo al bicloruro de mercurio y modo de evitarlos.—Trasladamos aquí, íntegra, la comunicación que hicimos sobre este argumento en 1908, publicada en el *Progreso Fotográfico*, en el Eder Jahrbuch, etc.

Muchas veces he observado que, á pesar de todas las precauciones, los negativos reforzados con bicloruro de mercurio se manchan con el uso y adquieren un velado general que hace más lenta la impresión á la luz. El mismo inconveniente, si bien no tan importante, lo observé también en los negativos reforzados al bicloruro de mercurio, usando como segundo baño el sulfito de sosa en lugar del amoníaco.

El sulfito da, en todos los casos, un refuerzo sensiblemente menor al que da el amoníaco.

Los mismos inconvenientes por mí observados lo fueron también por otros fotógrafos y aficionados, los cuales no pocas veces se dirigieron á mí para saber cómo hacer el refuerzo sin que resulte velo ó mancha.

Una parte de los inconvenientes la atribuí siempre al hecho de que el exceso de bicloruro de mercurio, no completamente eliminado con lavados, resultaba transformado por el amoníaco en cloroamiduro mercúrico. Pero el mismo inconveniente no puede verificarse cuando se hace el ennegrecimiento con sulfito de sosa, habiendo comprobado por mi parte (véase mis experimentos sobre la fotoquímica de las sales de mercurio) que el sulfito de sosa obra de solvente sobre la mayor parte de los compuestos mercúricos (no mercuriosos), aun siendo insolubles.

Inicié, pues, una serie de ensayos metódicos, lanzándome con afán á poner en claro las causas de los citados inconvenientes y ver de remediarlos.

Tomé algunas placas al gelatino-bromuro, y después de despojarlas del bromuro de plata mediante hiposulfito, las lavé durante veinticuatro horas en agua corriente.

Sometí las placas á varios tratamientos, según indico:

1.º Inmersión en solución de bicloruro de mercurio conteniendo 2 por 100 de sal común, lavado cuidadoso y ennegrecimiento con amoníaco.

2.º Los mismos tratamientos, pero empleado una solución de bicloruro de mercurio conteniendo, además de la sal, 1 por 100 de ácido clorhídrico puro.

3.º Tratamiento como el 2.º; pero haciendo sufrir á la placa durante diez minutos un tratamiento con solución de ácido nítrico al 1 por 100 y sucesivo lavado antes de sumergirla en el amoníaco.

4.º, 5.º y 6.º Tratamientos análogos, respectivamente, á 1.º, 2.º y 3.º; pero empleando como segundo baño, en lugar de amoníaco, una solución de sulfito de sosa cristalizado al 5 por 100.

Las placas así preparadas fueron observadas por transparencia; después, cubrí las mitades con papel negro y las expuse todas á la luz durante doce horas, de las cuales tres, aproximadamente, al sol. y las restantes á la luz intensa.

Después de la exposición al sol. examiné de nuevo por transparencia las diversas placas. He aquí las conclusiones deducidas de estos ensayos:

1.ª Las placas tratadas con bicloruro de mercurio en solución neutra ó ácida, después de incluso lavado hecho con gran cuidado y prolongado, con agua, tratadas con amoníaco no pierden casi nada en transparencia al momento; pero con la exposición á la luz adquieren una coloración amarillenta general que se hace muy visible con una exposición prolongada. Tal coloración disminuye sensiblemente la transparencia de la placa, y siendo así que con frecuencia no se forma uniformemente, sino á manchas, además de retardar la impresión á la luz puede influir también en la uniformidad de la imagen.

2.ª Las placas tratadas con solución neutra ó ácida de bicloruro de mercurio y pasadas después de cuidadoso lavado á solución de sulfito de sosa, adquieren pronto una ligera tinta general, que aumenta poco con la exposición á la luz; tampoco en este caso se tiene siempre la uniformidad de coloración.

3.ª El tratamiento con ácido nítrico en solución al 1 por 100, prolongado lo suficiente, hecho antes del tratamiento con amoníaco ó con sulfito, resulta bastante eficaz, no observándose en seguida, ni después de una exposición á la luz incluso muy prolongada, coloración alguna ó sólo una coloración mínima.

Se puede explicar el efecto del ácido nítrico admitiendo que la gelatina retenga, probablemente en combinación, huellas de sal mercúrica que resiste á cualquier lavado y que sólo el ácido nítrico puede hacer desaparecer.

Esta mínima cantidad de sal mercúrica no es influenciada aparentemente por el amoníaco, y, en cambio, puede reducirse por acción prolongada de la luz. El sulfito de sosa, en cambio, produce inmediatamente una reducción, de donde deriva la coloración inmediata que adquiere la placa.

Teniendo en cuenta estas conclusiones, los inconvenientes hoy tan comunes cuando se efectúa el refuerzo al bicloruro de mercurio quedan eliminados.

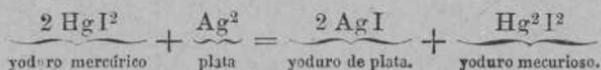
El fotógrafo profesional, especialmente, debe tenerlos muy en cuenta, porque no ignora que un negativo reforzado, como se hace habitualmente, resulta inservible antes de ser utilizado para todas las copias necesarias. Y si no inservible, pierde mucha transparencia, haciendo bastante más larga la impresión á la luz.

Refuerzo al yoduro de mercurio.—Se toma una solución de yoduro de potasio al 5 por 100 y se vierte poco á poco una solución saturada de bicloruro de mercurio. A cada adición de sal de mercurio se forma un precipitado rojo de yoduro mercúrico, el cual, con una ligera agitación, se disuelve, porque se forma un yoduro doble de mercurio y potasio.

Se cesará de añadir el bicloruro de mercurio así que el precipitado rojo que se forma deje de disolverse de nuevo ó quede ya indisuelto.

Se forma con ello una solución de yoduro de mercurio en el yoduro de potasio.

En éste se sumerge el negativo, aun lavado ligeramente con hiposulfito, no resultando en tal caso para nada perjudiciales las huellas de hiposulfito. En este baño, la plata del negativo es sustituida, por lo menos en gran parte, por yoduro mercurioso compuesto, dotado de un color verde oscuro. He aquí la ecuación que explica la reacción:

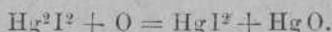


En lugar de la solución de yoduro mercúrico potásico, los señores Lumière y Seyewetz aconsejaron una solución de yoduro mercúrico en el sulfito de sosa, que permite obtener un refuerzo todavía mayor. El baño se prepara así: agua, 100 gr.; yoduro mercúrico, 1; sulfato de sosa cristalizado, 20. El yoduro mercúrico se disuelve fácilmente en el sulfito de sosa. En lugar del yoduro mercúrico, hemos comprobado se puede emplear bicloruro de mercurio y yoduro de potasio. En este caso, se tomará: bicloruro de mercurio, 1; yoduro de potasio, 2; sulfito cristalizado, 20; agua, 100. Hay que tener presente que en presencia del sulfito parte del yoduro mercurioso que se forma en la reacción anotada se reduce á mercurio metálico. Existe el hecho de que, en presencia del sulfito, se obtiene una tinta verdosa más densa, y no teniendo exceso de yoduro de potasio (como en el caso en que se emplee el bicloruro de mercurio mezclado sólo con yoduro de potasio) el yoduro de plata que se forma no tiende á disolverse y contribuirá á aumentar sensiblemente el refuerzo.

La imagen así reforzada no presenta, de todos modos, sino poca estabilidad, y especialmente en la impresión positiva, á la luz intensa, el negativo cambia de color, amarilleándose, y esto puede

ocurrir bien en toda la superficie ó bien en uno y otro sitio donde resultan manchas.

Una conservación prolongada produce también el mismo efecto que debiera considerarse una oxidación, y precisamente una transformación, del yoduro mercurioso en yoduro mercúrico y óxido mercúrico:



Esta oxidación ocurre más fácilmente á la luz que en la oscuridad. Los Sres. Lumière y Seyewetz explican de otra manera menos sencilla la alteración de la imagen reforzada; pero á nosotros nos parece que esta teoría es la más verosímil.

Para hacer estable la imagen en tal caso es necesario, como aconsejaron los Sres. Lumière y Seyewetz, inmergir el negativo, reforzado y enjuagado, en un baño de desarrollo alcalino cualquiera (hidroquinona, iconógeno, metol, etc.).

Con este tratamiento hay que considerar se reduce, por lo menos, gran parte del yoduro mercurioso á mercurio metálico; la imagen no aumenta, sin embargo, notablemente de opacidad.

El método de refuerzo al yoduro de mercurio tiene la ventaja sobre los demás de permitir seguir el refuerzo mismo, porque éste se produce directamente en el primer baño. Además, da un refuerzo más notable que con los otros métodos.

Pero el negativo pierde cada vez más ó menos en transparencia, y no pocas veces adquiere el negativo una opacidad excesiva en las luces que pueda perjudicar el efecto.

El método es, por estos motivos, poco usado, y sólo podrá resultar cuando sea necesario un refuerzo de notable importancia sin demasiados tratamientos.

Añadiremos que l'Actien Gesellschaft für Anilin Fabrikation, de Berlín, ha patentado y puesto á la venta, con el nombre de *Agfa*, un preparado reforzador debido al Dr. Andresen, y que está constituido por yoduro mercúrico disuelto en sulfocianuro alcalino.

Este preparado da un refuerzo bastante considerable (como el otro á base de yoduro mercúrico disuelto en sulfito) ó imágenes bastante estables sin necesidad de segundo tratamiento con baño reductor.

Pero hemos observado que los negativos así reforzados, incluso si se lavan cuidadosamente, tienden á colorarse con repetido uso en la impresión positiva. No se puede evitar este inconveniente con tratamiento con solución de ácido nítrico, porque mientras que la acción, desde el punto de vista de la conservación de la transparencia, es en este caso incompleta, el tratamiento mismo modifica algo la opacidad.

Refuerzo á las sales de cobre y de plomo.—El método de refuerzo á las sales de cobre, que se usa mucho en el procedimiento al colodión (véase pág. 80), no se usa, ó sólo excepcionalmente para reforzar los negativos al gelatino-bromuro.

Y ello no sólo por la poca importancia del refuerzo que da con estos negativos, sino también porque en la acción del nitrato de plata sobre la gelatina se producen fácilmente manchas.

Pero para algunas placas de emulsión lenta y capa fina, destinadas á la autotipia, este método de refuerzo se emplea á veces, si bien no presenta, según nosotros, ventajas, respecto al método de refuerzo al mercurio.

El método de refuerzo al plomo, descrito en la página 81, es también poco indicado para las placas al gelatino-bromuro, mientras que sirve excelentemente y es, puede decirse, el preferible, para el refuerzo de los negativos al colodión.

En los negativos al gelatino-bromuro es imposible mantener con tal refuerzo la claridad de los blancos. Sobre esto llamamos ya la atención en la página 83.

Si se encontrase la manera de eliminar por completo las huellas de plomo retenidas por la gelatina, que son causa del amarilleamiento de los blancos en el tratamiento con sulfuro alcalino, este método, por la excepcional opacidad de imagen que permite obtener, podría prestar, incluso en el procedimiento al gelatino-bromuro, excelentes servicios.

Refuerzo por cloruración de la imagen y nuevo desarrollo.—El Sr. Piper puso de manifiesto, algunos años ha, un hecho que parece bastante extraño.

Si se transforma la plata de la imagen en cloruro de plata (esto puede hacerse, por ejemplo, con solución al 5 por 1.000 de bicromato de potasio adicionado del 1 por 100 de ácido clorhídrico ó con solución de permanganato al 2 por 1.000 adicionado también del 1 por 100 de ácido clorhídrico) después del lavado se desarrolla la imagen, estando en plena luz, con baño corriente de hidroquinona-metol ó de diamidofenol, la imagen que se obtiene gana en intensidad.

No es un refuerzo considerable el que se obtiene por este procedimiento; pero siempre es un refuerzo y se tiene la ventaja de no modificar la constitución de la imagen.

Decíamos que este método de refuerzo parece extraño, porque la imagen, incluso después del tratamiento, está formada de plata, como lo era antes. Pero vimos (pág. 286) cómo la imagen que se obtiene por desarrollo y fijado no está constituida exclusivamente por plata, sino que contiene también compuestos de plata entre los que figura el sulfuro de plata.

En ello está probablemente la razón principal del fenómeno, porque cuando con el tratamiento oxidante clorurante se transforma

la plata en cloruro, se elimina completamente el sulfuro de plata, y con sucesivo desarrollo, no seguido del fijado, tenemos el producto de reducción no modificado por el hiposulfito, y por ello más intenso.

Por otra parte, el desarrollo hecho en plena luz y trabajando con cloruro de plata, que es el aloide de plata más reducible, puede obrar también más profunda y más completamente, y siempre en forma distinta, que en el caso de bromuro ó bromoyoduro de plata desarrollado en la oscuridad.

Así, pues, por razones químicas y también, forzosamente por razones de la forma molecular distinta de la plata que se reduce en las condiciones indicadas, se tiene al fin un ligero refuerzo de la imagen, que, si bien siempre sensiblemente inferior al que se obtiene con bicloruro de mercurio, también por ennegrecimiento lo es al sulfito.

Un modo particularmente interesante de aplicación de este método de refuerzo para nuevo desarrollo es el indicado recientemente por Desalme.

Blanqueado el negativo por cloruración en solución de bicloruro de cobre (ó sulfato de cobre más cloruro de sodio) ó en solución de bicromato ó permanganato de potasio con ácido clorhídrico, como dijimos, resulta, después de un ligero lavado, ennegrecido con solución de estannito de sosa.

Tal baño se obtiene tratando una solución de cloruro estañoso (preparado recientemente y, por lo tanto, poco ó nada oxidado) con leve exceso de sosa cáustica en forma á obtener un líquido limpio que contiene precisamente el estaño en forma de estannito alcalino. Basta una solución que corresponda á 1 por 100 de cloruro estañoso.

El negativo en que se tiene la plata, en forma de cloruro, cuando es tratado con la solución citada, ennegrece rápidamente y adquiere una tinta moreno-oscura y un vigor bastante mayor. El refuerzo es, en este caso, bastante más notable que en el caso del segundo tratamiento con baño de desarrollo.

No hemos podido poner bien en claro la causa de este comportamiento; pero nos parece que en tal caso contribuye á dar el refuerzo, no sólo la forma de plata que da este baño reductor ultrapaziente, sino también el hecho que en la imagen entra también un poco de estaño. No hemos analizado la sustancia que va á constituir la imagen, pero su color y su comportamiento con varios agentes (especialmente la diferencia de color que se obtiene haciendo el virado por sulfuración, según el método indicado en el volumen II) hace que consideremos que la imagen no puede estar formada de plata pura.

Refuerzos colorados á los ferrocianuros.—En el segundo volumen de esta obra aparecen descritos de manera amplia, los mé-

todos de virado de las pruebas sobre papel al gelatino-bromuro y de las diapositivas con ferrocianuros metálicos, y precisamente ferrocianuro de uranio, de cobre y de hierro.

Ahora bien; debido á que los métodos de virado de ferrocianuro de uranio y cobre dan imágenes de color rojo, se tiene por lo mismo en esta transformación un aumento de opacidad que es notable en el caso del uranio y regular en el del cobre.

No es el caso que repitamos ahora las recetas, porque son las mismas; sólo en el caso que se desee una acción más rápida se podrían tener las soluciones un tanto más concentradas (por ejemplo, reducir el agua á la mitad).

Hay que tener presente también el hecho indicado en el segundo volumen de esta obra, esto es, la posibilidad de aumentar ulteriormente la intensidad de la imagen, transformando también el ferrocianuro de plata (que se forma siempre en el tratamiento y que es de color blanco) en ferrocianuro de cobre ó de uranio.

En el comercio se encuentran preparados ya listos para el refuerzo al uranio y al cobre; es especialmente conocido y usado el preparado para el refuerzo al cobre Agfa.

Los negativos reforzados al uranio y al cobre se distinguen de los corrientes por el color rojo, y pueden alterarse más fácilmente con su prolongada conservación.

Pero es fácil restablecer el negativo primitivo negro tratando el negativo reforzado al cobre ó al uranio con baño desarrollador alcalino (hidroquinona-metol) conteniendo un poco de bromuro de potasio.

Haciendo la operación con luz intensa se forma todavía plata metálica, mientras que el ferrocianuro de uranio ó de cobre es descompuesto y descolorado por completo.

Refuerzo al uranio ó al cobre de los negativos reforzados al mercurio.—Hace ya algunos años señalamos el hecho que los negativos reforzados al mercurio, cuando fueran ennegrecidos con sulfito ó con revelador, podían sufrir el mismo refuerzo al cobre ó al uranio que los negativos primitivos, con la ventaja de un ulterior aumento de opacidad, porque se llega á añadir á la imagen de plata, además del mercurio, ferrocianuro de uranio ó de cobre.

El método es especialmente eficaz para negativos reforzados al mercurio con segundo tratamiento con baño revelador.

Se comprende, pues, cómo por este camino sea imposible llegar á la más considerable opacidad de imagen.

Modificación á voluntad de los contrastes de la imagen con el método llamado del negativo universal.—Esta genial concepción, debida al profesor Luther, ha demostrado ser, en la práctica, de sorprendente eficacia. Podemos afirmarlo después de numerosos ensayos.

No queremos aventurarnos á definir este método, excepcional-

mente importante para la práctica y racionalísimo, por no ser todavía bastante conocido.

El principio del método es el siguiente: un negativo en el que se haya transformado la imagen negra en otra colorada (de amarillo, rojo ó azul) puede permitir obtener imágenes positivas de índole bastante distinta, utilizando en la impresión positiva un filtro de luz de igual color al de la imagen ó de color complementario.

Con filtro de luz del mismo color se atenúan los contrastes, y con filtro de luz de color complementario, se exageran.

Es natural que, pudiéndose tener filtros de luz de intensidades bastante diversas, tanto por la atenuación como por la acentuación de los contrastes, el carácter de la imagen puede, teóricamente, sufrir infinitas modificaciones.

Para aplicar este método se debe empezar por obtener un negativo colorado. Para ello sirve especialmente el negativo con imagen amarilla ó con imagen azul.

Para obtener el negativo amarillo se sustituirá la plata por cromato de plomo, según el método por nosotros estudiado y descrito en el volumen II.

Para obtener imágenes azules se utilizará, en cambio, el método de virado al hierro (volumen II).

El negativo virado en amarillo puede ser impresionado con un filtro amarillo de diversa intensidad; cuanto más intenso sea el color amarillo del filtro, tanto más atenuados resultarán los contrastes.

En cambio, impresionando el negativo amarillo bajo un filtro azul violeta se exageran los contrastes según se desee.

El negativo amarillo es el que mejor se presta á obtener el máximo número de efectos entre la dureza excesiva y la debilitación.

El virado azul es de más fácil aplicación; pero este negativo no puede ser impresionado sino con filtros amarillos, esto es, sólo con filtro de contrastes.

La variedad de contrastes se obtiene precisamente haciendo variar la intensidad de color del filtro amarillo.

Como écranes amarillos pueden servir los filtros peliculares amarillos que se venden en los comercios, de varias intensidades y á precios limitadísimos.

Puede servir de filtro azul una placa al gelatino-bromuro despojada del bromuro de plata, por fijado y lavado, y colorada después por inmersión en solución de azul-metileno.

Los filtros amarillos pueden prepararse también del mismo modo utilizando como color la tartracina.

Es inútil digamos que las imperfecciones del vidrio no tienen, para el uso antes indicado, importancia alguna; pues nunca podrían utilizarse tales filtros para su aplicación al objetivo fotográfico, siendo necesario para ello vidrios de caras planas y paralelas si no se quiere perjudicar la calidad óptica del objetivo.

Para la impresión de la copia negativo virado y écran no conviene, por lo general, recurrir á otro papel que el gelatino-bromuro, porque el color del écran, especialmente si se trata del écran amarillo, daría una notable exageración en el tiempo de impresión, que debería hacerse siempre al sol, y con écrans de amarillo intenso la impresión resultaría, puede decirse, imposible.

Con la impresión en papel de ennegrecimiento directo de la copia negativo-écran (por ejemplo, negativo amarillo écran azul) se puede obtener un ulterior aumento de contrastes respecto á la impresión sobre papel de desarrollo, y esto puede resultar cuando se quiere dar cierto relieve á mínimas impresiones, como puede ocurrir en la fotografía científica y judicial.

En tales casos conviene obtener el asunto á todo trance, aunque la impresión al sol deba prolongarse algunas horas.

CAPÍTULO XXXIV

DEBILITAMIENTO Y CLARIFICACIÓN DE LOS NEGATIVOS

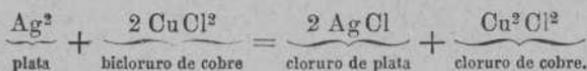
El debilitamiento de los negativos tiene, en general, por consecuencia disminuir la intensidad de la imagen, intensidad demasiado notable debido al prolongado desarrollo ó á causa de la impropia composición del baño. A veces, los mismos baños que sirven para el debilitamiento de los negativos se usan también para clarificar negativos un poco velados; en este caso, después de hecho obrar el baño clarificador es probable que la imagen aparezca demasiado débil y requiera ser reforzada después. Muchos son los métodos que pueden seguirse para debilitar los negativos; según los casos, se preferirá uno ú otro.

No hablaremos de los baños de debilitamiento á base de cianuro de potasio (cianuro solo ó mezclado con bicloruro de mercurio ó con prusiato rojo), no habiendo circunstancia alguna que pueda justificar el empleo de una sustancia tan benéfica como el cianuro para el debilitamiento de negativos al gelatino-bromuro.

Debilitamiento por cloruración y disolución del cloruro de plata.
Se prepara la solución siguiente:

Bicloruro de cobre	1 gramo.
Agua	100 —

El negativo fijado y lavado es sumergido en esta solución hasta que se haya formado en la superficie una patina blanca constituida por cloruro de plata; se enjuaga después el negativo y se sumerge en la solución de hiposulfito, donde el cloruro de plata se disuelve. La reacción que ocurre entre el bicloruro de cobre y la plata se representa por la ecuación química siguiente:



Así, pues, en definitiva, este método de debilitamiento consiste en transformar una parte de la plata que constituye la imagen en

cloruro de plata, que se disuelve después en el hiposulfito. En lugar del bicloruro de cobre se puede usar también una solución mixta de sulfato de cobre (vitriolo azul comercial) y sal de cocina. He aquí una receta conveniente:

Sulfato de cobre.	1 gramo.
Sal de cocina.. . . .	5 —
Agua.. . . .	100 —

De la cantidad de sal de cobre depende la energía de la acción del baño; de todos modos, es preferible siempre que el baño esté muy diluido, porque en tal caso, siendo lenta su acción, resulta bastante más uniforme. No puede decirse con precisión cuál criterio debe seguirse para conocer el momento oportuno en que debe detenerse la acción del baño; esto se aprende con la práctica. Ciertamente que en este método de debilitamiento constituye un grave inconveniente el hecho de no notarse bien el debilitamiento de la imagen hasta después que el negativo ha sido pasado también en hiposulfito; no se tiene, pues, nunca la certidumbre de detener el tratamiento con la solución de cobre, en el momento preciso. Este baño, además de obrar con regularidad del exterior hacia el interior, tiende también á eliminar las partes más superficiales, esto es, las medias tintas más ligeras y también un velo superficial.

Podrá, pues, convenir para clarificar negativos velados ó para disminuir la importancia de las medias tintas; pero no en el caso en que se tengan detalles delicados, los que conviene conservar á la imagen.

También con otras sales metálicas ú otros compuestos es posible transformar la plata de la imagen en cloruro ó en otros compuestos susceptibles de ser disueltos después en el hiposulfito. El cloruro férrico, por ejemplo, tiene acción análoga al cloruro de cobre; otro tanto puede decirse del bicromato y permanganato en solución ácida de ácido clorhídrico.

Por las dificultades de seguir la importancia del debilitamiento, y por los peligros que presenta para el negativo, este método no se emplea casi nunca.

Debilitador al prusiato rojo é hiposulfito.—El método llamado de Farmer es muy usado para el debilitamiento y consiste en el empleo de una solución mixta de hiposulfito de sosa y ferricianuro de potasio (prusiato rojo). El ferricianuro de potasio transforma la plata en ferrocianuro de plata, el cual, encontrándose en presencia de hiposulfito, se disuelve sin otra adición.

Así, pues, es bastante fácil seguir el proceso debilitador. He aquí la reacción química que ocurre entre la plata y el prusiato rojo:



El baño se compondrá como sigue:

A. Hiposulfito de sosa.....	10 gramos.
Agua.....	100 —
B. Prusiato rojo.....	2 gramos.
Agua.....	100 —

Al momento de usar el baño se mezclan volúmenes iguales de las dos soluciones A y B. Si se deseara un debilitamiento bastante limitado, se mezclarían dos volúmenes de A y uno de B.

Creemos necesario insistir bastante sobre la importancia de hacer la mezcla de las dos soluciones A y B sólo al momento de usar el baño, porque el baño mixto pierde toda eficacia en menos de media hora. Ello se debe á la reducción ejercida por el hiposulfito de sosa sobre el prusiato rojo. El hiposulfito se oxida y el ferrocianuro es reducido á ferrocianuro.

El líquido que ha servido una vez podría servir otras añadiendo nuevamente solución de prusiato rojo; pero es bastante preferible tirarlo y servirse de líquido nuevo cada vez.

Después del tratamiento con este baño, durante el cual el negativo no debe perderse de vista, es sometido éste á un lavado cuidadoso.

Este método es todavía hoy el preferible para clarificar los negativos velados.

Nuestros recientes estudios, publicados en el *Progreso Fotográfico*, 1910, nos han permitido atenuar bastante el inconveniente que presenta el debilitador Farmer, que consiste en la gran inestabilidad del baño.

He aquí la relación de los experimentos en cuestión:

Fueron preparados los baños siguientes:

1. Hiposulfito de sosa al 10 por 100.....	50 c. c.
Ferrocianuro de potasio (prusiato rojo) al	
3 por 100.....	50 —
2. Hiposulfito de sosa al 10 por 100.....	50 c. c.
Ferrocianuro de potasio al 3 por 100.....	50 —
Amoníaco.....	1 —
3. Hiposulfito de sosa al 10 por 100.....	50 c. c.
Ferrocianuro de potasio al 3 por 100.....	50 —
Amoníaco.....	2 —

4. Hiposulfito de sosa al 10 por 100	50 c. c.
Ferricianuro de potasio al 3 por 100	50 —
Amoníaco	4 —

He aquí lo que observamos en lo que se refiere al modo de obrar de estos baños:

Las soluciones citadas, apenas preparadas obran casi con la misma rapidez.

Después de dos horas de preparado el baño 1, disuelve de modo extraordinariamente lento la plata reducida, y seis horas después casi no obra ó ya no obra.

Los baños alcalinos, en cambio, incluso seis horas después de haber sido preparados, disuelven la plata reducida de un negativo en menos de quince minutos. Después de veinticuatro horas, los baños 2 y 3 ejercen una acción bastante lenta, mientras que el baño 4 obra todavía perfectamente.

Probamos también añadir á los baños citados un oxidante como el bicromato de potasio (que en presencia de amoníaco se transforma en cromato neutro) para ver si se obtenía una mayor duración y rapidez de acción; pero el efecto fué nulo.

Por lo expuesto se ve claramente que la adición de amoníaco influye grandemente en la conservación del reductor Farmer.

Esta comprobación nos parece de la mayor importancia para la práctica. En efecto, el debilitador á base de hiposulfito y prusiato rojo es el más conveniente cuando se trate de clarificar un negativo velado, ó de debilitar una imagen intensa, pero más bien uniforme, porque tiende á acentuar los contrastes. Pero la rapidísima alteración constituye un grave obstáculo para su uso, variando su acción en el breve tiempo que la placa permanece en el baño. Con la adición de una regular cantidad de amoníaco, á la vez que no se modifica el carácter de su acción, se alcanza una estabilidad relativamente grande, y así se elimina su principal defecto.

Para los establecimientos cinematográficos es indispensable un debilitador conservable para obtener un debilitamiento igual para todos los fotogramas de la película de un asunto dado.

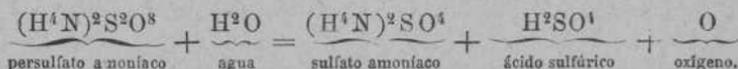
Hemos experimentado, además, con notable ventaja, este baño para el debilitamiento de los negativos punteados para autotipia, ya sea sobre placas secas ó al colodión, y creemos que también en los establecimientos fotomecánicos podrá prestar excelentes servicios.

La mayor estabilidad que se obtiene con la adición de amoníaco, á la solución mezcla de hiposulfito y prusiato rojo, hace el empleo de este baño bastante ventajoso, incluso para el debilitamiento localizado de los negativos, aplicando la solución con pincel.

Debilitador al persulfato de amonio.—El persulfato de amonio se obtiene neutralizando con amoníaco el ácido persulfúrico, que

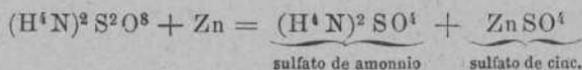
es un producto obtenido del ácido sulfúrico por acción de la corriente eléctrica, ó también se obtiene directamente por electrolisis de una solución saturada de sulfato de amoníaco. Es una sustancia blanca cristalina fácilmente soluble (dos partes de agua disuelven una de persulfato). Disolviéndose causa forzosamente el desarrollo de un poco de oxígeno. En estado sólido se conserva regularmente, mientras que en solución se altera con mayor facilidad. Su fórmula química, como se da generalmente, es: $(\text{N}^{\text{I}}\text{N})^2\text{S}^2\text{O}^8$; ó mejor: $(\text{N}^{\text{I}}\text{N})^2\text{S}^2\text{O}^8$.

Los persulfatos son compuestos dotados de enérgico poder oxidante; en presencia de una sustancia que pueda combinarse con oxígeno descomponen el agua, apropiándose el hidrógeno, para transformarse en ácido sulfúrico y sulfatos, y dejan en libertad el oxígeno. Así, pues, su acción oxidante no es directa, sino indirecta, y puede expresarse con la reacción siguiente:

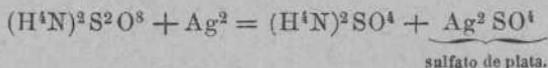


Las sales ferrosas son transformadas en sales férricas, los sulfitos en sulfatos, el hiposulfito en tetratiónato, y también las sales del óxido de cromo en ácido crómico ó cromatos (como indicamos primeramente).

Además de obrar como enérgico oxidante, el persulfato tiene también otra propiedad bastante interesante. Disuelve directamente muchos metales (cinc, aluminio, hierro, etc.). Este hecho, á primera vista extraño, de una sal neutra que disuelve un metal como pudiera hacer un ácido, se explica fácilmente si se tiene en cuenta que la introducción de un átomo de metal en la molécula de persulfato da sulfato. Con el cinc ocurre la reacción siguiente:



Con la plata ocurre una reacción del todo similar:



esto es, se forma sulfato de plata.

Y es precisamente á causa de esta reacción que el persulfato puede obrar como debilitador de la imagen negativa, que está formada precisamente por plata reducida.

Los Sres. Lumière y Seyewetz, desde 1898 han propuesto el empleo de una solución de persulfato de amonio para debilitar y armonizar los negativos duros. La solución de persulfato de amonio posee la útil propiedad de obrar primero sobre las partes más opacas del negativo, después sobre las medias tintas, y á causa de esta su acción, su uso resulta muy ventajoso. Hicimos estudios y experimentos sobre la acción del persulfato y la posibilidad de utilizarlo para múltiples fines fotográficos, y de nuestra extensa Memoria, publicada en el *Progreso Fotografico* y reproducida por muchos otros periódicos, creemos útil dar aquí sucinta idea en la parte referente al procedimiento negativo.

Para debilitar un negativo con persulfato es sencillísimo el modo de proceder. Basta sumergir el negativo, lavado, en la solución de persulfato de amonio al 5 por 100, para obtener en cinco á diez minutos el resultado que se desea, esto es, el debilitamiento y la atenuación más ó menos considerable de los contrastes. Después del tratamiento con persulfato es siempre necesario un tratamiento inmediato con sulfito de sosa al 5 á 10 por 100 para descomponer toda huella de persulfato, pues de otro modo en el lavado y secado del negativo se tiene un debilitamiento ulterior. A veces hemos comprobado ser más recomendable que la solución sola de persulfato de amonio una solución al 5 por 100 de persulfato conteniendo 5 á 10 por 100 de alumbre. Esto, para contrarrestar la enérgica acción solvente que el persulfato ejerce sobre la gelatina.

El producto se vende, frecuentemente, con un ligero exceso de álcali. En tal estado se conserva mucho mejor; pero obra bastante mal como debilitador, teniendo acción solvente lentísima ó nula sobre la plata. Para hacer activo un producto de esta índole conviene añadir algunas gotas de ácido sulfúrico á la solución de persulfato.

Haciendo obrar una solución de persulfato sobre otra de nitrato de plata, se tiene la formación de un precipitado gris que los señores Lumière y Seyewetz consideran formado de plata reducida. Se fundaron en este hecho para explicar el motivo de la acción del persulfato, más sobre las partes opacas que sobre las medias tintas.

Según los autores, en la superficie de la imagen donde el persulfato está en exceso, la tendencia de la plata á disolverse sería contrarrestada por la tendencia inversa de la plata á precipitar. En cambio, en la profundidad de la capa, donde llegan solamente las partes más opacas, no habiendo exceso de persulfato no puede producirse la reacción inversa.

Pero pudimos demostrar que el precipitado gris no está formado precisamente por plata metálica, porque se disuelve en los solventes de las sales de plata sin dejar residuo. Así, pues, la teoría

de los autores para explicar la acción del persulfato sobre la imagen negativa no podía regir. El Dr. Lüppo Cramer demostró sucesivamente que la sustancia que hace gris, el precipitado, es peróxido de plata.

Tan luego se añade persulfato de amonio al nitrato de plata se forma un precipitado blanco de persulfato de plata; después éste se descompone en sulfato de plata y peróxido de plata (AgO).

En cuanto á la teoría para explicar la mayor acción del persulfato sobre las partes más opacas de la imagen, nada puede decirse, porque ninguna de las no pocas teorías dadas parece aceptable.

Creemos estar en lo cierto al considerar que en presencia de un fuerte exceso de persulfato las partículas de plata de la superficie tienden á cubrirse de una capa de peróxido que las preserva del ataque. Mientras que en las partes internas, no habiendo un gran exceso de persulfato y sí solamente el que penetra á través de la gelatina, la reacción del persulfato sobre la plata es la normal, esto es, se produce sulfato de plata soluble.

Esta concepción sobre el modo de obrar del persulfato está en armonía con el hecho señalado por el Dr. Stenger, que la adición de una mínima cantidad de cloruro alcalino (0,1 por 1.000) á una solución de persulfato aumenta la propiedad de obrar con preferencia sobre las medias tintas. Pero hay más: tal adición comunica los caracteres del debilitamiento al persulfato y también al debilitador al persulfato, del que más abajo hablamos.

Ahora bien; la presencia de una mínima cantidad de cloruro alcalino no hace sino clorurar una pequeña cantidad de plata en la superficie de la imagen, y por ello las partículas de plata quedan protegidas de la acción solvente del baño.

Con persulfato se obtiene también la protección, si bien menor, incluso sin adición de cloruro, pudiendo obrar el peróxido de un modo análogo.

Para terminar diremos algo sobre la conservabilidad de la solución de persulfato sola, ó con ciertas adiciones aconsejadas, y que demuestran una vez más lo irracional de muchas recetas fotográficas ideadas por personas que nada saben de Química.

Estos experimentos sobre la conservabilidad los hicimos con la inteligente colaboración del excelente químico y fotoquímico doctor A. Baschieri.

De estos ensayos resulta que una simple solución de persulfato al 5 por 100, neutra ó ácida, se conserva bien durante dos meses por lo menos.

Ciertas adiciones aconsejadas para aumentar la estabilidad de la solución, como es la adición de sulfito (1 por 100 de sulfito cristalizado) y ácido sulfúrico (0,1 por 100), ejercen precisamente efecto contrario.

Este efecto lo habíamos previsto cuando indicamos en el *Pro-*

gresso fotografico la receta pastel de Bennet, que no responde ni á otros fines siquiera, porque el efecto armonizante aparece disminuido en lugar de aumentado.

Debilitador Namias al permanganato.—De este debilitador, descubierto por nosotros, hablamos, en primer lugar, en el Congreso Fotográfico de Florencia en 1899, y después en el Congreso de Química aplicada y de Fotografía de 1900, de París.

Al principio creíamos, como algunos otros, que la acción del permanganato en solución sulfúrica, fuese análoga á la del persulfato, esto es, mayor en las partes opacas que en las medias tintas de la imagen.

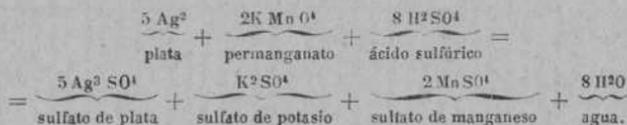
Sin embargo, nos persuadimos seguidamente de que la acción del permanganato es siempre más general que la del persulfato.

La fórmula adoptada es la siguiente:

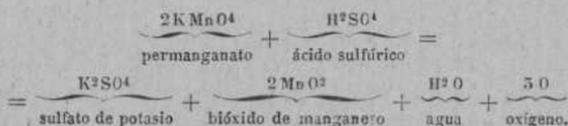
Permanganato de potasio	1/2 gramos.
Acido sulfúrico comercial	5 c. c.
Agua.	100 —

Cuando el negativo está lo suficiente debilitado, se levanta, y si se observan manchas amarillas ú oscuras, debidas á la deposición de un poco bióxido de manganeso, se puede clarificar sumergiéndolo en una solución al 1 por 100 de ácido oxálico, que obra rápidamente (1).

(1) La reacción que se efectúa entre la plata del negativo y el permanganato en solución sulfúrica puede representarse así:



Junto á estas reacciones se produce otra secundaria que es causa de las manchas amarillas y oscuras, esto es, el permanganato obra sobre la gelatina oxidándola y se deposita bióxido de manganeso. He lo aquí:



El oxígeno va precisamente á obrar sobre la gelatina y la oxida.

Sucesivamente aconsejamos para la clarificación, el empleo de una solución de bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasio.

El bisulfito tiene la ventaja de eliminar del negativo todo el sulfato de plata que se forma, mientras el ácido oxálico transforma el sulfato de plata en oxalato de plata, que queda y da manchas, á la luz especialmente.

La solución de permanganato ácida se conserva mal. Por ello es preferible preparar dos soluciones, una de permanganato y otra de ácido sulfúrico, ambas á doble concentración y mezclarlas para el uso.

El baño ácido de permanganato sirve también excelentemente para el debilitamiento de los negativos al colodión, y especialmente los negativos reticulados obtenidos á través del retículo. Este uso interesa especialmente á los establecimientos fotomecánicos, y sabemos que algunos operadores fotomecánicos que lo han empleado, lo prefieren á cualquier otro. Hacemos observar ahora un hecho que parece extraño.

Hemos comprobado que mientras el persulfato de amonio tiene una acción enérgica sobre las negativas al gelatino-bromuro, este mismo agente no ejerce acción sensible sobre las negativas al colodión, incluso si la solución de persulfato es acidificada con ácido sulfúrico. Este diverso modo de comportarse de las imágenes al gelatino-bromuro y al colodión, demuestra cuán diversa es la constitución de la imagen en los dos casos.

Por el contrario, la solución sulfúrica de permanganato ejerce sobre los negativos al colodión una acción todavía más enérgica que sobre los negativos al gelatino-bromuro, y debe usarse en so-

Con el ácido oxálico el bióxido de manganeso es eliminado pronto, porque se transforma en oxalato de manganeso soluble é incoloro.

He aquí la reacción:



Con el bisulfito la reacción que se efectúa es la siguiente:



Hemos considerado el ácido sulfuroso porque es, especialmente, el que constituye la sustancia activa del bisulfito.

Pero en presencia de la plata se puede formar, en parte, sulfito de manganeso y sulfato de plata, lo que equivale á un ulterior, si bien débil ataque de la imagen.

lución todavía más diluida para que ejerza una acción regular. Para ello se prepara una solución concentrada de reserva como sigue:

Permanganato de potasio	2 gramos.
Acido sulfúrico comercial	20 c. c.
Agua	1.000 —

Esta solución se conserva bastante tiempo en la oscuridad; para el uso se toma una parte de esta solución y nueve partes de agua.

Poniendo en esta solución el negativo al colodión, fijado y lavado, se observa que éste se debilita y las medias tintas son siempre las primeras atacadas.

Nosotros ensayamos el método en algunos negativos reticulados al colodión, hechos por nosotros mismos, y encontramos que la solución de permanganato obra mucho mejor que la solución de hiposulfuro y prusiato rojo que se usa generalmente.

Se logra clarificar rápidamente los negativos reticulados que lo necesitan, dejando los puntos negros, como es necesario para obtener buenas matrices sobre cinc ó cobre.

La solución de permanganato que ha servido debe tirarse, pues ya no sirve; por otra parte, puede decirse que esta solución apenas vale nada.

Con los negativos al colodión no sucede casi nunca la formación de manchas oscuras de bióxido de manganeso, lo que hace inútil, por lo general, el tratamiento con ácido ó bisulfito, que es preciso hacer con los negativos al gelatino-bromuro.

Y es porque el colodión no ejerce, como la gelatina, una acción reducente considerable sobre el permanganato de potasa.

La solución sulfúrica de permanganato obra como debilitador también sobre los negativos al gelatino-bromuro y al colodión, reforzados con bicloruro de mercurio. Según la índole del baño que sirve para ennegrecer los negativos blanqueados con bicloruro de mercurio, la acción debilitadora es más ó menos considerable.

En lugar del ácido sulfúrico se puede usar el ácido nítrico, como adición á la solución de permanganato. Conviene tomar un volumen de ácido nítrico cerca de doble del de ácido sulfúrico.

El comportamiento de la solución nítrica de permanganato es idéntico al de la solución sulfúrica. Para obtener con el permanganato un efecto debilitador análogo al del persulfato, se puede, como aconseja Stenger, añadir una pequeña cantidad de cloruro alcalino (0,1 grs. de cloruro de sodio por litro). Hemos indicado ya el efecto químico de tal adición al hablar del persulfato.

El debilitador al permanganato es, por su modo de obrar, aquel á que conviene recurrir en la mayor parte de los casos.

En efecto; el debilitador al prusiato rojo tiene sobre todo por

objeto clarificar los negativos; pero ataca demasiado las medias tintas. El persulfato tiene por objeto armonizar.

El permanganato, en cambio, está entre los dos; obra generalmente disminuyendo la opacidad, sin obrar demasiado sobre las medias tintas más ligeras.

Se puede hacer obrar también el permanganato solamente como clarificador de negativos velados, siguiendo el camino que vamos á indicar, estudiado por nosotros.

Se sumerge el negativo velado en una solución de permanganato neutro (exenta de ácido) al 3 por 100, y se deja hasta que se ha obtenido una pátina oscura bastante intensa de bióxido de manganeso en la superficie.

Sumergiendo después el negativo así obtenido, aun sin lavar, en solución de bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasio al 5 por 100, se quita la pátina oscura y se obtiene la clarificación, porque el velo superficial de plata es disuelto por el ácido sulfúrico que se forma por acción del bióxido de manganeso sobre el ácido sulfuroso del bisulfito.

Siendo así que la pátina de bióxido de manganeso se forma sólo en la superficie, también la acción disolvente no puede dejarse sentir en el interior de la capa que lleva la imagen.

Así, pues, si un tratamiento solo no bastase, se puede repetir después del lavado del bisulfito.

Con el objeto especial de poderle dar una confección más cómoda para el transporte, estudiamos el empleo del debilitador al permanganato, con sustancia diversa del ácido sulfúrico ó nítrico.

Así, pues, el bisulfato de sosa sustituye bien al ácido sulfúrico porque contiene una mitad del ácido sulfúrico combinada y una mitad libre. Se usará en las proporciones de 10 á 15 grs. por litro de solución de permanganato al 0,5 por 100.

La ventaja está en poder hacer más manejable un producto incómodo (especialmente para el transporte) y no exento de peligros, como es el ácido sulfúrico.

Sin embargo, no puede mezclarse el bisulfato en polvo con el permanganato.

En cambio se puede obtener un debilitador al permanganato en polvo solamente recurriendo al alumbre, ó mejor todavía al sulfato de aluminio.

Se forma un polvo de 25 grs. de alumbre ó 15 de sulfato de aluminio con 0,5 gr. de permanganato, y se tiene así un preparado sólido, que, disuelto en un litro de agua, da un excelente debilitador de acción más lenta que la que tiene el permanganato acidificado, pero análoga por sus efectos.

Solo deja una coloración oscura mucho mayor al negativo, coloración que desaparece, no obstante, con el tratamiento con bisulfito.

Debilitadores varios.—Existen, además de los indicados, algunos otros debilitadores.

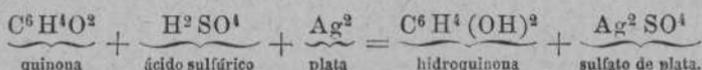
Se encuentra en el comercio, por ejemplo, con el nombre de reductor agfa, una mezcla en polvo de hiposulfito de sosa y oxalato férrico, que obra como un debilitador lento, pero eficaz. Acción análoga á esta es la del reductor de Farmer.

La solución de bicromato de potasio acidificado con ácido sulfúrico ó nítrico, constituye también un buen debilitador análogo al de Namias, pero con el inconveniente de exigir un lavado más prolongado para eliminar bien el bicromato.

Una solución de sulfato de cerio al 10 por 100, adicionada de ácido sulfúrico (4 por 100) fué aconsejada hace algunos años como debilitador de efecto análogo al que da el reductor de Farmer, de los Sres. Lumière y Seyewetz. Pero el elevado precio de las sales de cerio constituye un obstáculo para su uso.

Recientemente los Sres. Lumière y Seyewetz han estudiado el empleo de la quinona como debilitador, y el procedimiento fué patentado por la Casa Lumière. Se hace una solución al 5 por 1.000 de quinona, que se adiciona con 20 por 1.000 de ácido sulfúrico.

La reacción por la que la plata es atacada por la quinona, es la siguiente.



El debilitador á la quinona presenta un interés especial por el hecho de obrar análogamente al persulfato, esto es, con preferencia sobre las partes más opacas.

Pero parece ser que en este caso el fenómeno se produce por una razón precisamente diversa. Esto es, la plata que se disuelve como sulfato, tiende á depositarse por la acción reductora de la hidroquinona, y con ello se tiene en la superficie un esfuerzo físico que tiende á paralizar el efecto disolvente.

CAPÍTULO XXXV

EL VELO GRIS, EL VELO AMARILLO Y EL VELO DICRÓICO EN LOS NEGATIVOS Y SU ELIMINACIÓN

La obtención de negativos imperfectos por veladuras generales ó manchas, es cosa bastante común; la causa de tales imperfecciones hay que buscarla ó en las placas ó en el baño de desarrollo usado, ó también (esto por el velo dicróico) en el hecho de haber tenido que prolongar demasiado el desarrollo para contrarrestar una exposición deficiente.

El velo gris.—Del velo gris ó velo de reducción hablamos ya en la página 132, considerándolo especialmente como una característica de emulsiones mal preparadas.

Pero hay que decir también, que sobre la formación del velo puede tener influencia, así mismo, el baño de desarrollo usado.

Este extremo fué estudiado recientemente por el doctor Mees, con aquél cuidado que distingue todos sus trabajos, y creemos útil dar cuenta de él.

Para aclarar ideas recurrió á la siguiente comparación:

Para que una lámpara de arco dé luz no basta que el manantial eléctrico produzca la necesaria cantidad de energía, sinó que es también necesario que esta energía tenga un potencial suficientemente elevado, potencial que, por ejemplo, es de cerca de 40 volts en un arco de electrodos de carbón y de 65 volts para uno de electrodos de hierro.

Ahora bien, si en un mismo circuito se ponen en derivación dos arcos, uno de electrodos de carbón y otro de electrodos de hierro, y si se aumenta progresivamente el voltaje, se formará el arco luminoso entre los carbones cuando el voltaje alcance los 40 volts; pero el arco mismo no se formará entre los electrodos de hierro hasta que el voltaje haya llegado á los 65 volts.

Del mismo modo un revelador no reduce la imágen latente hasta que su energía potencial es superior á la resistencia potencial de la imágen latente, resistencia que es, por otra parte, inferior á la del bromuro de plata no impresionado.

Si la energía de la sustancia considerada es inferior á la necesaria para la reducción de la imágen latente, no ocurre nada; para una energía intermedia entre los límites correspondientes á la re-

ducción de la imagen latente y á la reducción del bromuro de plata no iluminado por la luz, el desarrollo se efectúa regularmente; para una energía superior al límite correspondiente á la reducción del bromuro de plata no iluminado, la imagen desarrollada será velada.

La resistencia á la reducción varía con la sal de plata considerada; el citrato ferroso que constituye un buen revelador para el cloruro de plata, no obra sino levísimamente sobre el bromuro de plata; algunos reveladores que desarrollan sin velo el bromuro de plata, reducen indistintamente tanto el cloruro de plata iluminado á luz como el no expuesto, esto es, dan velo.

El potencial necesario al desarrollo es inversamente proporcional á la solubilidad de la sal de plata, lo que para autorizar á deducir que la solubilidad de la *imagen latente* es mayor que la solubilidad del bromuro de plata.

Tenemos un interesante ejemplo en la inversión de la imagen que Waterhouse demostró poderse obtener por adición de tiocarbamido, al revelador; el tiocarbamido aumenta la solubilidad del bromuro de plata, y, en consecuencia, baja el potencial necesario á la reducción.

El bromuro alcalino que se produce en la reducción eleva el potencial, especialmente del bromuro de plata iluminado, que se desarrolla menos; (el doctor Mees no explica suficientemente el por qué de este diverso comportamiento).

En el desarrollo de una placa expuesta, la progresión de aumento de la densidad, está indicado por una *constante de velocidad* K . Si se determina una constante análoga V para la velocidad de crecimiento del velo, la relación $V:K$ podrá considerarse como la medida de la tendencia al velo debida al revelador considerado, y esta proporción resulta igual á 1 cuando la reducción del bromuro de plata no iluminado procede á la misma velocidad que la reducción del bromuro iluminado, esto es cuando la placa se vela uniformemente sin huellas de imagen. Los experimentos llevados á cabo por un procedimiento detalladamente descrito, han conducido, en el caso de un revelador de hidroquinona y sosa cáustica sin sulfito ni bromuro, á estas conclusiones: que para una solución de hidroquinona, la proporción $V:K$ es independiente de la cantidad de sosa cáustica.

Si después se deja constante la cantidad de sosa cáustica y se hace variar la cantidad de hidroquinona, la tendencia al velo disminuye cuando se aumenta la proporción de hidroquinona. El revelador que parece más conveniente (agua 100, hidroquinona 5, sosa cáustica 0,5) da en tres minutos, aproximadamente, una intensidad muy satisfactoria, sin trazas de velo ni de coloración amarilla.

La adición del sulfito alcalino á un baño de desarrollo á base sólo de hidroquinona y álcali, es de efecto bastante considerable

sobre el poder revelador. El sulfito no modifica la constante de velocidad de desarrollo de la imagen, pero aumenta bastante la velocidad de desarrollo del velo, y tanto más cuanto mayor es la concentración del sulfito.

La acción veladora del sulfito debe buscarse en su poder disolvente sobre el bromuro de plata.

La adición de bromuro de potasio retarda bastante la formación del velo, pero retarda también la de la imagen, y con ello, al fin, en proporciones de intensidad de la imagen obtenida, el velo no es muy diverso en la imagen desarrollada en presencia de bromuro ó con ausencia de éste.

Bastante interesante es el estudio del doctor Mees, referente al velo llamado de oxidación, producido por ciertas sustancias procedentes de parciales oxidaciones del revelador.

Existen, además, productos de oxidación que, en presencia de álcali, poseen una potencial de reducción mayor al revelador mismo. Desarrollando, por ejemplo, con revelador á la hidroquinona y álcali sin sulfito, cuando el revelador empieza á colorarse se produce un velo de oxidación debido á la quinodrona.

Esto es, el estado intermedio de oxidación entre la hidroquinona y la quinona y puede considerarse precisamente resultante de la unión de una molécula de hidroquinona y una de quinona.

Haciendo obrar la quinona por sí sola sobre una placa al gelatino-bromuro no produce nada, pero en presencia de álcali, da un velo considerable.

Hay que tener en cuenta el hecho de que la presencia de quinodrona en un baño retarda el desarrollo de la imagen, pero facilita la formación del velo.

La adición de sulfito transforma la quinodrona en hidroquinona, cortando así la causa del velo de oxidación, pero el baño adquiere la tendencia á velar que le comunica el sulfito.

Cuanto hemos dicho puede servir para demostrar la utilidad para ciertos trabajos, de servirse como baño de desarrollo de una solución de glicina con álcali sin sulfito, como dijimos al hablar de este revelador.

La glicina con álcali en ausencia de sulfito se oxida bastante más lentamente que la hidroquinona y, por lo mismo es posible evitar el velo de oxidación y el velo debido al sulfito, en el cual, además del velo gris puede comprenderse también el velo dicróico de que hablamos más adelante.

El velo gris se elimina recurriendo á los debilitadores clasificados que indicamos en el precedente capítulo. (Debilitador Farmer, Debilitador al permanganato neutro).

Velo amarillo y manchas amarillas.—Ciertos productos de oxidación de los reveladores coloran la gelatina en amarillo; esto ocurre especialmente con el pirogalol. Pero también otros reveladores,

cuando por falta de sulfito ó por repetido uso empiezan á oxidarse y á colorarse, pueden dar una coloración á la gelatina.

A veces puede producirse una veladura general ó á manchas por obra del hiposulfito demasiado usado y cargado por lo tanto de hiposulfito de plata. Este defecto se produce las más de las veces también á manchas si bien de modo uniforme.

Durante la impresión positiva sobre papel de ennegrecimiento directo, pueden producirse también en los negativos manchas amarillas por acción de la sal de plata del papel sobre la gelatina del negativo; especialmente cuando se hace la impresión con tiempo lluvioso puede producirse este defecto, que perjudica bastante los negativos.

En todos estos casos, cuando el negativo no fué reforzado, se puede evitar ó atenuar bastante el inconveniente del velamiento amarillo ó manchas amarillas, transformando la plata de la imagen en cloruro de plata con un baño fuertemente oxidante; esto es, solución de bicromato acidificada con ácido clorhídrico y preferiblemente permanganato acidificado también con ácido clorhídrico.

He aquí la receta que puede emplearse:

Permanganato de potasio..	2 gramos.
Acido clorhídrico.	10 c. c.
Agua.	1.000 —

En este baño se sumerge el negativo á clarificar. Pocos minutos después se ve que la plata es transformada en cloruro de plata; pero es mejor dejarlo durante unos cinco minutos. Después se enjuaga lo que elimina la coloración roja del permanganato. Pero queda una coloración morena debida al bióxido de manganeso.

Se sumerge entonces el negativo en una solución al 5 por 100 de bisulfito de sosa ó de metabisulfito de potasio, y apenas la imagen aparece blanca, se pasa la placa, sin lavarla siquiera, á un baño desarrollador corriente de hidroquinona-metol, por ejemplo. Se hace el desarrollo estando á luz intensa.

Con este tratamiento conserva la imagen el carácter y propiedades primitivas porque está formada todavía por plata; pero en el tratamiento que ha sufrido la materia orgánica ó el hiposulfito de plata que producen velo amarillo ó manchas ha tenido ocasión de oxidarse y transformarse en sustancia incolora ó poco menos.

Velo dicroico, su formación y eliminación.—El velo dicroico se presenta en el negativo fijado en forma de empañamiento ó florescencia verdosa por reflexión (hasta el extremo de hacer dudar pueda depender de incompleto fijado, lo que no es) y de coloración amarilla más ó menos intensa, por transparencia. Este grave in-

conveniente se indica actualmente con el nombre de velo dicroico (esto es de doble coloración), mientras antes se comprendía en la denominación genérica de velo amarillo.

Según los Sres. Lumière y Seyewetz el velo dicroico puede formarse en el revelador ó en el baño de hiposulfito. Se forma en el baño de desarrollo cuando está presente en este un solvente del bromuro de plata (hiposulfito de sodio, amoníaco, cianuro de potasio, etc.).

Se forma en el baño de hiposulfito cuando éste contiene revelador. Causas que contribuyen á aumentar la facilidad de la producción del velo dicroico son: la presencia de un exceso demasiado fuerte de sulfito en el revelador (el cual, como hemos dicho, obra de solvente), la deficiencia de posa, que obliga á prolongar bastante el desarrollo, y la cantidad demasiado fuerte de bromuro de potasio añadida al revelador.

El velo dicroico no contiene, en efecto, bromuro de plata, pero está constituido, según los autores, por una combinación orgánica de plata que consideran similar al *colargol* (combinación que se produce, por ejemplo, entre la gelatina y el nitrato de plata).

El velo dicroico que se produce en el revelador es mucho más superficial y más fácilmente eliminable que el que se produce en el hiposulfito.

El método que los autores encontraron más eficaz para destruir el velo dicroico, consiste en tratar el negativo con una solución neutra de permanganato de potasio al 1/1000 durante algunos minutos, haciendo seguir después un tratamiento con bisulfito de sosa al 5 por 100 que quita la coloración oscura que dejó el permanganato.

Pero este método tiene el inconveniente de producir un debilitamiento, no siempre despreciable, de la imagen negativa, debilitamiento debido á la acción del bisulfito de sosa sobre el bióxido de manganeso; en cuyo tratamiento, como otras veces explicamos, se produce una pequeña cantidad de ácido sulfúrico que en presencia de bióxido de manganeso, no eliminado todavía, ataca la plata de la imagen.

Por lo general, puede hacerse inocuo ó poco menos el velo dicroico sin atacar la imagen, haciendo el mismo tratamiento indicado por quitar el velo amarillo, esto es, cloruración y nuevo desarrollo.

Después de este tratamiento, puede quedar solamente una ligera veladura general, que ordinariamente no estorba.

En el caso de que por este camino no se consiga quitar el defecto, siempre se está á tiempo de hacer el tratamiento con permanganato neutro, como indicaron los Sres. Lumière y Seyewetz.

Veladuras ó manchas en los negativos reforzados y manera de eliminarlas ó atenuarlas.—Si el refuerzo se obtuvo con primer

baño de bicloruro de mercurio y segundo baño de amoníaco ó bien sulfito ó hiposulfito, no es fácil efectuar un tratamiento eficaz para quitar las manchas sin comprometer la imagen.

Sin embargo, el tratamiento con permanganato neutro seguido del baño de bisulfito de sosa, como hemos indicado para la eliminación del velo dicroico, resulta, en general, ventajoso.

Si el refuerzo ha sido obtenido con primer baño de bicloruro de mercurio y segundo baño de desarrollo, en lugar de amoníaco ó sulfito, la clarificación del negativo manchado es bastante más cómoda aplicando el método ya indicado para quitar el velo amarillo, y que consiste en clorurar la imagen con baño de permanganato y ácido clorhídrico y desarrollarla de nuevo.

Si se hiciera esta última operación en un negativo reforzado al bicloruro de mercurio, con sucesivo tratamiento con amoníaco y sulfito, se perdería completamente la imagen, porque el baño oxidante transforma el mercurio y los compuestos mercuriosos en sales mercúricas solubles.

En cambio, cuando la imagen negra ha sido obtenida con tratamiento, con baño de desarrollo, se tiene entonces en la imagen mercurio y plata; el mercurio, por lo menos en gran parte, se eliminará con el baño de permanganato y ácido clorhídrico, pero la plata permanece en forma de cloruro de plata. Y lavando bien, y después desarrollando de nuevo, se rehace, puede decirse, el negativo original, que, si se desea, puede ser nuevamente reforzado.

De ello resulta también la ventaja del ennegrecimiento.

Los negativos reforzados que por no haber sufrido un lavado perfecto, incluso con ácido nítrico, como hemos explicado hablando del refuerzo, se mancharan durante la impresión positiva, pueden ser clarificados teniendo en cuenta lo dicho en este párrafo.

El argumento de eliminar manchas ó veladuras en los negativos se presenta con bastante frecuencia al que cultiva la fotografía, y es uno de aquellos en los que resulta más útil el empleo de métodos químicamente racionales y estudiados, con objeto de remediar los inconvenientes en los diversos casos que puedan presentarse sin correr el riesgo de comprometer la imagen.

CAPÍTULO XXXVI

POSITIVOS DIRECTOS Y CONTRATIPOS

Frecuentemente puede ser de importancia en la práctica obtener sobre placa ó papel al gelatino-bromuro una imagen única positiva.

En este caso se debe someter la placa á tratamientos capaces de transformar la imagen negativa en positiva.

Con la introducción de las placas de mosaico para la fotografía en colores, el proceso de obtención de positivos directos ha adquirido notable importancia.

Pero en tales placas facilita bastante la labor el hecho que se tiene una capa de emulsión al gelatino-bromuro bastante sutil, en la que se alcanza fácilmente el desarrollo completo en profundidad, que, como veremos, influye mucho en la bondad del resultado.

A veces no se trata de obtener positivos directos, sino un negativo de otro negativo, ó bien un positivo de otro positivo, de manera que la imagen resulte con el anverso y reverso cambiados.

Llámase inversión al procedimiento por el cual la imagen obtenida con la impresión y primer desarrollo es transformada, haciéndola positiva en lugar de negativa (positiva directa) y negativa en lugar de positiva (contratipo).

Inversión con permanganato ácido ó con bicromato ácido.— En 1899, en una comunicación al Congreso Fotográfico de Firenze, fuimos los primeros en dar cuenta de un procedimiento verdaderamente práctico para obtener la inversión.

En este procedimiento se aplica la propiedad (ya indicada para el debilitamiento de los negativos) de una solución de permanganato de potasio acidificada con ácido sulfúrico, de disolver la plata de la imagen desarrollada, dejando, en cambio, intacto el bromuro de plata.

Así, pues, si después del desarrollo en lugar de fijar la placa se pasa la solución de permanganato ácida y después se desarrolla, se obtiene una imagen positiva.

Pero se encuentra una no pequeña dificultad en el hecho que el bromuro de plata residuo, después de eliminada la plata reducida,

está con dificultad en la cantidad precisa para poder proporcionar una imagen con correcto claro-oscuro y no velada.

Los resultados mejores se obtienen con placas de capa fina de emulsión, como son las placas al gelatino-bromuro poco sensibles (tipo para reproducciones), y con placas para dispositivas y haciendo el desarrollo con baños capaces de obrar notablemente en profundidad.

He aquí, pues, la manera de proceder:

Se desarrolla la placa (abundantemente expuesta) preferentemente con baño corriente de hidroquinona metol; pero más rico de bromuro (5 á 6 gramos por litro). También puede ser conveniente el empleo de un baño de hidroquinona-metol conteniendo como álcali amoníaco, según la fórmula indicada por la Casa Lumière para el desarrollo de las placas autocromas. Este baño posee en grado notable la propiedad de desarrollar en profundidad.

El desarrollo debe prolongarse hasta que la imagen se vea bien, incluso por la parte del vidrio, sin cuidarse del velo superficial, notable inclusive, que puede formarse, pues éste es eliminado en la sucesiva operación de inversión.

La placa desarrollada, enjuagada, es colocada luego en una solución de permanganato formada por

Permanganato de potasio	2 gramos.
Acido sulfúrico comercial	20 c. c.
Agua.	1.000 —

En este baño, la plata que compone la imagen positiva se disuelve bastante rápidamente en forma de sulfato de plata, y cuando ha desaparecido todo el negro, se retira la placa, la cual, observada por transparencia, muestra la imagen negativa formada por el bromuro de plata no reducido; la operación se hace á la luz.

En forma completamente análoga obra el permanganato en solución ácida de ácido nítrico en lugar de sulfúrico. En tal caso se forma nitrato de plata.

La placa, al salir del baño de permanganato, muestra una marcada coloración oscura, debida al bióxido de manganeso procedente del permanganato, y primeramente hay que blanquearla con una solución de bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasio al 5 por 100. Este tratamiento no es en absoluto necesario, porque con el tratamiento con baño desarrollador, como decíamos, el bióxido de manganeso es eliminado. Pero si la tinta oscura es considerable, es preferible el baño intermedio de bisulfito.

Se ve entonces claramente la imagen positiva formada por el bromuro de plata.

Sólo falta entonces reducir el bromuro de plata á plata recu-

rriendo al mismo baño que ha servido para el primer desarrollo; pero haciendo la operación á la luz intensa.

Por lo general, la imagen que se obtiene, á pesar de todas las precauciones, presenta un velo más ó menos notable.

Se la debe someter, pues, á una clarificación mediante el debilitador al ferricianuro ó hiposulfito. Si después del debilitamiento la imagen aparece débil, se puede reforzar.

Con este método, bien aplicado, hemos conseguido obtener excelentes positivas directas y contratipos.

Sobre papel negativo hemos obtenido positivos directos todavía mejores que sobre placas; pero siempre, bien entendido, aplicando el baño final de clarificación.

La obtención de positivos directos sobre papel negativo puede tener en la práctica notable importancia para obtener directamente sobre papel una imagen positiva.

Para la inversión puede usarse en todo caso, en lugar del baño de permanganato, un baño de bicromato de potasio acidificado además con ácido sulfúrico (las mismas proporciones).

Pero el baño de bicromato requiere para la eliminación mayores lavados.

Modificación de Balagny al método de inversión al permanganato.—El Sr. Balagny ha intentado hacer el método de inversión al permanganato de aplicación más segura, procediendo de manera de poder prescindir de la necesidad de tener que desarrollar la imagen bastante profundamente y haciendo más difícil el obtener imágenes veladas.

Para ello, en lugar de utilizar todo el bromuro de plata que queda después de la inversión, reduce solamente el suficiente para producir una imagen perfecta, eliminando después con el fijado el exceso.

Para lograrlo se vale de la primera imagen obtenida con el desarrollo para impresionar el restante bromuro de plata, fundándose en el hecho de que, eliminando después con permanganato ácido (ó con bicromato ácido) toda la plata, la impresión latente recibida por el bromuro de plata de la imagen no es destruída.

El Sr. Balagny aplica este método especialmente para obtener grandes negativos de pequeños negativos, evitando tener que pasar por una dispositiva:

He aquí cómo se procede:

Se saca del pequeño negativo una positiva ampliada sobre placa, sirviéndose de cualquier aparato de ampliación. Después se desarrolla la imagen como si se tratara de obtener una dispositiva. Se lava la imagen en el cuarto oscuro, después se aplica con el vidrio contra una hoja de papel negro (circunstancia ésta, según el autor, bastante importante) y se expone á la luz diurna difusa durante uno á cinco minutos, según la intensidad de la luz. Esta

operación tiene por objeto impresionar el bromuro de plata que quedó en la placa, haciendo ejercer de imagen positiva la primera imagen desarrollada.

Después de esto, se disuelve la imagen positiva en baño de permanganato ó bicromato acidificado con ácido sulfúrico. Se lava y se procede al segundo desarrollo, hecho en el cuarto oscuro, y regulándolo de manera que se obtenga una imagen negativa con la graduación ó intensidad necesaria. Después se fija en hiposulfito para eliminar el bromuro de plata inútil.

El Dr. d'Arcy Power, que ha hecho también ensayos con este método, ha confirmado su utilidad.

Obtención de contratipos de placas abandonadas.—Este método se funda en la propiedad del bicromato de potasio en presencia de la luz, de insolubilizar la gelatina y quitarle con ello permeabilidad. He aquí la manera de aplicarlo:

Se toma una placa al gelatino-bromuro (incluso pasada, por larga conservación ó por haber visto luz) y se sumerge en una solución de bicromato al 3 por 100, haciéndola secar fuera de la luz.

Una vez seca, se impresiona ante el negativo del cual se quiere sacar el contratipo. Para ello basta una exposición de pocos minutos al sol y de media á una hora á la luz difusa intensa. Pero de todos modos se regulará de acuerdo con la intensidad de la luz y la opacidad del negativo.

Después de la impresión á la luz, se lava bien la placa para eliminar el bicromato, lo que requiere cerca de una hora, en agua corriente; se sumerge después la placa en un baño de desarrollo al oxalato ferroso (véase pág. 173), y estando en plena luz se hace el desarrollo hasta que se nota que la imagen ha alcanzado la opacidad deseada. Entonces, se lava y se fija en hiposulfito.

Se obtiene así una imagen igual á la primitiva, esto es, negativa de negativo y positiva de positivo.

El fenómeno que se produce es, como dijimos, una impermeabilización que retarda ó impide la penetración del baño de desarrollo al oxalato ferroso en las partes en que la luz ha obrado. Así, pues, en correspondencia con las partes más transparentes del negativo, se tiene la máxima impermeabilización y el baño penetra bastante difícilmente, así es que el desarrollo puede producirse sólo en grado mínimo en la superficie, y en estas partes la imagen permanece transparente ó casi.

En cambio, en relación con las partes más opacas del negativo, la acción de la luz, habiendo sido mínima ó nula, el baño penetra profundamente y la imagen alcanza la máxima intensidad, por lo que debajo del negro del negativo, se tiene más negro todavía.

El método no surte efectos empleando baños de desarrollo preparados con reveladores orgánicos en lugar del baño de desarrollo al hierro.

Hay que observar, sin embargo, que si bien el método puede conducir á resultados excelentes y puede prestar útiles servicios, especialmente para obtener contratipos de grandes negativos, que es necesario tener vueltos (por ejemplo, impresión fotocográfica); pero que no se puede correr el riesgo de comprometer con el volcamiento de la película, requiere, por otra parte, cierta práctica para establecer las mejores condiciones en que proceder.

Positivos directos y contratipos por tuerte sobreexposición. Sábese, como hemos dicho también al hablar de la solarización (capítulo XXIX), que dando á las placas al gelatino-bromuro una posa bastante mayor á la normal (centenares de veces la normal), se obtiene en el desarrollo una imagen positiva y también negativa. Pero si en principio rige el método, en la práctica los resultados son muy difícilmente utilizables. Las imágenes resultan débiles, veladas, sin modelado.

Más cómoda es la aplicación del método para obtener contratipos, pudiéndose en tal caso dosar, por decirlo así, la sobreexposición, especialmente recurriendo á iluminaciones dosables, como es la luz del magnesio. De todos modos, el procedimiento resulta siempre más fácil con placas extrarrápidas que con placas lentas, porque las primeras están más sujetas á los fenómenos de solarización.

Para mayores detalles sobre la manera práctica de proceder para obtener ventajosos resultados con este método, recomendamos nuestra *Enciclopedia fotográfica*.

Haremos observar que es racional la modificación ideada por Coccinari y de la que hablamos también en la *Enciclopedia*.

Coccinari aconseja para obtener contratipos, una vez expuesta la placa á la luz bajo el negativo para producir la inversión, exponerla toda sin negativo á una débil luz (un segundo en una lámpara eléctrica de 10 bujías á dos metros de distancia). Esta débil exposición general, á la vez que no perjudica las partes sobreexpuestas que por efecto de la solarización han perdido la propiedad de desarrollarse, comunica, en cambio, la propiedad de desarrollarse á las partes que deben dar la máxima opacidad al negativo y que muy difícilmente pueden haber recibido una iluminación suficiente con la exposición bajo el negativo, por el hecho de estar protegidas por las partes opacas del negativo mismo.

A título solamente de noticia científica diremos que hace ya muchos años, indicó Waterhouse un método para obtener la inversión de la imagen sin variación alguna en la exposición, pero modificando la composición del baño de desarrollo, con adición de una pequeña cantidad de sulfúrea ó de tioxinamina (alilsulfúrea).

Con tal adición adquiere el baño tendencia á desarrollar con preferencia las partes no expuestas; pero el resultado es bastante incompleto, y por ello el método sólo tiene interés teórico.

CAPÍTULO XXXVII

RETOQUE QUÍMICO DE LOS NEGATIVOS.—ESCRITURA SOBRE LOS NEGATIVOS

Hemos dado en llamar retoque químico de los negativos á aquellos tratamientos con los cuales se modifica el carácter de la imagen negativa en los límites que se desea, tanto en toda la superficie como localmente.

Sobre este argumento hicimos una larga comunicación en el III Congreso Fotográfico Italiano de Roma, 1911, de la que copiamos aquí la parte sustancial.

Armonización de la imagen negativa.—Sábese que, como con bastante frecuencia ocurre, cuando se quiere disminuir los contrastes de la imagen negativa, se puede recurrir al debilitador al persulfato.

Pero este método no sólo presenta inconvenientes que hacen insegura su aplicación, sino que, cuando se trata de negativos que poseen detalles delicados, se corre siempre el peligro de perder alguno.

Yo he estudiado un método seguro para atenuar, como se desee, los contrastes, en los negativos, salvando todo mínimo detalle.

Se consigue el objeto, produciendo una cloruración superficial de la imagen, disolviendo después parte de la plata con permanganato acidificado y luego reduciendo todavía el cloruro de plata á plata.

He aquí la manera de operar:

Se prepara una solución de

Sulfato de cobre.	20 gramos.
Cloruro de sodio	50 —
Agua	1 litro.

En esta solución, que se conserva mucho tiempo, se sumerge el negativo previamente bañado; pocos minutos después, ó cuando se nota la formación de un débil empañamiento superficial se retira, se enjuaga y se pasa á una solución de permanganato, así formada:

Permanganato de potasio.	2 gramos.
Agua destilada.	1 litro.
Acido nítrico concentrado.	20 c. c.

En esta solución la plata no transformada en cloruro, esto es, toda la que no está en la superficie, es atacada poco á poco y disuelta.

La acción es bastante más lenta que en el caso en que no se ha hecho el tratamiento clorurante. Es muy fácil seguir la acción del baño, deteniéndola cuando se ve que en las partes más opacas ha disminuído la opacidad hasta el punto deseado.

Se puede acelerar la acción disolvente del permanganato aumentando la cantidad á 4 gr. por litro; pero esto no es, por lo general, conveniente.

Del baño de permanganato se pasa la placa á una solución de bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasio al 5 por 100, que tiene por objeto no sólo eliminar el bióxido de manganeso depositado en el negativo, sino también eliminar la sal de plata (sulfato ó nitrato) derivante de la solución de plata misma.

Al tratamiento con bisulfito debe seguir un tratamiento con cualquier baño de desarrollo hecho á plena luz para reducir todavía á plata el cloruro de plata superficial.

Ahora bien; en este desarrollo me ocurría en los primeros experimentos que siempre se producía una veladura general ó á manchas.

Comprendí que debía atribuirse á la presencia junto á la película de sal de plata procedente de la plata disuelta.

Para contrarrestar este inconveniente sustituí el ácido nítrico por el sulfúrico en el baño de permanganato (siendo el nitrato de plata bastante más soluble y difusible que el sulfato) y prolongué la inmersión durante un cuarto de hora por lo menos, en el baño de bisulfito, tomado fresco cada vez, haciendo después un lavado bastante prolongado del negativo.

Procediendo en estas condiciones se evita completamente la producción de veladura amarilla ó manchas en el desarrollo final.

Hecho este desarrollo no hay más que lavar ligeramente y hacer secar el negativo. Si para alcanzar la proporción precisa en la opacidad de las luces y de las sombra, fuese disminuído notablemente el vigor de la imagen, hasta el punto de no permitir una buena impresión positiva, se puede remediar siempre el inconveniente con un refuerzo general que no altera las proporciones ni la armonía de claro-oscuro.

Aumento de contrastes.—Cuando es necesario hacer resaltar una imagen que no destaca del fondo lo suficiente, puede emplearse un retoque químico eficacísimo, que aplica además un principio conocido.

He aquí en qué consiste:

Se sumerge el negativo en una solución neutra de permanganato de potasio al 1 por 100 y se deja en ella algunos minutos, de manera que adquiera una coloración general amarilla bastante débil. Esta coloración, debida á deposición de hidrato de bióxido de manganeso, resulta siempre bastante uniforme. Entonces, sin dejar secar el negativo, con pincel humedecido en solución de bisulfito de sosa ó metabisulfito de potasio al 10 por 100, y ya casi seco, se quita la coloración en toda la parte de la imagen donde se quiere mayor transparencia en el negativo y, por lo tanto, mayor intensidad en la positiva. El tratamiento con bisulfito no sólo quita la coloración amarilla, sino que, por un fenómeno algo complejo (formación de ácido sulfúrico y acción solvente de dicho ácido en presencia de bióxido de manganeso sobre la plata de la imagen), produce un debilitamiento de la imagen, si bien bastante débil, en los puntos tocados con el pincel humedecido en bisulfito.

Puede decirse también que con este método se consiguen dos efectos que se suman para alcanzar el fin deseado, que es el de aumentar el realce de dos partes.

La coloración amarilla general debe ser bastante débil especialmente si la negativa es destinada á la impresión sobre papel á ennegrecimiento directo; pues de otro modo, la impresión á la luz resultaría larguísima.

Por otra parte, basta una coloración amarilla apenas perceptible para dar un efecto marcadísimo.

Si en el tratamiento con bisulfito se exceden los límites de la parte á clarificar, siempre se puede, con otro pincel mojado en solución de permanganato más fuerte, hacer las convenientes correcciones, incluso cuando el negativo está ya seco.

Pero es preferible evitar el volver á andar con el permanganato; ello, por otra parte, es bastante fácil teniendo el pincel no muy humedecido de hiposulfito.

Hecho el tratamiento, es sumergido el negativo en una cubeta llena de agua (no lavado bajo el grifo) y después de cinco minutos se quita y se hace secar.

Un método de retoque racionalísimo que, llamaré físico-químico, es el llamado del negativo universal ideado por el profesor Luther.

En este método se obtiene con el virado una imagen colorada que se impresiona, según el resultado que se quiere conseguir, bajo un filtro de color análogo al de la imagen ó bajo un filtro de contrastes.

He comprobado que el modo más sencillo de aplicar este método consiste en virar la imagen en azul por el procedimiento en dos baños, indicado por mí hace ya muchos años (1.º, tratamiento con solución de prusiato rojo ligeramente amoniacal; 2.º, tratamiento con solución de cloruro férrico acidificada con ácido clor-

hídrico), é impresionarla después bajo un filtro amarillo de diversa intensidad, según la importancia de los contrastes que se deseen conseguir.

El hecho de haber en el comercio filtros peliculares amarillos de variadas graduaciones da al método gran valor práctico, á la vez que responde perfectamente en los resultados. Es un procedimiento que merece ser más conocido y aplicado (1).

Refuerzo y debilitamiento al pincel.—Si se desea reforzar químicamente, solo parte de la imagen, se debe aplicar el refuerzo con pincel.

Ahora bien, para ello, es necesario trabajar con el negativo bañado y emplear aquellos baños que dan con un sólo tratamiento un refuerzo directamente controlable.

Para este objeto es bastante aconsejable el refuerzo al ferrocianuro de uranio, y cuando se desee un refuerzo menos notable se utilizará el baño al ferrocianuro de cobre.

Para el debilitamiento localizado al pincel, el baño más aconsejable es el al prusiato rojo ó hiposulfito con adición de amoníaco para darle estabilidad, como hemos indicado.

Pero será conveniente, en general, emplearlo más concentrado á fin de que obre con mayor rapidez.

La escritura sobre los negativos.—Existen varios sistemas y medios mecánicos para obtener escritos sobre los negativos, los cuales, según los casos, pueden resaltar en la positiva en negro sobre blanco ó viceversa.

Describiremos aquí un método químico que hemos estudiado con el cual se consigue perfectamente corroer químicamente la plata y producir así un escrito transparente en cualquiera de las partes opacas del negativo.

Es evidente que para obtener un buen escrito no se puede escribir directamente sobre la gelatina del negativo, en primer lugar, porque ello representa la grave dificultad de escribir al revés y además porque la gelatina no es una superficie donde puede escribirse cómodamente.

Hay que escribir, pues, con un corrosivo de la plata sobre papel, y después hacer obrar el corrosivo poniendo el papel en contacto con la gelatina del negativo.

Hemos salido airosos en la empresa, aprovechando la solución de hiposulfito, prusiato rojo y amoníaco, á lo que nos referíamos hablando de los métodos de debilitamiento (pág. 312), pero más concentrada. Esta se presta mejor que cualquier otro corrosivo de la

(1) Para mayor claridad sobre este método véase nuestro *Manuale sul ritocco*.

plata. Hemos comprobado, sin embargo, que para obtener buenos resultados es necesario que la escritura se haga sobre papel gelatinado, porque de lo contrario el líquido penetra en el papel y el efecto se disminuye bastante, aparte de que la escritura es menos clara.

He aquí la manera práctica de proceder.

Se prepara la solución siguiente:

Agua.	100 c. c.
Prusiato rojo.	10 gramos.
Amoníaco	10 c. c.
Hiposulfito.	5 gramos.

Con esta solución se escribe sobre un trozo de papel gelatinado (el papel bromuro ó cloruro de plata puede servir también). Cuando el escrito se ha secado se pone en contacto con el negativo bañado. Se hace presión con la mano, de manera que el papel gelatinado se adhiera bien á la gelatina del negativo, y se deja así durante cinco ó diez minutos.

Mirando por la parte del vidrio se verá aparecer poco á poco el escrito hecho sobre el papel. Sacado éste, si el escrito no fuera bastante transparente, se sumerge el negativo durante dos ó tres minutos en una solución de hiposulfito y después se lava y se seca.

CAPÍTULO XXXVIII

BARNIZADO DE LOS NEGATIVOS

Importancia del barnizado.—Aunque sea poco corriente, entre los aficionados especialmente, la costumbre de barnizar los negativos, debe considerarse ésta, operación de grandísima importancia para evitar que se produzcan defectos en los negativos. Es especialmente con la impresión de muchas copias positivas, con lo que el negativo sufre, no ya, como algunos creen, con la conservación. Esta, aún en sitios húmedos, puede hacerse indefinida mientras se haya sometido á los negativos, después de su fijado y lavado, á un tratamiento con una solución de alumbre de roca, ó mejor de cromo. Pero este tratamiento no tiene influencia alguna en lo que se refiere á preservar la imagen negativa de la acción que sobre ella pueden ejercer las sustancias contenidas en el papel para la impresión positiva directa.

En los papeles á las sales de plata de impresión directa, son cualquiera de las sales solubles de plata, incluso en pequeña cantidad, (como en el papel emulsionado), encontrándose presentes, las que tienen la máxima acción y producen manchas en el negativo.

En el papel al platino, cianográfico y en otros que contengan sales férricas, son éstas las que ejercen sobre la imagen una acción corrosiva no despreciable. En los papeles que contienen bicromato (papel al carbón y papel á la goma bicromatada) es precisamente el bicromato lo que puede surtir efectos perjudiciales.

Sólo en los papeles al bromuro de plata, para desarrollo, puede decirse que, aún después de la impresión de un indefinido número de copias, el negativo, incluso no barnizado, no sufre alteración alguna.

Barnices preservativos.—Han sido aconsejadas muchas fórmulas para el barnizado de los negativos.

Es condición esencial que el barniz dé una capa que no se ablande al impresionar el negativo al sol.

El más sencillo de todos los barnices se obtiene disolviendo la goma laca rubia en alcohol.

100 grs. de goma laca se disuelven en un litro de alcohol ordinario. La solución se produce con un reposo de dos á tres horas

en frío; puede ser acelerada mediante calentamiento con baño maría. Algunos añaden 1 á 2 grs. por litro de aceite de ricino para dar mayor elasticidad al barniz. La goma laca contiene siempre materias insolubles en alcohol, que forman, por lo general, un depósito no indiferente. Este depósito puede quitarse, ya sea por filtración á través de papel-filtro ó de un fieltro ó bien por decantación después de un reposo de muchas horas. Siendo el barniz de goma laca poco corridizo debe ser aplicado en caliente, para dar la capa regular necesaria; aplicado en caliente proporciona también una capa más transparente. Se calentará con cuidado el negativo y en él se verterá por la parte de la gelatina el barniz, vertiendo después el exceso por un ángulo en la botella. Se deja secar después sobre una superficie plana. El alcohol que se use puede ser alcohol etílico ordinario; pero es más conveniente el uso de alcohol desnaturalizado de 95° y no de 90°, que contiene demasiada agua y tiende, en consecuencia, á dar capas menos transparentes.

La operación de calentar el negativo antes de la aplicación del barniz es un poco incómoda y se puede, no haciendo la operación con cuidado, ocasionar la rotura del vidrio. A ello obedece que sea preferido actualmente el empleo del barniz aplicado en frío. Para hacer el barniz de goma laca más corridizo y capaz de dar una capa uniforme y transparente, incluso sin el calentamiento del negativo, basta como indicó el doctor Valenta, hacer chapucear en él un poco de gas amoníaco, obtenido mediante el calentamiento de una solución amónica. Menos conveniente, si bien en parte también se consigue el objeto, es la adición de amoníaco líquido al barniz de goma laca (10 c. c. por litro de barniz). Sin embargo, el amoníaco tiene el inconveniente de hacer el barniz bastante más colorado; pero también sin adición de amoníaco el barniz de goma laca tiene un color oscuro y da á los negativos una coloración amarillenta que disminuye la transparencia.

La goma laca blanca, que algunos acansejan para la preparación de barnices para negativos, no sirve muy bien para ello, á nuestro entender, porque es muy difícil encontrarla de calidad fácilmente soluble en alcohol. Además, con el tiempo, la goma laca blanqueada adquiere de nuevo la coloración amarilla.

El doctor Valenta aconsejó un barniz especial que proporciona una capa de gran transparencia y regular, incluso si se aplica en frío. Este barniz tiene además la ventaja de que, siendo incoloro, da una capa incolora, mientras el barniz de goma laca da siempre una capa amarillenta. E aquí la fórmula Valenta:

Sandaraca	100 gramos.
Bencina	400 c. c.
Acetona	400 —
Alcohol	200 —

La disolución se hará en frío; el líquido se filtra ó bien se deja depositar y después se decanta.

Este barniz tiene, sin embargo, el inconveniente de dar una capa bastante menos resistente que la que proporciona el barniz de goma laca; por ello la acción preservativa es menor.

Otro buen barniz, que puede usarse en frío, se obtiene usando la resina Dammar, llamada también goma Dammar:

Bencina cristalizable.	90 c. c.
Alcohol	10 —
Resina Dammar.	8 gramos.

La bencina cristalizable llámase también benzol ó bencina de alquitrán, y no se confunde en la categoría de bencina común comercial ó bencina de petróleo.

Este barniz sirve maravillosamente para dar una capa transparente capaz de conservar el retoque al lápiz.

Se obtiene un barniz de máximo efecto protector disolviendo pequeños retazos de celuloide incoloro en la mezcla de alcohol y éter (2 partes de alcohol y 1 de éter). En ésta, en lugar de emplear como solvente el alcohol y el éter, es preferible emplear acetato de amilo, que es un líquido bastante menos volátil y disuelve rápidamente el algodón fulminante y el celuloide.

El barniz comercial llamado *Zapon-lack* está constituido por una solución de celuloide (sirven muy bien para ello las películas de celuloide usadas, exentas de la gelatina mediante agua caliente) disuelto en una mezcla en partes iguales de acetona ó acetato de amilo.

Para el barnizado de las placas autocromas y similares es preferible, sin embargo, usar un barniz de celuloide en acetato de amilo solo, sin acetona. La acetona, como el alcohol, llegando por cualquier solución de continuidad hasta el mosaico, obran perjudicialmente disolviendo los colores del mosaico mismo.

Otro barniz eficaz es el siguiente (nuestra fórmula):

Se disuelve primero la sandaraca en el alcohol amílico (1 parte de sandaraca, 0,1 de trementina en 2 partes de alcohol amílico) en baño maría y después se añade igual volumen de alcohol desnaturalizado. Proporciona una capa resistente y muy transparente. El único inconveniente es el secamiento que es bastante lento y el desagradable olor del alcohol amílico.

Para negativos sobre películas de celuloide no sirven bien los barnices á base de alcohol y menos los que contienen acetona ó acetato de amilo, á causa de la acción solvente parcial ó total que ejercen sobre el celuloide. Un barniz á base de resina Dammar, disuelto en benzol solo, sin alcohol, sirve muy bien para el celuloide.

Otros barnices preservativos que algunos aconsejan se obtienen disolviendo la goma laca en una solución al 5 por 100 de bórax; pero estos barnices al agua son bastante menos preservativos.

Barnices opacos.—En algunos casos, para modificar los contrastes de los negativos, es conveniente extender sobre el negativo, por la parte del vidrio, un barniz que deje una capa opaca. El barniz que de ordinario se aconseja para este fin, es á base de sandaraca y mastic. He aquí una receta:

Se disuelve:

Sandaraca (pulverizada)	25 gramos.
Mastic en lágrimas (pulverizado)	25 —

en:

Eter sulfúrico	500 c. c.
--------------------------	-----------

Se añade después:

Bencina cristalizable (benzol)	250 c. c.
--	-----------

Esta solución deja un depósito considerable; es necesario decantar después de algunos días el líquido claro.

Este barniz, como todos los aconsejados para el mismo objeto, da una capa demasiado pulverulenta que con ligera frotación tiende á separarse. Hemos comprobado se remedia bien este inconveniente con la adición de una pequeña cantidad de colodión.

Otro barniz opaco, aconsejado por el profesor Lainer, está constituido por:

Eter	100 c. c.
Sandaraca en polvo	10 gramos.
Resina Damnar	3 —
Benzol (á añadir hasta el fin)	50 c. c.

Según se extienda el barniz en correspondencia con las partes transparentes ó con las opacas del negativo, se aumentan ó disminuyen los contrastes de la imagen. Extendido sobre toda la superficie tienden á disminuir ligerammente los contrastes.

Barnices para retoque.—Los barnices para retoque se llaman matoleínas ó matolinas. Tienen por objeto hacer mucho más fácil y perfecto el retoque de los negativos, efectuado mediante matitas. Sobre la gelatina del negativo el retoque mediante lápiz sería muy difícil y desaparecería fácilmente á causa de la poca adherencia. En cambio, si sobre la gelatina se extiende un barniz especial que deje una capa no dura sobre la cual la adhesividad del

lápiz sea bastante mayor, el retoque resulta mucho más expedito y más estable. Entre los barnices aceptables para este objeto, uno de los más sencillos se obtiene disolviendo colofonia en esencia de trementina. He aquí la fórmula:

Colofonia (pez griega).	30 gramos.
Esencia de trementina.	100 —

La solución se hará en baño maría; el líquido se dejará depositar, decantándolo después. El retoque se hará con preferencia sobre el negativo no barnizado con el barniz preservativo. El retoque es una operación puramente mecánica; de él hablamos en el *Manuale sul ritocco* de la Biblioteca del Progreso Fotográfico.

Algunos prefieren añadirle una pequeña cantidad (5 por 100) de trementina de Venecia para obtener una capa más adherente; pero esto no es necesario. La matolina se aplica con una muñeca ó con el dedo sobre la parte del negativo á retocar y después se trabaja con el lápiz.

Sin embargo, muchos prefieren hoy, y sin duda racionalmente, barnizar todo el negativo con un barniz que dé una capa transparente, que obra á la vez de capa protectora y de medio para retener el lápiz.

Un excelente barniz, para este fin, se obtiene disolviendo la resina Dammar en benzol ó en una mezcla de 2 partes de benzol y 1 de alcohol, como indicamos antes para los barnices preservativos.

Un barniz para retoque, constituido precisamente por resina Dammar disuelta en benzol solo (así resulta de nuestro análisis químico) es el que se vende, con el nombre de grafolín, á un precio relativamente elevado.

Para quitar la capa de barniz de los negativos.—Cuando se desee quitar el barniz preservativo de los negativos se usará el mismo solvente empleado en el barniz. Para el barniz de goma laca, la capa de barniz se quita con bastante facilidad y rápidamente con alcohol adicionado del 20 por 100 aproximadamente de solución de potasa cáustica.

Los barnices á base de colodión ó celuloide son siempre bastante difíciles de quitar completamente.

Lo mejor es usar acetona en la que se deja sumergida la placa que se quiere quitar el barniz, algunas horas, ayudando la eliminación con frotamiento.

CAPÍTULO XXXIX

LA FOTOGRAFÍA ORTOCROMÁTICA (1).—GENERALIDADES Y TEORÍAS.

Las inexactitudes en la producción de los colores de las placas ordinarias al gelatino-bromuro.—Como hemos dicho ya repetidas veces, la sensibilidad de todas las preparaciones sensibles a las sales de plata es casi nula para los rayos rojos, y mínima para los rayos amarillos y verdes del espectro. Esta relativa insensibilidad de las preparaciones al gelatino-bromuro de plata para los rayos rojos, verdes y amarillos, mientras que por una parte es providencial porque permite la preparación y la manipulación de las placas sensibles, es fuente también de algunos inconvenientes en muchos casos de la práctica fotográfica, inconvenientes que se observan especialmente al fotografiar asuntos especiales en los que se encuentren juntos los colores más actínicos con los menos actínicos.

Para la vista, el azul y el violeta son colores más oscuros que el rojo, el verde y especialmente que el amarillo y el anaranjado. Así, pues, una reproducción fotográfica de una mesa ó de un asunto cualquiera en el que hubiera los seis colores indicados, podría decirse perfecta, solamente si el claroscuro de la reproducción tuviera el valor que corresponde á la impresión que los diversos colores producen en la vista. Esto equivale á decir que en la reproducción el amarillo debería tener la tinta más clara, y el violeta la más oscura. Ahora bien, en la práctica sucede, puede decirse, lo contrario, y la razón es fácil de comprender. El violeta, color muy actínico, tiene una acción notable sobre la preparación sensible; obra pues como el blanco; el amarillo, color bastante poco actínico, no ejerce en el tiempo de exposición sino una acción mínima; se comporta como si fuera negro. En el negativo, pues, se tendrán cubierto las partes que corresponden al color violeta, y casi transpa-

(1) Los lectores que deseen profundizar el argumento de la fotografía ortocromática, en la parte práctica especialmente, consulten nuestro *Manuale Ortocromatismo e filtri de luce*, en el que hay numerosísimas figuras demostrativas bastante instructivas.

rentes las partes que corresponden al amarillo; en consecuencia, en el positivo permanecerán blancas las primeras y se ennegrecerán las segundas.

El verde obra también bastante insuficientemente y el rojo todavía mucho menos que el amarillo, y por ello también en las partes rojas y verdes corresponden partes transparentes en el negativo y partes oscuras en el positivo. Pero, siendo el rojo y el verde (en estado saturado) colores bastante oscuros respecto al amarillo, amarillo verde ó anaranjado, el inconveniente de la insuficiencia de su acción se observa en las pruebas positivas mucho menos que para el amarillo y el anaranjado. Por ello, sobre todo, el aumento de sensibilidad de las placas para estos últimos colores es lo que resulta más útil en la mayor parte de los casos.

Antes de la aplicación del principio del ortocromatismo, del que hablaremos más adelante, no había otro medio, para obtener una reproducción con exacto clarooscuro de los sujetos colorados conteniendo unidos colores actínicos é inactínicos, que servirse de pantallas coloradas (amarillas ó anaranjadas). Interponiendo entre el asunto y la placa un écran colorado, se limita la acción sólo á aquellos colores que filtran por el écran y con ello es posible dar la exposición precisa á ciertas partes de la imagen, sin sobreexponer las otras. Según los colores del asunto, hay que variar el écran á emplear; y en ciertos casos, cuando se tengan juntos rojo y amarillo, es conveniente emplear sucesivamente dos pantallas. En la mayoría de los casos, conviene antes y después de la exposición con las pantallas, exponer algunos instantes sin ellas para dejar obrar como es debido á los colores actínicos. Se comprende, sin embargo, que el uso de las pantallas con las placas ordinarias á al gelatino-bromuro (para no hablar de las del colodión) que tienen una sensibilidad mínima para el amarillo, y casi nula para el rojo, debe prolongar enormemente el tiempo de posa, creando con ello una dificultad colosal en la mayor parte de los casos.

Principio de Vogel y teorías relativas á la sensibilización cromática.—Para atenuar los perjudiciales efectos de la no proporcionalidad entre la acción fotográfica de los colores y su claridad para la vista, es muy oportuno, el clásico descubrimiento de Vogel, que data de 1873. He aquí, como puede enunciarse el principio descubierto por Vogel.

La mezcla de la materia sensible con una sustancia colorante aumenta la sensibilidad de la materia para los rayos absorbidos por el color. Así, pues, es posible obtener por este camino un aumento de sensibilidad para los rayos menos actínicos del espectro, ya sea en el procedimiento al colodión húmedo ó en el al gelatino-bromuro de plata.

Hay que hacer observar, sin embargo, que no todos los colores se prestan bien. No basta que el color absorba completamente ó

casi aquel color por el cual la placa debe hacerse sensible, no basta que el color sea soluble y con ello capaz de entrar en contacto, íntimo con la materia sensible; parece ser que además deba tener, por decirlo así, el color una afinidad para la sal de plata, esto es, deba ser susceptible de unirse íntimamente á las partículas de la sal de plata misma. Hay quién afirma que el color, para obrar de sensibilizador óptico (así se define toda materia que añadida á la sustancia sensible aumenta su sensibilidad para ciertos colores) debe combinarse con la sal de plata. En efecto, los más admiten que la eosina y la eritrosina que son dos excelentes sensibilizadores para el amarillo y para el verde, den lugar siempre á eosinato y eritrosinato de plata.

A nosotros, nos parece condición verdaderamente necesaria que una materia colorante dada, para obrar de sensibilizador debe fijarse íntimamente en los granos de bromuro de plata, como, afirmó hace ya tiempo el doctor Eder. Parece improbable que se forme una verdadera y propia combinación, porque el bromuro de plata no es ciertamente una sustancia fácilmente deseomponible, pero puede admitirse con Abuey que se forme una especie de laca.

Es evidente que si el color es fijado sólo por la gelatina, más que de sensibilizador obrará como filtro de luz, en relación á los granos de bromuro de plata, tendiendo así á disminuir más bien que aumentar la acción de los rayos por este color absorbidos. En cambio, si son los granos de bromuro de plata los que se coloran íntimamente, entonces se podrá concebir la acción fotoquímica ejercida por los rayos absorbidos.

La importancia que tiene el que el color se fije sobre el bromuro de plata y no sobre la gelatina, se deduce también del hecho que para muchos colores que obran de sensibilizadores eficaces, el efecto ortocromatizante es aumentado cuando después del tratamiento con baño colorante se hace un lavado rápido con agua, destinado á eliminar parcialmente de la gelatina el color que se considera puede resultar perjudicial y no útil,

Sea como fuere, ya que entre el infinito número de colores solubles de origen vegetal ó procedentes del alquitrán solo un limitado número muestra acción y la intensidad de ésta varía bastante de un color á otro, es indudable que no la sola tendencia á absorber los rayos menos actínicos del espectro basta para hacer de un color dado un buen sensibilizador óptico. Se cree, además, existen sustancias colorantes que sensibilizan por diversos colores de los que absorben. Otras circunstancias que escapan al observador deben concurrir también.

No se puede dar demasiado valor al caracter citado por Abuey, que serviría para contradistinguir los buenos sensibilizadores ópticos; esto es, la fugacidad de su color.

No sólo este hecho no es general, sino que la fugacidad del co-

lor, esto es, su sensibilidad á la luz, no se sabe cómo pueda influir en lo que á exaltar la sensibilidad del bromuro de plata se refiere, porque aun admitiendo que la sustancia colorante pueda modificarse á la luz, dando lugar á la formación de compuestos dotados de alguna acción sobre el bromuro de plata, parece imposible, sin embargo, que dada la sensibilidad relativamente infinitésima de la sustancia colorante (sea cual fuere) pueda sufrir en el brevísimo tiempo de exposición una pequeñísima modificación.

En cuanto á la condición que algunos ponen para los sensibilizadores ópticos, esto es, que deben ser también buenos sensibilizadores químicos, no explica nada, ni siquiera sirve de luz en el asunto. Si en las acciones químicas producidas directamente por la luz el efecto de los sensibilizadores químicos es fácil de fijar, no puede decirse otro tanto en el caso de la acción latente producida por la luz sobre sales aloides de plata.

En conclusión; sólo los experimentos directos, hechos con los colores cuyo espectro de absorción corresponda á los rayos cuya acción fotográfica quiera aumentarse, pueden conducir al descubrimiento de los sensibilizadores ópticos para tales rayos.

No hablamos aquí de los espectros de absorción y modo de establecerlos, porque ya nos referimos á esta cuestión en la pág. 31.

En la selección de los colores á usar como sensibilizadores, creemos se debe tener en cuenta la composición química de la materia colorante, más de lo que suele hacerse, porque ciertos colores contienen radicales inorgánicos (radical sulfúrico) y alógenos (cloro, bromo ó yodo), ligados de manera tal, que hacen dudar puedan ejercer una acción análoga á la del ácido correspondiente al radical inorgánico ó á la de los alógenos libres. En tales casos podría perjudicarse la sensibilidad general de la placa y sería preferible emplear, si es posible obtenerlas, las combinaciones de los mismos colores con sodio ó potasio, admitiendo que el espectro de absorción no varía sensiblemente entrando en la molécula del color uno ó más átomos de sodio ó potasio.

Si esto no es posible, será en general preferible usar tales colores en soluciones con una huella de amoníaco.

Hay que tener también en cuenta que existen colores que no pueden ser adoptados de manera alguna, porque dan lugar á velo, á veces fuertísimo. Hemos experimentado, por ejemplo, ciertos colores que por el espectro de absorción parecía podían obrar favorablemente y que, en cambio, hacían las placas desaprovechables por el intenso velo que producían, incluso en cantidad mínima.

No pudimos establecer si tal velo era producido por la sustancia orgánica que constituye el color ó por impurezas contenidas en éste.

Necesidad de la pantalla ó filtro de luz.—Si bien con la adición de ciertos colores se puede, como hemos dicho, aumentar la sen-

sibilidad para las radiaciones menos actínicas de las preparaciones sensibles que sirven en el procedimiento negativo, es imposible, sin embargo, impedir que los rayos actínicos tengan siempre una acción prevalente. Así, pues, las placas ortocromáticas tendrán siempre una sensibilidad mucho mayor para los rayos azul y violeta que para los amarillos, verdes y rojos. De ello se deduce que para obtener de un asunto coloreado con colores actínicos é inactínicos, un negativo que tenga los valores de clorosuro que correspondan á la claridad de los colores es siempre necesario (como diremos al hablar de la práctica), el uso de la pantalla colorada para filtrar la luz que emana del asunto y permitir que con mayor extensión obren aquellos rayos que tienen la menor acción fotográfica.

Admitiendo que se pudiera encontrar el modo de hacer perfectamente ortocromática ó isocromática una preparación sensible, surgirían enormes dificultades en la fabricación y en la manipulación de la preparación misma, porque no sabría á que luz observarla.

Nomenclatura y características del material dotado de sensibilidad cromática.—Vuelve á ser de interés decir ahora (si bien esto con frecuencia no se tiene en cuenta en la práctica) cuán diverso es el significado de las dos palabras ortocromático é isocromático y en qué casos convenga el uso de las placas ortocromáticas y en cuáles el de las isocromáticas.

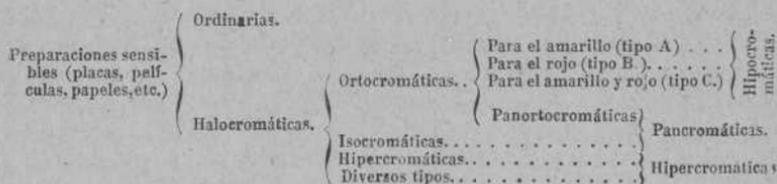
Fué el primero en aclarar este extremo, el profesor Bonacini en su interesante trabajo sobre el isocromatismo en la cromofotografía interferencial. Ortocromáticas, y por decirlo mejor, panortocromáticas (si existieran) son las fotografías que dan un claroscuro que corresponde á los valores de los colores para la vista y que tienen, pues, la máxima sensibilidad para el color más claro (amarillo) y la mínima para el más oscuro (violeta). Pero el nombre de isocromáticas debiera reservarse á aquellas placas sobre las cuales todos los colores ejercen la misma acción.

En la práctica no pueden tenerse placas verdaderamente ortocromáticas ni isocromáticas.

Pero como con ciertos sensibilizadores ópticos es posible aumentar de un modo especial la sensibilidad del amarillo ó para el rojo, se puede con otros sensibilizadores (ó con mezclas) de espectro de absorción más extendido, conseguir aumentar de momento y en grado igual la sensibilidad para todas las radiaciones menos actínicas del espectro, obteniéndose así placas dotadas de cierto isocromatismo. Para el procedimiento de fotografía de los colores de Lippman son éstas precisamente, las placas más apropiadas, como demostró el profesor Bonacini.

Más exacta todavía es la subdivisión siguiente, propuesta por el mismo profesor Bonacini (*Bolettino della Società Fotografica Italiana*, 1899), y que en nuestra relación sobre la nomenclatura

fotográfica, hecha en el Congreso Fotográfico de Firenze, 1899, proponíamos fuera aplicada, pues la encontramos muy racional. El profesor Bonacini subdivide primeramente las placas en dos categorías: ordinarias y halocromáticas, comprendiendo en esta segunda categoría cualquier placa que presente una sensibilidad para los colores distinta de la ordinaria. Las placas halocromáticas son divididas después en *ortocromáticas*, que son aquéllas que reproducen uno ó más colores con el valor que tienen para la vista; *isocromáticas*, que tienen una sensibilidad casi uniforme para todos los colores. Las placas ortocromáticas son divididas, á su vez, en tres tipos: *A*, *B* y *C*, según sea aumentada la sensibilidad para el amarillo, el rojo ó para ambos. El profesor Bonacini reserva después el nombre de panortocromáticas á las placas que reproducen de manera casi precisa todos los valores de los colores para la vista. Las placas ortocromáticas *A*, *B* y *C* pueden, á su vez, ser todas inscritas en la categoría de las placas parcialmente cromáticas, y el profesor Bonacini propone, en consecuencia, el nombre de hipocromáticas para comprenderlas todas; las placas panortocromáticas é isocromáticas, en las que la sensibilidad, si bien con diversos resultados gráficos, es igual para todos los colores, pueden comprenderse en la categoría de las pancromáticas. Ipercromáticas, en fin, son las placas cuya sensibilidad es modificada respecto á las radiaciones invisibles del espectro: infrarroja y ultravioleta. He aquí el espejo:



Los tipos de placas existentes actualmente en el comercio puede decirse se reducen á dos:

Ortocromáticas, en las que está aumentada la sensibilidad para el amarillo y verde y que sirven, en la mayor parte de los casos, en fotografía al aire libre y para retrato.

Pancromáticas, en las que es aumentada la sensibilidad, no sólo para el amarillo y verde, sino también para el anaranjado y rojo.

Tales placas sirven especialmente para la fotografía de asuntos de colores variados (flores, vestidos, etc.), y también para la tricromía.

La capa de las placas autocromas para la fotografía de colores y la de las placas de mosaico, en general, es también pancromática.

Circunstancias que influyen en la sensibilización cromática.

Un hecho de importancia sobre el que creemos de interés llamar la atención es, que la sensibilidad de la placa, para un color dado, no puede ser aumentada con el aumento de la cantidad de sensibilizador óptico. La cantidad de materia colorante que se emplea como sensibilizador óptico debe ser siempre mínima, y para ciertos colores infinitésima; el aumento más allá de un cierto límite tiene por efecto, en general, disminuir más ó menos considerablemente la sensibilidad general de la placa. Con ciertos colores empleados en cantidad relativamente grande, la sensibilidad puede resultar mínima. Esto se produce, probablemente, á nuestro entender, principalmente por el motivo ya expuesto precedentemente, esto es, á causa de la acción de los alógenos y de los radicales inorgánicos contenidos en ciertos colores, y también por la acción filtrante respecto á la luz, que produce el exceso de color absorbido por la gelatina, admitiendo que no sea lavada la placa después del tratamiento.

En cambio, en ciertos casos, puede mejorarse la acción sensibilizadora de la materia colorante, empleando junto á ella una mínima cantidad de nitrato de plata ó de amoníaco. El amoníaco es probable obre neutralizando precisamente la acción de los radicales ácidos ó de los alógenos á que nos referimos anteriormente.

Aquél se opone, pues, á una disminución de la sensibilidad general de la placa.

En cambio, para el nitrato de plata se admite obra combinándose con la materia colorante; pero el nitrato de plata tiende á aumentar también la sensibilidad general. Hay que observar, aparte de todo, que el nitrato de plata perjudica más ó menos la buena conservación de las placas; así es que conviene, en todo lo posible, limitar su uso al procedimiento de ortocromatización al baño.

El amoníaco puede influir con frecuencia desfavorablemente en la conservación.

Hace algunos años el Sr. Mercier proponía el empleo de algunas sustancias para aumentar el vigor de la imagen y la tendencia de la capa sensible á sufrir sin daños, sobreexposiciones, incluso relativamente considerables.

Estas sustancias pertenecen, especialmente, al grupo que en Química se designa con el nombre de alcaloides; entre éstos, los más eficaces son la codeína, la morfina, etc.

Ahora bien, estas sustancias que por su tendencia á absorber los alógenos (cloro, bromo y yodo) podrían considerarse como si se tratara de emulsiones de impresión directa, como sensibilizadores químicos, parece ser pueden obrar á veces sobre las placas ortocromatizadas aumentando la acción sensibilizadora de los colores mismos. La codeína, especialmente, parece tenga una acción favo-

nable, y en algunas recetas aconsejadas para la ortocromatización de las placas, entra precisamente la codeína.

Otro hecho digno de importancia es que, para muchos colores, la acción sensibilizadora varía según que la placa haya sido expuesta durante breve ó mucho tiempo. Ciertos colores, por ejemplo, que con una corta exposición sensibilizan sólo para el amarillo, con exposición suficientemente prolongada producen un aumento notable de sensibilidad, incluso para el anaranjado y rojo.

Nuevos experimentos y aspectos teóricos sobre la sensibilización cromática.—En 1907, el Sr. F. Thorne Baker, autorizado cultivador de la ciencia fotográfica, comunicó á la Royal Phot. Society de Londres los resultados de sus estudios sobre el argumento de la sensibilización cromática.

Dedujo de ellos los siguientes principios, que copiamos con las convenientes reservas sobre su completa aceptación:

1.º No existe una relación bien definida entre la zona de absorción de un colorante y su acción máxima como sensibilizador para los colores.

2.º Todas las sustancias colorantes poseen la propiedad de sensibilizar las placas para los colores, mientras sean usadas convenientemente.

3.º Si la solución de un colorante posee N zonas de absorción, se tendrán N máximos de sensibilidad para los colores en las placas tratadas con la solución dada.

4.º Parece ser existe cierta relación entre las propiedades sensibilizadoras de sustancias colorantes de constitución química similar y sus espectros de absorción (por ejemplo, en los derivados de la fluorescina, en algunos colorantes azoicos, etc., existe cierto paralelismo entre la zona de absorción y los máximos de sensibilidad de las placas tratadas con dichos colorantes).

Los numerosísimos experimentos que sirvieron de base á los estudios del Sr. Thorne-Baker comprenden, por una parte, el examen espectrográfico de la solución sensibilizadora, y por otra, el de su acción sensibilizadora para los colores.

Muchos colorantes, considerados inutilizables ó inactivos, pueden ser transformados en sensibilizadores potentes con un tratamiento de nitrato de plata y disolviendo el precipitado en exceso de amoníaco. El negro RHN es un típico ejemplo de ello: su solución amoniacal no sensibiliza la placa sino ligeramente para el rojo; pero con la adición de nitrato de plata se obtiene una excelente sensibilidad en el anaranjado y en el rojo, casi igual á la del pinacianol.

No encontró el autor un colorante, el cual, si se empleara convenientemente, estuviera exento de propiedades sensibilizadoras; pero existe el hecho de que ciertos grupos de colorantes son mu-

cho más activos que otros, especialmente el grupo de la fluoresceína, de la cianina y la isocianina.

Las soluciones colorantes que presentan más zonas de absorción dan también más máximos de sensibilidad. Así, las soluciones de pinacianol poseen cuatro zonas de absorción y dan á las placas cuatro máximos de sensibilidad.

Como conclusión de su interesante estudio, afirma el autor que empleando simultáneamente varios colorantes para sensibilizar una placa, cada uno de ellos obra separadamente, bien entendido, hasta un cierto límite; así, pues—y esto es importantísimo,— de tal manera es posible sensibilizar una placa para una amplia región del espectro.

Esto rige, como es natural, sólo para aquellos colores que en solución no obran uno sobre otro. Y tampoco en estos casos creemos que la afirmación del autor, sin duda bastante competente en la materia, pueda verificarse siempre.

Diferencia de comportamiento de los sensibilizadores en las placas al gelatino-bromuro y en las de emulsión de colodión.—Un hecho que se observa en la mayor parte de las materias colorantes que obran de sensibilizadores ópticos ó cromatizadores es la diferencia de comportamiento en las placas al gelatino-bromuro y en las de emulsión de colodión.

Puede decirse que la emulsión de colodión resiente más fácilmente y notablemente el efecto cromatizante que el gelatino-bromuro.

Así, pues, ciertos colores obran como sensibilizadores cromáticos potentes en la emulsión de colodión, mientras producen una acción mínima ó nula en las placas al gelatino-bromuro.

Nos basta citar el pinaverdol, el violeta de etilo, el verde benzol, etc.

Puede decirse que mientras se ha llegado á aumentar la sensibilidad de la emulsión al colodión, de manera tal á hacer posible la reproducción de una tabla cromática con los valores correctos, sin empleo de filtro alguno de luz, se está muy lejos de conseguir tal resultado en las placas al gelatino-bromuro.

Como todos los fenómenos anexos á la formación de la imagen latente, tampoco esta diferencia de comportamiento de las dos categorías de capas sensibles puede ser fácilmente explicada.

Pero ciertamente debe influir bastante la naturaleza del medio en el cual se encuentra el color y también el hecho que, mientras en la emulsión al gelatino-bromuro la gelatina forma con el bromuro de plata un complejo que no puede considerarse en absoluto simple mezcla, en la emulsión al colodión el bromuro de plata debe considerarse suspendido en el medio, pero no ligado á éste. Así, pues, en la emulsión de colodión la materia colorante puede fijarse directamente sobre los granos de bromuro de plata, mien-

tras que, donde el bromuro está ligado á la materia coloide, formando granos complejos, la fijación del color es más superficial y menos íntima. También la fineza bastante mayor de los granos de bromuro de plata en la emulsión al colodión debe ejercer una favorable influencia en lo que se refiere á aumentar la acción cromatizante.

Pero la influencia del grueso del grano de bromuro de plata sobre el efecto cromatizante no se deja sentir sino bastante escasamente, como resulta de nuestros experimentos en las placas al gelatino-bromuro, lo que demuestra que en presencia de gelatina el efecto útil de la pequeñez del grano sobre la sensibilización cromática es, por lo menos, dificultado.

CAPÍTULO XL

LA FOTOGRAFÍA ORTOCROMÁTICA.—LOS SENSIBILIZADORES ÓPTICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS.

Antes de indicar la manera de preparar prácticamente las placas ortocromáticas, es bastante importante decir algo referente á las principales materias que se emplean como sensibilizadores.

Sensibilizadores para el amarillo y para el verde —Los sensibilizadores para el amarillo y para el verde son los más importantes, prácticamente, porque un aumento de sensibilidad para estos colores es especialmente necesario en la mayor parte de los casos. Los sensibilizadores para el amarillo y para el verde son todas las sustancias colorantes que tienen una tinta más ó menos roja. Los colores del alquitrán pertenecientes al grupo de las eosinas constituyen los sensibilizadores más importantes de esta categoría. Con el nombre de eosina, sin embargo, se comprenden muchísimas sustancias colorantes que tienen diversa graduación de color y que se comportan también diversamente teniendo un espectro de absorción que varía en una y otra. Hay eosinas con tinta roja que tira á azul. Estas últimas son, en general, preferibles porque obran más favorablemente en lo que se refiere á aumentar la sensibilidad para el amarillo y en disminuir la acción de los rayos azul y violeta. Las eosinas con tendencia al amarillo son, en su mayor parte, derivados brómicos de la fluoresceína, esto es, combinaciones del monobromo, dibromo y tetrabromofluoresceína con sodio y potasio.

En cambio, las eosinas que tienden al azul son derivados tetrayódicos ó diyódicos en combinación con el sodio ó con el potasio.

Ahora bien; las eosinas de tinta amarillenta mezcladas con bromuro de plata aumentan la acción del medio entre E y D (véase la figura del espectro, pág. 23), mientras que entre E y F, esto es, en el verde azul, no se nota acción alguna. Ello, para una breve exposición; en cambio, para una exposición más larga aumenta el máximo de acción en el amarillo verde y entre E y F, si tiene un mínimo de acción.

En las eosinas de tinta azulada, de las cuales las principales son la eritrosina, llamada también eosina B (derivado sódico ó po-

tásico del diyodo ó tetrayodofluoresceína) y el rosa bengala (derivado potásico del tetrayododiclora ó tetrayodotetraclorofluoresceína), el aumento de sensibilidad se extiende hasta más allá de D, esto es, en el amarillo, y también entre F y E la acción es mayor. Estos dos colores, esto es, la eritrosina y el rosa bengala figuran entre los mejores sensibilizadores para el amarillo y para el amarillo verde conocidos.

Hay otras eosinas de tinta azulada que ejercen una acción sensibilizadora para el verde y el amarillo: son la metileosina, etileosina, la floxina, la cianeosina, la aureosina, etc. Pero el efecto es siempre menor que el de la eritrosina y rosa bengala. De estas dos eosinas, es la eritrosina á la que, en general, se da la preferencia.

Son interesantes los siguientes experimentos del Sr. Roch, de la Escuela fotográfica de Viena, sobre la acción sensibilizadora comparativa de los colores del grupo de la eosina. Tales experimentos fueron hechos tratando antes las placas con un baño preparador al 2 por 100 de amoníaco y sumegiendo después en el baño colorante. Se hicieron las pruebas fotografiando un mismo espectro hasta obtener la misma opacidad en el depósito de plata de la región donde el color ejerce la máxima acción sensibilizadora. El autor encontró con ello los números siguientes en funciones del poder sensibilizador de la eritrosina, que, siendo el máximo, fué tomado = 100:

Eritrosina	100
Rosa bengala	50
Naftolfluoresceína	50
Metileosina	50
Eosina	25
Cianosina	25
Rojo de quinolina	25
Crisanilina	12
Fluoresceína	5

Conviene hacer observar ahora que no todas las eritrosinas comerciales se comportan igualmente bien. El mismo compuesto fabricado por diversas Casas, puede dar diversos resultados.

Sobre la diversidad de los resultados ejerce influencia, además de la pureza, también el hecho de tener la eritrosina de diversas fábricas composición distinta. Así ciertas fábricas dan el nombre de eritrosina al derivado amoníaco, y no al derivado potásico. De todos modos, teniendo en cuenta esta diversidad de comportamiento, es importante para el que desee preparar placas ortocromáticas examinar prácticamente el efecto de eritrosina de diversas procedencias. Cuanto hemos dicho para la eritrosina puede aplicars

á la mayor parte de los derivados del alquitrán que se usan como sensibilizadores.

Todas las eosinas son sustancias fácilmente solubles en el agua y en alcohol. Añadiendo á la solución acuosa de eosina una solución de nitrato de plata se forma un precipitado rojo de eosinato de plata que puede ser disuelto con amoníaco. El eosinato de plata, mezclado á la emulsión al gelatino-bromuro, tiene un efecto ortocromatizante mayor que la eosina pura.

Obernetter proponía, en 1866, emplear para la ortocromatización el eritrosinato de plata, que se obtiene precipitando la solución de nitrato de plata con eritrosina y disolviendo después el precipitado con amoníaco. El efecto es, en verdad, considerable especialmente, porque se tiene un aumento y no una disminución de la sensibilidad general.

Pero con la adición de eosinato ó eritrosinato de plata disuelto en amoníaco se obtienen placas menos conservables.

Sobre la menor conservación, además del hecho de la presencia de la sal de plata derivada de la eosina ó eritrosina, influye también bastante la circunstancia de que no se puede añadir á la emulsión, antes del extendimiento, una pequeña cantidad de bromuro de potasio, porque este producto descompone la combinación de color y plata.

Y se ha observado que no sólo cuando se hace la sensibilización con eritrosinato de plata la presencia de bromuro alcalino perjudica el efecto ortocromático, sino también cuando la sensibilización cromática es aplicada con baño de eritrosina pura.

Existen en el comercio excelentes placas ortocromáticas preparadas al eritrosinato de plata, que tienen además una buena estabilidad. Son estas las placas Perutz, fórmula Obernetter.

Si bien la eritrosina es de los colores del grupo de las eosinas el que tiene la máxima acción cromatizante, existe el hecho, como demostró Edward, que se puede aumentar un tanto el efecto valiéndose de la eritrosina junto con otra eosina, especialmente rosa bengala.

Además de las eosinas, hay otras materias colorantes rojas que obran de sensibilizadores para el amarillo y verde. Por ejemplo, la coralina, el rojo de anilina, el rojo de naftalina, el rojo de quinolina, la rodamina, la safranina, la crisoidina, etc.

El Dr. Koenig encontró recientemente una materia colorante constituida por ptoluquinaldinquinolinmetilcianina, que puso á la venta la Casa Meister Lucius, con el nombre de pina-verdol, que es un excelente sensibilizador, especialmente para la emulsión de colodión, ortocromatizandola para el verde, amarillo y hasta para el anaranjado. De él hablamos en párrafo especial á propósito de los sensibilizadores derivados de la cianina.

La Casa Guilleminot Boespflug y C., de París, que puso á la ven-

ta en 1904 placas ortocromáticas, en las cuales la sensibilidad para el amarillo y verdes es aumentada en grado relativamente notable, afirma que son obtenidas usando como sensibilizador una materia colorante del grupo de las rodaminas (faleína obtenida con el metaamidofenol y sus derivados), previamente purificada en una forma cuyo secreto se reserva.

Hemos experimentado algunas rodaminas sin encontrar alguna utilizable, porque con la mayor parte de ellas, el efecto cromatizador es mínimo ó nulo, mientras resulta un velo notable.

Pero en 1910, D. A. Capellari nos indicaba las excelentes propiedades cromotizantes de la Rodamina B extra, base de la Badische Anilin und Soda Fabrik, de Ludwigshafen, en R.

Y en efecto, con muchos ensayos hemos podido comprobar el notable efecto cromotizante para el amarillo y el verde, que se obtiene con este color.

Sensibilizadores para el anaranjado y el rojo.—Son estos colores azul ó violeta. De todos los colores que obran de sensibilizadores para el anaranjado y, á veces, para el rojo, la cianina era hasta hace pocos años el único usado como el más eficaz. Esta es un derivado de la quinolina y tiene una tinta azul; por ello se llama también azul de quinolina. Existen algunas variedades: la clorocianina, yodocianina, nitrocianina y sulfatocianina; todas se comportan análogamente. La más común es la yodocianina.

La cianina tiene una influencia notable en lo que se refiere á reducir la sensibilidad general de la placa; Eder considera que esta sensibilidad general se reduce en los límites de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{10}$ y ello se debe especialmente al hecho de la disminución bastante notable en la acción de los rayos azul y violeta. En cambio, la acción del anaranjado resulta más de cien veces superior. El máximo de la acción se observa entre D y C.

Pero de los experimentos del doctor Koenig no resulta una tan considerable reducción de sensibilidad como afirma Eder.

La cianida ejerce una acción menor sobre la sensibilidad general si se usa en solución ligeramente amoniacal. La cianina es fácilmente alterable á la luz; una solución se decolora rápidamente á la luz.

La cianina presenta el inconveniente de ser insoluble en agua fría. Sí disuelve en agua caliente; pero con el enfriamiento se separa de nuevo. Es soluble en alcohol y, parcialmente, en las mezclas de agua y alcohol.

Usada como sensibilizador tiene el grave defecto de dar siempre placas más ó menos veladas, aun haciendo el secado de las placas en forma rápida y salvándolas de la acción de cualquier luz que pudiera obrar.

Actualmente, con la introducción de los nuevos sensibilizadores

derivados de la cianina y de la isocianina, que presentan sobre ella notabilísimas ventajas, el empleo de la cianina ha quedado, puede decirse, abandonado.

Una mezcla de rojo de quinolina y azul de quinolina (cianina) introdujo Vogel, con el nombre de azalina, para sensibilizar una zona más extendida que no se obtenga con la eritrosina, y, esto es, más allá del amarillo y hasta el rojo casi.

Otros sustancias colorantes que sensibilizan para el rojo y el anaranjado, son el azul naftol (que aumenta la sensibilidad en una notable extensión del espectro), el azul de alizarina y el azul de antraceno (que sensibiliza especialmente para el rojo, pero no para el amarillo) y los azules azoicos y las indulinas (que sensibilizan del amarillo al rojo). El violeta de metilo y, en general, todos los violetas que ofrecen acción, sensibilizan para el amarillo y el anaranjado, pero poco ó nada para el rojo.

Sensibilizadores para el rojo.—Los sensibilizadores para el rojo hay que buscarlos especialmente entre los colores verdes. Citaremos entre ellos el verde aldeida, el verde malaquita, el verde sólido, el verde nuevo y el verde al yodo. Todos estos verdes presentan un máximo de acción próximo á la raya C del espectro; esto es, en el anaranjado; pero la acción se extiende hasta el rojo.

El azul de alizarina en forma de bisulfito sensibiliza para los rayos B y C. Con adición de algunas gotas de nitrato de plata la acción sensibilizadora se extiende todavía más.

La clorofila, que es la sustancia verde de las plantas, tiene una acción sensibilizadora bastante notable para el anaranjado y para el rojo, hasta el límite rojo. Pero como no se conserva bien, no hay que fiarse de la que se encuentra en el comercio. Se puede obtener con bastante facilidad de las hojas más verdes (como las de la hiedra tratándolas con alcohol). Conviene hacer la extracción en verano, cuando el verde de las hojas es más intenso; antes del tratamiento con alcohol, conviene hacer un tratamiento en caliente con sosa y potasa cáustica al 1 por 100 para quitar ciertos compuestos orgánicos.

El doctor Valenta llamó la atención sobre la acción sensibilizante para el rojo que tiene el violeta de etilo de la Badische Anilin und Soda Fabrik, acción que fué confirmada por el Bar. Hübl que lo considera el sensibilizador ideal para el rojo, en la emulsión al colodión bromuro de plata.

El violeta de etilo obra como sensibilizador para el rojo también en las placas al gelatino-bromuro, pero en grado bastante menor.

Otro colorante que obra como excelente sensibilizador para el rojo en la emulsión al colodión, es el verde benzol, aconsejado por Thorne Backer.

También este sensibilizador es mucho menos eficaz si se emplea en placas al gelatino-bromuro.

Diversos estudios sobre las materias colorantes susceptibles de obrar de sensibilizadores ópticos.—Estos estudios, que se remontan á algunos años, no tienen practicamente sino una limitada importancia, y más hoy que, con los modernos sensibilizadores de que hablamos en párrafo especial, se ha dado un paso bastante considerable en el campo de la sensibilización cromática.

Sirven para dar una idea del comportamiento de muchas materias colorantes respecto á su acción sensibilizadora y presentan cierta importancia teórica.

Pero no son, en verdad, sino una pequeña parte de los estudios publicados sobre esta materia.

El doctor Valenta (*Phot. Corr.* N. 1,1899) experimentó la acción sensibilizadora de las sacareínas. Son éstas, combinaciones de la sacarina, la conocida materia dulce obtenida del alquitrán con los fenoles. La sacareosina se disuelve dicifilmente en agua y en el alcohol, pero con facilidad en los líquidos alcalinos, dando un color rojo carmín con fluorescencia amarillo verde; sensibiliza fuertemente para el amarillo entre D y E. Obran también análogamente que la sacareína el clorhidrato de dietilamidofenol (solución roja con magnífica fluorescencia azul rojo) y un derivado acetílico de ésta. Las sacareínas sufren en ciertas condiciones una descomposición análoga á la que experimenta la sacareína y da las sulfureínas derivadas. La sulfureína del dietilamidofenol, que da una sustancia acuosa ó alcohólica de color rojo oscuro, obra como enérgico sensibilizador para el amarillo y, en parte, para el anaranjado. Esta materia colorante fué empleada por doctor Valenta en forma un poco diversa de la ordinaria; pero que da resultados bastante satisfactorios y que puede ser aconsejable para otros colores. Esto es: la placa es tratada, primero, con baño preparador constituido por agua, 800; alcohol, 200; amoníaco, 15, y sumergida después en baño colorante, formado como el baño preparador, con la adición de 50 c. c. de solución colorante 1 : 500.

El mismo doctor Valenta experimentó (*Phot. Corr.* N. 2,1900 y 4,1912) la acción sensibilizadora de algunos otros colores de las fábricas Fr. Bayer, de Elberfeld, y Actiengesellschaft für Anilin fabrication, de Berlín, y Cassella, de Franckfort. De estos experimentos resulta que el negro para lana 4 B, de la Actien Gessell, obra de enérgico sensibilizador del rojo al amarillo, con un máximo en B, y parece que pueda resultar prácticamente útil. Otro color de la fábrica Cassella, que resulta bastante eficaz, es el violeta de formil, S 4 B, que es el idéntico al violeta ácido 6 B, de R. Geigy, de Basilea, y al ácido 4 B extra de Bayer, de Elberfeld. Este color es fácilmente soluble en agua, y practicamente, para ortocromotizar las placas se usará una solución diluidísima (1 : 50.000) con 1 á 2 por 100 de amoníaco.

El amarillo tiazol de la fábrica F. Bayer, de Elberfeld, añadido á

la emulsión de colodión, con sucesivo tratamiento con una débil solución de nitrato de plata ó también aplicado en solución acuosa simple en las placas al gelatino-bromuro produce un aumento notable de sensibilidad para el amarillo y verde; la acción se extiende en las placas la gelatino-bromuro, desde la línea P á H. La alizarina pura azul B y la alizarina negra-azul 3 B, de la misma fábrica Bayer, da una acción sensibilizadora notable para el rojo y el rojo-anaranjado.

El diazoecht negro 3 B, de Bayer, produce un considerable efecto para el rojo, rojo anaranjado y amarillo, mientras con el diazoecht negro B H, la acción sensibilizadora se extiende hasta el extremo rojo. El negro diamante F B puro, de Bayer, tiene fuerte acción sensibilizadora sobre las placas al gelatino-bromuro, como sobre las de colodión, del rojo extremo al amarillo anaranjado, con un máximo en B $\frac{1}{2}$ G. El naftil azul de Kalle tiene enérgica acción en la emulsión de colodión para el rojo anaranjado y amarillo, con un máximo en C $\frac{1}{3}$ D sobre la misma emulsión; el negro oscuro diamante 55, A y 500 de Cassella, muestran una fuerte acción sensibilizadora del extremo rojo al anaranjado. El negro para laca 6 B de la Act. Gesellschaft für Anilin fabrication y así mismo el negro para laca 4 B de la misma fábrica son sensibilizadores muy importantes prácticamente. En el Instituto fotográfico de Viena se usaban antes estos sensibilizadores para el rojo en la tricomía. Dejamos de enumerar muchos otros colores experimentados por el eminente autor, porque se encontró su acción sensibilizadora, bastante débil, ó nula.

El doctor Eberhard de Gotha experimentó también numerosísimos colores, y de ello dió cuenta en la *Phot. Corr.*, 1900; de sus ensayos resulta que son buenos sensibilizadores los siguientes colores: el ciclamín, de la Sociéte Chimique des usines del Ródano, es un derivado de la fluoresceína, que obra de sensibilizador análogamente al rojo bengala; pero con acción más hacia el anaranjado. Se usará una solución acuosa diluidísima (1 : 50.000). Parece ser un excelente sensibilizador el glicín corinth, de la Casa Kinzlberger y C., de Praga; la acción sensibilizadora puede extenderse hasta el rojo. Se usará en solución 1 : 10.000 con 2 por 100 de amoníaco. El negro carburo (Karbidschwarz BO), de la Gesellschaft für chem. Ind., en Basel, en solución 1 : 10.000, con 2 por 100 de amoníaco, ejerce notable acción, que empieza en A en el rojo y que es notabilísima de B hasta E. Las placas no tienden á velar y dan imágenes intensas. y por ello este sensibilizador puede resultar bastante útil prácticamente; es mucho más eficaz que los negros azoicos. Otros colores que sensibilizan bien para el rojo y el anaranjado son los siguientes de la Casa K. Ohler, en Offenbach: toluylén schwazblau B, naphtazurin BB, azomauve B. Se usaban en soluciones á 1 : 10.000 ó 1 : 20.000 con 2 por 100 de

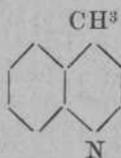
amoníaco. La nigrosina 3 B, de la Casa Kalle y C., de Biebrich, obra de enérgico sensibilizador para las rayas de C á D (anaranjado y un poco también en el amarillo). El autor hace observar, sin embargo, que las nigrosinas dan notables resultados sólo con exposiciones suficientemente largas.

Los sensibilizadores modernos derivados de la cianina y de la isocianina.—Sobre estos sensibilizados modernos, que tanta importancia han llegado á adquirir, creemos útil extendernos un poco, incluso en lo que se refiere á su constitución química.

Todos estos modernos sensibilizadores son derivados de la cianina ó de la isocianina; de la cianina hablamos ya en la página 358; pero sin hacer consideraciones sobre su constitución química, las que preferimos reunir aquí.

En la página 222 dimos la fórmula química de la naftalina, que resulta constituida de dos núcleos benzénicos reunidos. Sustituyendo un átomo de ázoe en el sitio del grupo CH, en una de las posiciones α se obtiene la quinolina, que puede representarse así:

Si sustituimos la quinolina por un átomo de hidrógeno en posición α (ó, como se suele indicar también, γ) por un grupo CH³, se obtiene el compuesto



ó metilquinolina, llamada también lepidina, que es la base principal de la cianina.

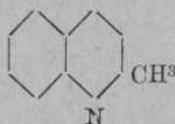
La cianina deriva de ambas bases quinolina y lepidina por acción de yoduro de amilo (que da lugar á un yodomilato de quinolina y de lepidina) y sucesiva acción de potasa cáustica sobre el yodoamilato en solución alcohólica.

La cianina ordinaria es un yodo derivado que se podría llamar también yoduro de lepidina quinolina amilcianina.

Se puede tener también otros derivados, esto es, cloruro, bromuro, sulfato y nitrato, que se comportan como la cianina.

Koenig aconsejó, en lugar de la amilcianina, etilcianina, que es mucho más soluble que la cianina.

La isocianina posee propiedades químicas análogas á la cianina, y la fórmula de constitución de aquélla es la siguiente:



Esta es la base de las llamadas isocianinas, y difiere de la lepidina que es la base principal de la cianina, por la posición del grupo CH³ (posición β). La base de la isocianina se denomina quinaldina.

A la etilcianina indicada precedentemente, y que está colorada de azul, corresponde, en las isocianinas, la etilsocianina, que tiene una coloración más violeta ó púrpura.

Rojo de etilo.—El rojo de etilo, el primero de los sensibilizadores modernos, introducido por los doctores Miethe y Traube, en 1902, es, precisamente, un derivado de la etilsocianina.

Pueden tenerse diversos derivados de la etilsocianina, esto es, yoduro, bromuro, cloruro, sulfato, nitrato, etc. Por rojo de etilo se entiende, generalmente, el yoduro, que se presenta en magníficos cristales verdes.

El comportamiento fotoquímico es análogo en los diversos derivados, y sólo varía la solubilidad.

El rojo de etilo sensibiliza todo el espectro, hasta el anaranjado; en exposiciones breves, la sensibilidad cromática que da llega á D ¹/₂ C.

El rojo de etilo tiene un poder sensibilizador insuficiente para el rojo.

El doctor Koenig, ante esta consideración, estudió también la preparación de isocianinas de color más azul y dotadas, en consecuencia, de mayor acción sensibilizadora para el rojo.

Los importantísimos sensibilizadores estudiados por el doctor Koenig y fabricados por la Farbwerke vorm Meister Lucius y Bruning, de Hoechst, tienen actualmente extraordinaria importancia. A su introducción se debe que el problema de la fotografía en colores con placas de mosaico pudiera tener una solución práctica.

Los sensibilizadores Koenig son los siguientes:

Ortocrómico.—Este es muy análogo, por caracteres y comportamiento, al rojo de etilo Miethe. Su constitución química es la siguiente: bromuro de p-toluquinaldin p-quinolinetalcianina. Este sensibiliza, puede decirse, como el rojo de etilo.

Pinaverdol.—El pinaverdol es, por constitución similar al ortocromo, es bromuro de p.-toluquinaldinquinolinmetilcianina; tiene un color rojo, y su acción sensibilizadora en el verde es mayor que la del ortocromo. Pero especialmente en la emulsión al colodión es donde se nota una notable sensibilización para el verde. El empleo máximo del pinaverdol se hace, en efecto, con emulsión al colodión.

Pinacromo.—El pinacromo es bromuro de p.-etoxiquinaldin, p.-metoxiquinolinetilcianina.

Es este el más importante de los sensibilizadores modernos. Tiene una *nuance* bastante más azul y sensibiliza por iluminaciones breves hasta casi C. Es soluble en agua y alcohol. La sensibilidad que comunica para el verde es, en la práctica (por selecciones á través del filtro verde), igual á la del rojo de etilo ú ortocromo; pero, en cambio, la sensibilidad que comunica para el rojo es bastante mayor.

El pinacromo es, puede decirse, el mejor sensibilizador pancromático constituido por sustancia única. Con las mezclas se puede producir una sensibilización pancromática; pero hay que tener presente que no es fácil encontrar mezclas capaces de producir una buena pancromatización.

Incluso cuando los sensibilizadores no obran químicamente entre sí, las propiedades de los componentes, desde el punto de vista de la acción sensibilizadora, son influenciadas más ó menos.

Pinacianol.—Este cuerpo se presenta en cristales de color verde brillante y es soluble en agua y en alcohol.

Según afirma el doctor Koenig, se obtiene por acción de álcali sobre una solución de una sal de quinaldina adicionada de aldehído fórmico. Tendría, pues, una composición distinta á la de la isocianina. Las reacciones químicas son también distintas, porque mientras un ligero exceso de ácido orgánico decolora las cianinas é isocianinas, el pinacianol no es decolorado completamente sino por un fuerte exceso.

El pinacianol es el mejor sensibilizador para el rojo conocido hasta el día; sensibiliza las placas al gelatino-bromuro casi hasta B, mientras entre E y F da un mínimo notable.

Sensibiliza también fuertemente la emulsión al colodión.

Dicianina.—La dicianina se obtiene por acción de álcali cáustico sobre una solución alcohólica de sal de γ α dimetilquinolina en presencia de oxígeno atmosférico. Se presenta como cristales verdes solubles en azul verdoso en alcohol; la adición de agua hace tender el color más hacia el rojo; con huellas de ácido la solución se decolora.

Sensibiliza al gelatino-bromuro notablemente para el rojo; pero menos enérgicamente que el pinacianol y pinacromo; pero la sen-

sibilidad se extiende mucho más en el rojo; da también un fuerte mínimo de sensibilización entre E y F.

Sensibiliza también fuertemente la emulsión al colodión; en efecto, Hübl comprobó que la emulsión sensibilizada á la dicianina reproduce sin otro filtro el color cinabrio, igualmente, cubierto del azul marino.

El empleo de placas al gelatino-bromuro, sensibilizadas á la dicianina, pueden resultar, especialmente en los experimentos espectrográficos para usos científicos.

Otras cianinas.—Otros cuerpos pertenecientes al grupo de las cianinas ó isocianinas fueron propuestos como sensibilizadores pancromáticos; pero su importancia es bastante menor que la de los cuerpos antes considerados. El homocol, de la Casa Bayer, es una mezcla de rojo de isoquinolina con una isocianina. Otro sensibilizador de la misma Casa, que presenta cierto interés, es el isocol, cuya composición no se conoce precisamente, pero que parece ser una mezcla de diversas isocianinas. No tiene acción sensibilizadora enérgica, pero, diferentemente de la mayor parte de los sensibilizadores, da una sensibilización bastante uniforme, sin lagunas notables.

La Agfa Gesellschaft estudió la preparación de isocianinas con la naftoquinaldina.

CAPÍTULO XLI

LA PREPARACIÓN PRÁCTICA DE LAS CAPAS ORTOCROMÁTICAS Y PANCROMÁTICAS

Con la introducción de los nuevos sensibilizadores, una cantidad de recetas dadas para la ortocromatización y pancromatización han perdido ya toda importancia. Por ello nos limitaremos á desarrollar lo que puede interesar en la práctica.

Y añadiremos también que en lo que se refiere á la parte práctica y á las manipulaciones, es conveniente consultar nuestro *Manuale speciale sull'ortocromatismo* y el otro *Sulla fotografia in colori*.

Reglas generales para la preparación de placas ortocromáticas y pancromáticas.—La preparación de las placas ortocromáticas se hace en los establecimientos donde se fabrican placas al gelatino-bromuro, añadiendo los sensibilizadores (en general á base de eosinas con ó sin nitrato de plata) á la emulsión líquida, antes de extenderla sobre las placas. De nuestros experimentos resulta que para preparar placas ortocromáticas regulares se puede añadir á la emulsión líquida, antes del extendimiento, 20 á 30 c. c. de solución de eritrosina al 1 por 100 por cada litro de emulsión, ó mejor aún esta solución adicionada de 5 c. c. de solución de nitrato de plata al 1 por 100 y de algunas gotas de amoníaco hasta obtener líquido claro. Usando una mezcla de eritrosina y rosa bengala el efecto es todavía mayor.

La adición de bromuro alcalino, como ya dijimos en el capítulo precedente, no puede hacerse en las placas sensibilizadas con los colores del grupo de la eosina sin perjuicio de la sensibilidad cromática, y en consecuencia, una disminución de conservabilidad en tales placas.

Pero existen actualmente en el comercio placas ortocromáticas de excelente conservación (cromo-agfa, por ejemplo) en las cuales parecen entran tan también sensibilizadores del grupo de la eosina.

Se venden también placas pancromáticas (son especialmente conocidas las perchromo Perutz y las pancromáticas Wratten y Wrainwright). No puede decirse si estas placas son preparadas por

inmersión sucesiva ó por introducción directa del sensibilizador en la emulsión.

La operación de la transformación de una placa ordinaria en ortocromática ó pancromática por inmersión, se llama cromatización al baño.

En general, con la cromatización al baño se obtiene un efecto ortocromático ó pancromático más considerable.

La cromatización al baño, hecha por uno mismo para obtener placas pancromáticas, es especialmente útil porque la poca conservación de todas las placas comerciales de este tipo hace que nunca se pueda tener la seguridad de poseer material sensible exento de velo.

Cuando se trata de ortocromatizar una placa con colores del grupo de las eosinas, toda precaución en el secado es supérflua; basta dejar secar en la oscuridad.

Pero cuando se trata de placas sensibilizadas con los sensibilizadores modernos derivados de la cianina ó isocianina, es absolutamente necesario para asegurar la transparencia acudir á medios que aceleren el secado.

El profesor Miethe valiése para ello de una estufa especial, que fabrica W. Bermpohl, de Berlín, Pflugstrasse, 6, que tiene un refrigerador de cobre para el aire que entra, el cual se despoja con ello de mucha humedad; un aparato calentador para llevar el aire á unos 30° y un ventilador para la aspiración. Con este aparato el secado se produce en menos de media hora.

Pero puede salirse también airoso de la empresa, más sencillamente, como propusimos, valiéndose de una cajita de madera con tapa que cierre bien, libre de la acción del aire. Se introduce en la caja una jarra de hierro conteniendo 1 kgr. ó más de cloruro de calcio fundido, que, siendo ávido de agua, mantiene perfectamente seco el ambiente, y con ello facilita el secado.

Cuando con el uso el cloruro de calcio se presenta húmedo, se quita el agua, calentando el recipiente citado en un hornillo hasta que deje de dar vapor.

Otro medio de facilitar el rápido secado de las placas consiste en utilizar para la sensibilización, baños que contengan mucho alcohol ó acetona.

Según el doctor Valenta, se puede sensibilizar en un baño que contenga $\frac{1}{3}$ aproximadamente de alcohol puro y acetona pura, sin perjuicio para la sensibilidad cromática, á la vez que el secado es acelerado bastante, de manera tal que puede dejarse se efectúe en la oscuridad espontáneamente sin que la placa vele.

Se puede hacer también la sensibilización con baño acuoso corriente ó inmergir después la placa en alcohol puro de 95°.

Después de la inmersión en el baño colorante, se aconseja en muchos casos lavar la placa durante algunos minutos, y también

hubo quien recomendó un lavado prolongado después de la inmersión en los sensibilizadores del grupo de la cianina ó de la isocianina para asegurar una conservación mejor.

Existe el hecho que, para placas cromatizadas al baño por medio de sensibilizadores del grupo de la cianina ó isocianina, un ligero lavado después del tratamiento es útil para la conservación mientras es inútil, sino perjudicial, un lavado prolongado.

Por nuestra parte aconsejamos sumergir simplemente la placa, sacada del baño cromatizante, en una cubeta grande llena de agua destilada.

Esto puede hacerse también con las placas sensibilizadas con baños preparados con colores del grupo de la eosina, y, en general, en todos aquellos casos en que la materia colorante no es retenida solamente por la gelatina, sino también por el aloide de plata, con el cual forma una especie de combinación ó de laca.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que no es posible lavado alguno cuando se hace obrar un baño que tenga á la vez el objeto de cromatizar la placa y colorar la capa de gelatina, comunicando á ésta última la propiedad de obrar como filtro de luz.

Las placas á cromatizar.—Para la sensibilización con los colores del grupo eosina puede servir cualquier placa al gelatinobromuro, incluso de rapidez considerable.

El efecto de la sensibilización cromática se observa especialmente en las placas extrarrápidas.

Para otros varios sensibilizadores indicados, como el violeta de etilo, rodamina B extrabase, etc., se pueda hacer la cromatización también sobre placas de notable rapidez.

Pero, en cambio, en lo que á los sensibilizadores del grupo cianina ó isocianina se refiere, sólo con placas de mediana rapidez es posible con la sensibilización al baño, y tomando las necesarias precauciones en el secado, obtener placas que no den velo en el desarrollo.

Con las placas extrarrápidas es inevitable un velo, incluso haciendo la sensibilización en la oscuridad, lavando bien la placa y haciéndola secar con los mejores sistemas indicados.

A veces el velo es lo bastante fuerte para hacer desaprovechable la placa.

Cuando se trata de trabajos de reproducción ó de selecciones tricomas ó de autocromias, es utilísimo valerse de placas al cloro-bromuro (placas para dispositivas).

Con profundos estudios, de los que hablamos en otras publicaciones, hemos podido establecer que las placas al cloro-bromuro son capaces de sufrir, especialmente con ortocromo mezclado con eritrosina y con pinacromo, una pancromatización suficiente para permitir una eficaz aplicación en la selección tricoma de pinturas y autocromias, mientras no hay que temer la producción de velo.

En las placas al cloro-bromuro no es posible obtener una sensibilización cromática tan enérgica como en las placas al gelatino-bromuro de mediana rapidez, pero sí la ventaja de la transparencia, bastante mayor en los negativos, y la de poder hacer la operación con la menor molestia posible. En efecto, se puede trabajar sin temor con una luz roja-rubí teniendo sólo la precaución de no dejar expuestas las placas mucho tiempo á esta luz, á la par que puede evitarse el acelerar el secado, con caja de ventilador ó con cajita de cloruro de calcio, sin que ello influya, muy poco ó solo en la transparencia de los negativos.

Estas placas se conservan perfectamente varios meses.

Hemos observado un hecho interesante y es el siguiente: Mientras las placas al gelatino-bromuro y especialmente las extrarrápidas toman por inmersión en una diluidísima solución de pinacromo una coloración violeta intensa, las placas al cloro-bromuro casi no cambian el color:

Ello induce á creer que mientras los granos de bromuro de plata madurados obran como mordientes enérgicos sobre el pinacromo y análogamente sobre otros colores que se comportan como sensibilizadores, los granos de cloro-bromuro que no estando sometidos á maduración tienen siempre una gran fineza, no despiden sino propiedades mordientes mínimas.

En las placas al cloro-bromuro, el lavado después de la cromatización es perjudicial, porque no estando el color fijado tan enérgicamente como en las placas al bromuro, se tiene una pérdida de efecto.

En las placas al cloro-bromuro se puede añadir el sensibilizador (con preferencia ortocromo, con ó sin eritrosina) á la emulsión, sin temor á la producción de velo.

Después de cuanto hemos dicho se comprende cómo las placas al cloro-bromuro pancromatizadas constituyen un material capaz de prestar excelente servicios en muchos casos, á la par que su preparación y el manejo es relativamente fácil.

Con ellas hemos obtenido magníficas selecciones tricomas de cuadros y de autocromías, como se puede comprobar observando las ilustraciones en colores de nuestro *Manuale i processi odierni per la fotografia dei colori*.

Recetas para la cromatización al baño de las placas al gelatino-bromuro.—Las placas sensibles al amarillo y verde se obtienen por inmersión en el baño siguiente:

Agua.	1.000 c. c.
Solución de eritrosina al 1 por 100.	10 —

La adición de 2 c. c. de amoníaco aumenta la sensibilidad cromática, pero la placa tiende á dar imágenes un tanto más duras.

Con la adición de 5 c. c. de solución de nitrato de plata al 1 por 100, y algunas gotas de amoníaco hasta obtener un líquido perfectamente claro, se obtiene un baño todavía más activo, pero placas de menor conservación.

Para obtener el máximo efecto es siempre conveniente hacer que preceda un tratamiento con agua destilada para eliminar el bromuro alcalino que retiene, y que obraría desfavorablemente, como ya explicamos, sobre la sensibilidad cromática, especialmente de las placas preparadas con los colores del grupo de la eosina. La presencia de bromuro alcalino anularía siempre por completo el mayor efecto, debido á la presencia de nitrato de plata en el baño cromatizante. Excelentes placas ortocromáticas pueden obtenerse con la rodamina indicada por D. A. Cappellari (*Prog. Fot.*, 1910) de acuerdo con los estudios efectuados en nuestro laboratorio.

Se hace la solución siguiente:

Rodamina (B extrabase) de la Badische Anilin und Soda Fabrik	1 gramos.
Agua	800 c. c.
Alcohol puro	200 —

Para el uso se toman 10 c. c. de esta solución y 90 de agua destilada. Se sumerge la placa en ella durante tres ó cuatro minutos, se retira y se deja secar en la oscuridad.

No podemos decir si esta rodamina, que también tiene interesantes propiedades cromatizantes, puede ó no prestarse para la preparación de baños cromatizantes más extensa, mezclándola con colores que obren de sensibilizadores para el anaranjado y rojo.

Nos reservamos experimentar tal comportamiento, dando de ello cuenta en el *Progreso Fotográfico*.

Para sensibilizar de manera especial para la zona azul del espectro que limita con el verde, se tomará:

Amarillo naftol.	5 gramos.
Agua destilada.	1.000 —
Nitrato de plata disuelto previamente en poca agua.	10 centigr.
Acido acético.	50 —

Para obtener placas pancromáticas sin recurrir á los sensibilizadores del grupo de la cianina ó de la isocianina, se puede utilizar la receta siguiente, aconsejada por el doctor Valenta:

Solución de violeta de etilo (1 : 5.000).	100 partes.
» de eritrosina (1 : 500).	20 —
» de eosina (monobromofluoresceína, 1 : 500)..	30 —

Se toman 15 c. c. de esta mezcla, 500 de agua y 2 de amoníaco. Se sumerge la placa durante tres minutos y se lava un instante.

Estas placas, que con exposición suficientemente prolongada pueden reproducir también el anaranjado y el rojo, no resisten, comparadas con las preparadas al rojo de etilo ortocromo ó pinacromo.

Las siguientes son buenas recetas de pancromatización, en las cuales entra la cianina, publicadas por el doctor Eberhardt en 1899. Hoy, con los sensibilizadores del grupo de la isocianina, han perdido gran parte de su importancia práctica y sólo pueden ofrecer un interés científico.

A. Eritrosina (1 : 500)	2,0 á 3,0 c. c.
Nitrato de plata (1 : 10)	pocas gotas.
Amoníaco	0,5 c. c.
Rojo de quinolina (1 : 500)	1,5 —
Cianina (1 : 500)	0,3 á 0,5 —
Alcohol	50,0 —
Agua dsstilada	50,0 —
B. Amarillo de acridina (solución de alcohol saturada)	6,0 c. c.
Cianina (1 : 500)	2,0 —
Eosina de tinta amarilla (1 : 500)	2,0 —
Alcohol	50,0 —
Agua destilada	50,0 —

En el baño B, en lugar de la eosina, se puede usar el rojo de quinolina (1 c. c. de la solución 1 : 500); pero en tal caso se pondrá de 0,5 á 1 c. c. de cianina.

El baño A da placas sensibles á todo el espectro, pero que no se conservan sino pocas días. El baño B ó el B modificado son menos eficaces, pero dan placas más conservables.

Con los nuevos sensibilizadores Miethe y Koenig, el baño de preparación de los baños cromatizadores es, puede decirse, igual para todos.

Se hace una solución al 1 por 1.000 del sensibilizador rojo de etilo, ortocromo, pinacromo, pinacianol, dicianina.

Esta solución puede hacerse completamente alcohólica ó con mitad de agua destilada y mitad de alcohol puro; téngase la precaución de conservarla en la oscuridad.

Para el uso se toma:

Agua destilada	200 c. c.
Solución colorante (1 : 1.000)	3 á 4 —

En este baño pueden sensibilizarse 8 placas de 9×12 como máximo.

Una vez usado el baño, se tira. Se deja la placa dos ó tres minutos en el baño sensibilizador, se lava después rápidamente y se seca. La adición de una pequeña cantidad de amoníaco, frecuentemente aconsejada, es perjudicial para la transparencia y conservación de la placa.

Si se usa un baño que contenga alcohol, puede servir el baño mucho tiempo. Según el doctor Koenig, puede tomarse, pues:

Agua destilada	200 c. c.
Alcohol puro de 95°	100 —
Solución colorante (1 : 1.000).	4 á 6 —

Las placas se dejan tres ó cuatro minutos y se secan después sin lavado alguno.

En este baño se pueden sensibilizar de 12 á 18 placas 9×12 ; después, se reforzará el baño con adición de 2 á 3 centímetros de solución colorante.

Contrariamente á cuanto ocurre con el baño preparado con agua sola, este baño, después de usado, puede conservarse incluso en sitio oscuro.

Si se considera la cantidad de materia colorante absorbida por la placa, se observa que no llega á $\frac{1}{4}$ de miligramo en una placa de 9×12 . Y esta tan infinitésima cantidad, es suficiente para darla una notable sensibilidad cromática.

Acción de las mezclas de sensibilizadores.—Cuando se considera el comportamiento espectrográfico de las placas cromatizadas con sensibilizadores únicos, se observa siempre que para cada sensibilizador existen uno ó más mínimos de sensibilidad.

Y para obtener una sensibilización uniforme sin mínimos perjudiciales, es bastante útil recurrir á mezclas de colores que permitan una compensación de los mínimos.

Pero también cuando los colores pueden ser mezclados sin reacciones químicas perjudiciales, se verifica siempre que uno perjudica la entidad de sensibilización del otro.

Así, pues, la sensibilización con una mezcla de pinacianol y rojo de etilo, da placas menos sensibles al rojo que las preparadas con pinacianol solo, y menos sensibles al verde que las preparadas con rojo de etilo; pero la sensibilidad para el rojo es siempre mejor que la que da el rojo de etilo y la del verde mejor que la que da el pinacianol.

Sobre la acción de las mezclas de sensibilizadores ópticos, hizo recientemente (1910) un estudio el doctor G. Daur, que reproducimos:

Estos experimentos fueron hechos con los colorantes siguientes: Para el grupo de las eosinas, sobre la aureosina (diclorofluoresceína), la eosina y la eritrosina, propiamente dichas, y el rosa bengala. Para el grupo de las isocianinas, sobre el rojo etilo, el pinaverdol, el pinacromo, el isocol (mezcla de diversas isocianinas) y finalmente el pinacianol (¹), para el grupo de las cianinas sobre la dicianina.

Fueron experimentados, en fin, algunos colores (que aisladamente no tienen sino un poder sensibilizador en extremo débil), mezclándolos con los sensibilizadores más activos; estos colores son el rojo de quinoleína, rojo glicina y violeta de metilo.

Los ensayos espectrográficos fueron hechos en un espectrógrafo provisto de un retículo de difracción estampado, de Thorp.

El examen del espectrógrafo hízose fotografiando sucesivamente los rayos de un arco de mercurio, de una cinta de magnesio en combustión y de una llama de gas colorada con una sal de sodio.

La iluminación del espectrógrafo estaba asegurada en condiciones perfectamente constantes con una lámpara Nernst cuyo filamento proyectaba su imagen sobre la hendidura.

La sensibilización se hace siempre en completa oscuridad, y, salvo indicación contraria, por inmersión de tres minutos en un baño mantenido en movimiento á la temperatura de 16° C. El secado hízose á 25° con una corriente de aire previamente desecada por congelación; la duración del secamiento fué de media hora.

El desarrollo se hizo con duración constante (ciento cincuenta segundos) en un revelador nuevo al edinol, utilizado á la temperatura de 16°, después de lo cual los negativos, rápidamente lavados, fueron fijados en baño ácido.

En las mezclas, cada colorante utilízase en dosis igual á la mejor para su empleo aislado, dosis determinada empíricamente.

Mezclas de eosinas—La aureosina, que, por sí misma, es un sensibilizador muy mediocre, mejora notablemente los efectos de la eosina, la eritrosina y el rosa bengala; en el caso de la eosina, la sensibilidad cromática, muy inferior todavía á la sensibilidad inicial, es aumentada notablemente; con el rosa bengala alcanza y con la eritrosina excede, posando suficientemente la sensibilidad propia de la placa para el azul y el violeta; se comprueba el mismo buen efecto mezclando la eosina con la eritrosina, con la cual la densidad del máximo en el amarillo-verde es superior á la del máximo primitivo en el azul; la mezcla de eosina y rosa bengala da, por el contrario, resultados inferiores á los proporcionados por el rosa bengala empleado solo.

(¹) Según el doctor Daur, no puede decirse pertenezca propiamente el pinacianol al grupo de las isocianinas.

Mexclas de isocianinas.—Para cada uno de los sensibilizadores estudiados se han sensibilizado dos placas, de las cuales, una fué lavada con agua corriente durante cinco minutos, antes de ser puesta á secar, y la otra sumergida durante igual tiempo en alcohol á 96 por 100. La placa pasada al alcohol fué la única que dió una imagen pura y utilizable; fué siempre superior, en mucho como pureza y como vigor de imagen, á la placa pasada en agua; también la sensibilidad cromática fué más completa.

Pinaverdol + Rojo etilo.—La sensibilidad cromática excede de la sensibilidad propia de la emulsión para el azul; los mínimos son atenuados bastante.

Pinaverdol + Pinacromo.—La curva de sensibilidad se aproxima á la del pinaverdol empleado sólo; los mínimos, ya bastante atenuados por la pose corta, desaparecen á la larga, ya que la densidad es entonces prácticamente uniformada de 450 á 600.

Pinacromo + Rojo etilo.—Tanto la sensibilidad cromática como la sensibilidad general se alejan poco de la del pinacromo.

Pinaverdol + Isocol.—Da una excelente placa ortocromática que, sin pantalla, reproduce el amarillo y el verde en valores más claros que el azul y el violeta; el carácter de esta placa se aproxima á la «Percromo» Perutz, pero es más sensible que ella.

Rojo etilo + Isocol.—El comportamiento general de la curva es el del rojo de etilo con un poco más de extensión en el rojo, pero predomina considerablemente la sensibilidad para el azul.

Pinacromo + Isocol.—La placa lavada en alcohol se vela y la lavada en agua aparece cubierta de manchitas.

Pinacianol + Pinaverdol.—El carácter general es el de una placa al pinacianol, pero con una disminución del mínimo en 500, una sensibilidad más extendida y considerablemente aumentada en el rojo y un equilibrio mayor entre el azul y la región verde amarillo-rosa; las dos placas tanto la pasada en alcohol como la lavada al agua, son ligeramente veladas.

Pinacianol + Rojo etilo.—El carácter general es el de una placa al pinacianol con un mejoramiento como en la precedente mezcla, pero menos pronunciado.

Pinacromo + Pinacianol.—El carácter general es el de una placa al pinacromo, pero con una extensión en el rojo hasta el límite de sensibilización del pinacianol.

Isocol + Pinacianol.—El carácter general es el de una placa al pinacianol, pero con una acentuación del mínimo en 500; para largas poses la sensibilidad cromática excede de la sensibilidad propia para el azul.

Dicianina + Pinaverdol.—La sensibilidad aumenta gradualmente hasta los 535 y descende después continuamente hasta el límite de sensibilidad hacia 740.

Dicianina + Rojo etilo.—Curva bastante compleja con predo-

minio considerable de la sensibilidad propia del azul sobre la sensibilidad cromática.

Dicianina + Pinacromo.—Marcado predominio de la sensibilidad al azul sobre la sensibilidad cromática.

Dicianina + Isocol.—Los mejores resultados se obtienen sensibilizando sucesivamente en los dos baños conteniendo cada uno un solo color.

Si se sensibiliza primero en isocol, después en la dicianina, la sensibilidad general es más grande, pero, salvo para largas poses, la sensibilidad al rojo es notablemente inferior á la sensibilidad al amarillo; sensibilizando en orden inverso la sensibilidad general es menor, pero más homogénea.

Dicianina + Pinacianol.—Curva que recuerda la del pinacianol empleado sólo, pero el velo es fuerte.

Mezclas de eosinas y de isocianinas.—Los colorantes no son incompatibles y no es sino después de largo tiempo, después de usarla, dejándola en el aire, cuando la solución precipita una sal insoluble procedente probablemente de la combinación de la cianina con el radical ácido de la eosina. Citaremos solamente, á título de ejemplo, las dos mezclas siguientes:

Rojo etilo + Eritrosina.—El carácter general es el de una placa á la eritrosina, pero la sensibilidad cromática excede á la sensibilidad al azul y se extiende en el rojo hasta el límite de la sensibilización del rojo etilo.

Pinacianol + Eosina.—El carácter general es el de una placa al pinacianol, pero con un aumento de la sensibilidad cromática que alcanza y excede todavía la sensibilidad para el azul.

Mezclas de eosina y de isocianina con el rojo glicina el rojo de quinoleína y el violeta de metilo. La adición de uno cualquiera de estos sensibilizadores poco activos á un colorante de la clase de la eosina, y, en particular, la eritrosina, no modifica la sensibilidad general, pero aumenta la sensibilidad cromática, que excede entonces la sensibilidad al azul.

Las mezclas de estos colorantes con las isocianinas, no parece presentan interés práctico alguno; hay que indicar además que, en el empleo del rojo glicina, las placas son de caracteres muy diferentes, según sean lavadas al agua ó en alcohol; las pasadas en agua presentan los caracteres del rojo glicina y las pasadas en alcohol los de la isocianina empleada, apenas modificada.

Conclusiones que se deducen de la tabla.—La tabla indica para cada mezcla de colorantes la posición de los máximos, la cual, como se observa, es generalmente distinta de la de los máximos de uno ú otro colorante, tomado aisladamente.

En la primera columna de esta tabla, los colorantes están escritos en orden tal, que una placa sensibilizadora, en una mezcla de dos de ellos, se aproxima, por su carácter general, á la propie-

dad que le hubiera dado el primero de los dos sensibilizadores anotados, usado aisladamente.

Los resultados varían según se apliquen los colorantes á la emulsión, simultánea, ó sucesivamente; según se escoja una ú otra de estas dos maneras de operar, el puesto de los máximos es el mismo; pero, en cambio, varía su valor relativo.

Se observará que, por el hecho de la mezcla de dos colorantes, el cambio de posición de un máximo en el rojo se efectúa siempre en dirección del azul, y que el del máximo del anaranjado se efectúa siempre hacia el rojo; no parece existir regularidad alguna en lo que se refiere á las variaciones de los máximos situados en el verde y en el amarillo.

Cromatización del colodión húmedo.—El colodión húmedo se presta mal á la ortocromatización, especialmente por el hecho que el baño de nitrato de plata modifica muchos colores y da lugar fácilmente á manchas de reducción.

Según Vogel, un buen colodión ortocromático se obtiene haciendo una solución alcohólica de dos eosinas, una amarillenta y azulada la otra, poniendo 2 gr. de cada una para 1 litro de alcohol de 95° y tomando después 5 c. c. de esta solución por cada 95 c. c. de colodión. Vogel prefiere, para la preparación ortocromática, un colodión á base completamente, ó casi, de bromuro, que se obtiene añadiendo al colodión normal 18 á 20 gr. de bromuro de cadmio (disuelto en alcohol) por litro de líquido final.

No decimos más referente á la cromatización del colodión, sino que, á la vez que presenta notables dificultades, no tiene importancia práctica alguna, teniéndose en la emulsión de colodión un preparado ideal, desde el punto de vista de la tendencia, á sufrir la sensibilización cromática, á la par que, por los caracteres y fuerza del grano y comportamiento, puede sustituir el colodión húmedo en todas sus aplicaciones.

Cromatización de la emulsión de colodión.—No nos extendemos mucho sobre este argumento, ya que está desarrollado de más amplia manera en nuestro *Manuale di fotografia dei colori*.

El barón Hübl dió las siguientes indicaciones y recetas para la cromatización de la emulsión de colodión, recetas que responden perfectamente en la práctica.

Para aumentar la sensibilidad para el amarillo y verde:

A 1 litro de emulsión se añade 25 c. c. de solución alcohólica de eosina, 1 : 150, ó 15 de rodamina, 1 : 150.

Para aumentar la sensibilidad para el rojo:

A 1 litro, 10 c. c. de solución alcohólica de violeta de etilo, 1 : 500.

Para aumentar la sensibilidad para el anaranjado, amarillo y verde:

A 1 litro, 10 c. c. de solución alcohólica rojo de etilo (de Miehle), 1 : 500, ó 40 c. c. de pinaverdol, 1 : 1.000.

Para aumentar la sensibilidad para todos los colores:

A 1 litro, 30 c. c. de solución de pinaverdol, 1 : 500, y 5 de violeta de etilo, 1 : 500.

Es conveniente, después de extendida la emulsión sobre la placa, sumergir ésta en agua para quitar el exceso de color, lo que aumenta la sensibilidad. Para la tricromía se preferirá, en el caso del filtro verde, la placa sensibilizada á la eosina, y para el filtro rojo anaranjado, la placa sensibilizada al pinaverdol ó violeta de etilo. Para el filtro violeta conviene usar también esta última placa, si bien no es necesario en absoluto.

La dicianina se presta también regularmente para sensibilizar la emulsión de colodión (usada en proporciones análogas á los otros sensibilizadores antes indicados). Esta sensibiliza la emulsión al colodión hasta la longitud de onda 720 $\mu\mu$.

No parece ocurra así también para la sensibilización de la emulsión de colodión, con el pinacromo.

Además, las fábricas de emulsiones de colodión venden, aparte de la emulsión lista para el uso, los diversos sensibilizadores para cromatizarla, según las necesidades de cada caso.

Así lo hacen las más importantes fábricas de emulsión al colodión, ó sean, la del doctor Albert, de Munich (Baviera), y la de Sillib y Brückmann, también de Munich.

Para la tricromía se vende soluciones que contienen, junto al sensibilizador óptico, una materia colorante destinada á colorar fuertemente la emulsión, comunicando así á la placa una acción filtrante.

El efecto cromatizante de los sensibilizadores sobre la emulsión y el efecto filtrante, son tales, que se pueden efectuar selecciones tricromas sin filtro de luz alguno.

Las preparaciones pancromáticas para la fotografía en colores con placa de mosaico.—En este MANUAL no decimos nada sobre la fotografía en colores con placa de mosaico, ya porque el argumento lo tratamos extensamente en nuestro *Manuale sulla fotografia in colori*, y porque los principios químicos son los mismos de los otros procedimientos aquí considerados.

Nada hay de parte química en los procedimientos de fotografía en colores, y especialmente en los basados en la tricromía (y asimismo en el proceso de autocromía Lumière y procedimientos análogos con placas de mosaico) que no esté considerado en el citado *Manuale*.

En los procedimientos de fotografía en colores tiene la mayor importancia la sensibilidad cromática de la preparación sensible, la cual debe ser tal, que corresponda á las exigencias peculiares de estos mismos procedimientos.

Cuanto hemos dicho en este capítulo puede ser suficiente para comprender cuáles son los sensibilizadores más indicados para cada caso.

El pinacromo es, entre todos, el que hasta ahora se presta mejor y el que es objeto de mayor aplicación.

CAPÍTULO XLII

LOS FILTROS DE LUZ Ó PANTALLAS

Como ya dijimos, el empleo de placas ortocromáticas no conduciría, en general, prácticamente, á resultados distintos de los que se obtienen con placas ordinarias, sin recurrir al empleo de las pantallas coloradas ó filtros de luz.

La pantalla debe escogerse, racionalmente, tomando por base los colores del asunto á reproducir, la sensibilidad de las placas y la calidad de la luz iluminante. Se comprende tenga ésta gran influencia; si se usara para hacer una reproducción de una pintura, en la que prevalecieran colores amarillos, una luz artificial de gas ó eléctrica de incandescencia, sería posible, dada la abundancia de rayos amarillos de la luz, trabajar incluso sin pantalla, y cuando se utilice la luz solar, si es directa en lugar de difusa, siendo la primera más rica en rayos amarillos, se podrá emplear con ella una pantalla de un amarillo más claro.

En un ortocromatismo racional es de gran importancia establecer la pantalla en relación con la sensibilidad de la placa. El profesor Bonacini en su *Manuale de fotografia ortocromática* hace observar con bastante acierto, el hecho que entre la placa dotada de sensibilidad cromática y la pantalla, debe existir cierta relación de complementariedad cromática. Observando el espectro reproducido por cierta placa ortocromática á emplear, debería hacerse de manera que, aquellos colores que producen mayor acción gráfica, sean los que en grado menor pueden atravesar la pantalla; mejor dicho, la pantalla debería tener la máxima transparencia para los colores que ejercen menor acción. Esta pantalla que el profesor Bonacini (que fué el primero en proponerla) llama complementaria, de ser posible obtenerla del color perfectamente preciso, permitiría obtener un ortocromatismo perfecto completo, independiente del color del asunto á reproducir. El ecrán debiera combinarse únicamente en relación con los cambios de la luz iluminante.

Este filtro único podría conseguirse con muchos ensayos; pero no sería exacto sino para un solo tipo de placa ortocromática de una fábrica dada, y, forzosamente, la exactitud absoluta sólo subsistiría para aquella emulsión dada sobre la que se ha hecho el experimento.

Pero, de todos modos, este filtro complementario, que sería bastante ventajoso para la exactitud de la reproducción de los valores, debiendo absorber gran parte de los rayos más activos, tendría el inconveniente de prolongar la pose de manera enorme.

En la práctica, siendo así que satisface por lo general un ortocromatismo parcial y se desea á la vez abreviar la posa lo más posible, se recurre á filtros de luz que sólo obran parcialmente, esto es, que atenúan tan sólo moderadamente la acción de los rayos más activos.

Con las placas ortocromáticas sensibles al amarillo y al verde se emplea, generalmente, una pantalla de color amarillo; sólo por excepción, para eliminar completamente la acción de los rayos rojos, que pasan en parte á través de la pantalla amarilla, se puede usar la pantalla verde. La pantalla amarilla es atravesada especialmente por los rayos amarillos y también, en grado menor, por los verdes y anaranjados; los rayos azul y violetas, son retenidos tanto más cuanto más cargado es el color amarillo de la pantalla.

Preparación de los filtros amarillos.—No hablamos extensamente de la preparación de los filtros de luz, de las extraordinarias precauciones necesarias para obtener filtros que no influyan perjudicialmente en las calidades ópticas del objetivo, de su control, etc., etc. Este argumento lo desarrollamos ampliamente en nuestro *Manuale di fotografia in colori* y en el otro sobre *L'Ortocromatismo e filtri di luce*.

Nos limitaremos á decir que los mejores filtros amarillos para ortocromatismo, no son los de vidrio, colorados con pasta, sino los obtenidos con gelatina colorada de amarillo, extendida sobre los cristales.

No solo con la coloración de la gelatina, pueden obtenerse filtros de una intensidad de amarillo dosada como se desee; también es posible producir una completa absorción de los rayos ultravioletas, ya sea con el empleo de materias colorantes amarillas, dotadas de fuerte poder absorbente, para los rayos ultravioletas ó con adición á la gelatina de sustancias que absorban tales rayos.

Entre éstas, la esculina tiene la máxima eficacia. La esculina se obtiene de la corteza del *aesculus hypocostanum*; es una sustancia blanca, soluble en alcohol, pero poco soluble.

Basta la presencia de 0, 1, á 0, 2, en 100 c. c. de solución de gelatina, para obtener con ésta, extendida sobre la placa, una capa que absorbe fuertemente los rayos ultravioletas,

El sulfato de quinina, obra también de absorbente de los rayos ultravioleta, pero mucho menos que la esculina.

Los colores del alquitrán más aconsejados en estos últimos tiempos para la preparación de filtros amarillos, eran la auranina, el ácido péricico y los picrados, el amarillo de naftol, la tartracina, (esta última especialmente); con la adición de una pequeñísima cantidad de rodamina se puede dar una *nuance* más anaranjada, si es necesario.

Existe hoy día una materia colante amarilla especial, llamada amarillo K, para filtros rápidos, estudiada por el doctor Koenig, (y puesta á la venta por la Casa Farbwerke Vorm., Meister Lucius y Bruning, de Hoechst), que, incluso á intensidad limitada, proporciona filtros de luz, bastante eficaces, que absorben completamente el ultravioleta, incluso sin adición de esculina y atenúan el azul y violeta, dejando pasar íntegramente los rayos menos activos.

A una solución de gelatina, al 8 por 100 se añaden 8 c. c. de solución de amarillo para filtros á 1 por 100 y, se extiende sobre la placa de vidrio á razón 7 c. c. por decímetro cuadrado. Se obtiene así un filtro de color amarillo claro.

Tomando 15 c. c. de solución de color amarillo, se obtiene un filtro de mayor intensidad, pudiéndose ir más allá también si se desea.

Siempre es útil preservar los filtros de luz así preparados cubriéndolos con otra placa perfecta, preparándola con bálsamo del Canadá disuelto con cloroformo.

Modo de usar el filtro de luz.—El sitio preferible para el filtro de luz sería entre los lentes en la posición de los diafragmas, pero esto no puede hacerse sino en las pantallas peliculares y, aún con éstas, no todos los objetivos. En general, la pantalla se coloca delante del objetivo, de manera que el plano de la pantalla resulte proporcional al eje del objetivo. Si el filtro de luz se coloca detrás del objetivo, hay que considerar que la distancia focal sufre una reducción igual á $\frac{1}{3}$ del espesor del vidrio que constituye la pantalla. Esto se deduce considerando que el índice de refracción del aire en el vidrio, es de $\frac{3}{2}$. Si el vidrio es muy sutil y el objetivo tiene una regular profundidad focal, la influencia de la pantalla puede resultar inservible. Usando películas de colodión colorado y objetivos perfectamente correctos cromáticamente, no resulta un alejamiento apreciable del foco. Cuando se emplean pantallas líquidas, el acortamiento que sufre la longitud focal es siempre de cierta importancia y puede calcularse con buena aproximación, teniendo en cuenta que los dos cristales de las dos caras de la cubeta, producen un acortamiento del foco, que corresponde á $\frac{1}{3}$ de su espesor compresivo y que la capa líquida, acuosa ó alcohólica que se encuentre en el vaso produce un acortamiento de $\frac{1}{4}$ de su espesor. Si, por ejemplo, el espesor compresivo de dos vidrios es de $\frac{1}{4}$ de cm. y el del líquido de un centímetro, el foco se acortará de $\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{10}{24}$ de centímetro; esto es, casi $\frac{1}{2}$ centímetro. En algunos casos, cuando para prolongar bastante la acción de ciertos colores inactínicos (especie del rojo), se emplean pantallas tales que, eliminen casi por completo la acción de los rayos azul y violetas, es necesario antes ó después de la posa con pantalla, exponer algunos instantes sin pantalla, para hacer, con ello, que puedan obrar también los colores actínicos. Otras veces

puede ser necesario también el empleo sucesivo de dos pantallas, para hacer resaltar mejor ciertas partes del asunto á reproducir.

Requisitos que debe poseer un buen filtro de luz para fotografía ortocromática.—Según el doctor Mees, que ha profundizado mucho la cuestión, un buen filtro de luz para fotografía ortocromática debe poseer los requisitos siguientes:

1. Producir la absorción completa de la luz perteneciente á la parte del espectro que esta pantalla está destinada á absorber.
2. Producir la absorción parcial y no completa de los rayos luminosos que la pantalla debe atenuar.
3. No absorber la luz que debe transmitir.

Es interesante saber hasta qué punto en la fotografía ordinaria entra el efecto de la luz ultravioleta. Esta cuestión fué estudiada por Ives, en América, y por los doctores Mees y Sheppard, y los tres llegaron á las siguientes conclusiones: sin el empleo del vidrio, los dos tercios de la acción producida sobre la capa sensible sería debido á los rayos ultravioleta; pero en presencia del vidrio un tercio solamente de la acción total es producida por el ultravioleta.

Newton y Bull demostraron que el ultravioleta ejerce una influencia todavía mucho más importante cuando se emplean las lámparas de arco cerradas y con el procedimiento al colodión húmedo, y fueron los primeros en llamar la atención sobre el empleo de los ecrales á la quinina y á la esculina.

La acción de los rayos ultravioletas produce un efecto desastroso en la reproducción de los colores. Estas radiaciones, que son invisibles á la vista y cuya intensidad no puede calcularse, desnaturalizan por completo el valor de los colores.

Podemos darnos cuenta de la importancia de estos efectos del ultravioleta recordando algunos experimentos hechos con el blanco de China, por Newton y Bull.

Extendieron sobre papel una serie de blancos de China, de modo que formasen una especie de gama (blanco de China ordinario, blanco albanina, blanco especial de Reeves, etc.) y reprodujeron este papel sobre una placa al colodión húmedo, sirviéndose como fuente luminosa de una lámpara de arco, cerrada. Pues bien, el blanco de China y uno de los otros blancos se reprodujeron como grises, demostrando con ello que estos llamados blancos, absorben fuertemente el ultravioleta; el valor de los blancos se encuentra, pues, alterado por completo. El experimento demostró que el empleo de una pantalla, á base de esculina, permite evitar este defecto.

Cuando se prepara una pantalla á la esculina, esta pantalla, que no presenta trazas de coloración, retiene completamente el ultravioleta, y si se emplea para la reproducción del blanco de China, se evita el gris provocado por la absorción del ultravioleta.

La mejor manera de comprobar si una pantalla absorbe completamente el ultravioleta consiste en fotografiar el espectro, con preferencia el espectro de una lámpara de arco cerrada á través de esta pantalla.

Pero volviendo á los filtros para fotografía ortocromática, hay que considerar un segundo extremo, y es el siguiente:

No solo debe absorber completamente nuestra pantalla los rayos ultravioleta, que falsean los colores, sino que también debe atenuar la acción de los rayos azul y violetas, pues de otro modo ejercerían una acción sobre la placa sensible, desproporcionada á su valor ó claridad para la vista.

Es necesario, además, que la absorción del azul y del violeta no sea completa. El azul es un color relativamente claro, el violeta es más intenso, pero no es negro, y para obtener una reproducción correcta de los colores es necesario que nuestro ecrán distingua el azul del violeta; el violeta debe hacerse como gris muy oscuro.

Esto quiere decir que nuestra pantalla no debe tener una curva de absorción brusca, cortando totalmente una parte del espectro, sino una curva de absorción gradual, que atenúe el azul y violeta sin excluirlos completamente.

Para ver si la pantalla llena las condiciones expuestas basta examinarla á través de una pantalla violeta oscuro. Sobreponiendo la pantalla violeta oscuro y la ortocromática, debemos tener sobre el vidrio limpio un poco de luz violeta. Examinados por transparencia deben mostrar los dos ecranes una ligera tinta violeta y no ser de una tinta completamente roja ó negra. Una pantalla azul, en las mismas condiciones, debe aparecer verde azulado y no verde oscuro.

La tercera condición es que la pantalla no absorba rojo ni verde.

La absorción del rojo y del verde es luz perdida, contribuyendo tales radiaciones á la formación de la imagen. Si examinamos la pantalla ortocromática á través de una pantalla amarillo intenso, no debemos notar la menor absorción. La luz amarilla consiste en una mezcla de radiaciones rojas y verdes y la pantalla amarilla transmite esta mezcla de rojos y verdes. Gran número de pantallas del comercio absorben las radiaciones que deberían transmitir.

Las pantallas verdes absorben la luz roja; cuando se emplean con placas no sensibles al rojo ello no constituye un inconveniente; pero tampoco es una ventaja.

De todo lo dicho resulta que una buena pantalla para fotografía ortocromática debe:

1. Absorber completamente el ultravioleta.
2. No debe absorber completamente, sino tan sólo una gran parte de la luz violeta y de la luz azul.

3. No debe absorber el rojo y el verde, que son necesarios para la formación de la imagen.

Se dice á menudo que ciertas pantallas son especiales para una calidad de placas determinadas, pero conviene examinar el valor de tal afirmación.

La pantalla ortocromática tiene por objeto permitir obtener una reproducción de los colores en clarooscuro, que se aproxime á la claridad visual de los colores mismos, mucho más de cuanto se efectúa con el empleo de la placa ordinaria.

Si la placa que se emplea es una placa pancromática, podemos preparar evidentemente una pantalla de manera tal, que la impresión que recibe la placa corresponda al grado de claridad de los colores para la vista; así, pues, el amarillo impresionaría al máximo y el violeta al mínimo. La curva de sensibilidad correspondería á la de luminosidad para la vista. Pero con una placa ortocromática, esto es, sensible al violeta como una placa ordinaria y cuya sensibilidad llega sólo al amarillo verde, no es posible ajustar la pantalla de manera que se tenga la correspondencia de las curvas de sensibilidad ó de claridad, á menos de recurrir á una pantalla que produzca una absorción enorme y que por lo mismo no sería utilizable.

Un último punto á considerar es el que se refiere á la perfección de los cristales de que está formada la pantalla, y su selección. No basta que la pantalla tenga la coloración deseada, sino que es necesario también que los cristales utilizados para su fabricación tengan las cualidades ópticas exigidas, á fin de que la interposición de la pantalla no perjudique la nitidez de la imagen.

Para verificar si una pantalla no presenta defecto alguno desde este punto de vista, se hacen dos cortes en forma de cruz en un cartón opaco; se ilumina fuertemente esta cruz por transparencia, y se hace caer la imagen de esta cruz luminosa sobre la pantalla, mantenida inclinada como un espejo. La pantalla nos reflejará una doble imagen de esta cruz, una blanca, proyectada por la cara anterior de la pantalla, una colorada (del color del écran), formada en la cara posterior de éste. Moviendo ligeramente, de manera que caiga la imagen de la cruz en diversas posiciones, las dos imágenes de la cruz deben alejarse proporcionalmente una de otra.

Si ello ocurriera, significaría que las caras no son perfectamente planas, y el empleo de tal pantalla produciría una alteración de la imagen.

Las pantallas de poco precio, del comercio, no pueden ofrecer gran perfección óptica comparable á la que tiene un buen objetivo; pero para los fines de la fotografía profesional, ó de aficionados, pueden ser suficientes. Todos deben poder soportar la prueba rudimentaria antes citada. Cuando se quieren pantallas de gran precisión, destinadas especialmente á ser utilizadas con objetivos de

gran foco, es necesario emplear pantallas en las que la capa colorada esté situada entre dos placas trabajadas ópticamente, y, por lo tanto, de caras rigurosamente planas y paralelas. Esto cuesta un trabajo no menos notable que el necesario para dar á una lente la curva pedida para la construcción de un objetivo perfecto, y, por lo mismo, tales pantallas cuestan caras.

Control espectrográfico de los filtros de luz y representación gráfica.—Puede resultar bastante ventajoso establecer el comportamiento de cierto filtro de luz respecto á la absorción que puede producir para las radiaciones de la cruz blanca. Si se efectúa la fotografía de un espectro solar sobre una placa pancromática sin empleo de filtro alguno, después, empleando cierto filtro de luz, y se sacan los diagramas de opacidad en correspondencia con las diferentes longitudes de onda (véase el capítulo siguiente), se obtienen dos curvas que permiten verificar el comportamiento del filtro de luz y su tendencia á corregir las deficiencias de sensibilidad cromática de la placa.

Incorporación del filtro de luz á la capa sensible.—En la página 378 vimos que, añadiendo á la emulsión de colodión-bromuro, además del sensibilizador óptico, una materia destinada simplemente á dar determinado color á la emulsión misma, se pueden obtener capas sensibles capaces de ser usadas sin filtro de luz alguno, incluso en las selecciones tricromas.

En las placas al gelatino-bromuro no se ha llegado á tanto; pero sí á buen punto.

Puede prepararse uno mismo una excelente placa ortocromática, buena para muchos trabajos sin filtro, con el baño siguiente:

Agua destilada	900 c. c.
Amarillo para filtros (Koenig)	5 gramos.
Solución de eritrosina al 1 por 500. .	20 c. c.

Se toma una placa extrarrápida, se sumerge durante tres ó cuatro minutos en este baño y se deja secar después espontáneamente. Se obtiene una placa intensamente colorada de amarillo; pero que pierde fácilmente la coloración con el lavado. La sensibilidad es reducida á la mitad, ó menos, de la primitiva; pero se obtiene una buena atenuación de la acción del azul, igual como se obtiene sin filtro en el negativo, el negativo más cubierto de azul. Estas placas son conservables.

Una placa así preparada es más eficaz que las que se encuentran en el comercio, para usar sin filtro, porque en éstas, por no reducir demasiado la sensibilidad, se añade una cantidad de color amarillo mucho menor. Pero también la placa preparada como hemos dicho puede servir perfectamente para hacer instantáneas al sol.

También otros sensibilizadores pueden ser empleados junto con colorantes; el pinacianol, especialmente.

El pinacromo, en cambio, no sirve.

El doctor Koenig da la receta siguiente, para preparar una excelente placa pancromática:

Agua destilada	600,0 c. c.
Amarillo para filtros rápidos	5,0 gramos.
Eritrosina	0,1 —
Alcohol puro de 95°.	300,0 c. c.
Solución de pinacianol al 1 por 1.000.	6,0 —

La placa preparada mediante tratamiento con este baño hace que resulte bueno no sólo el amarillo y verde, sino también el anaranjado, mientras queda atenuado el azul. Pero la conservación de estas placas es limitada.

La Casa Farbwerke, de Hoechst, vende, con el nombre de *pinortol*, una solución que tiene precisamente los fines del baño mixto antes indicado, pero que obra más eficazmente todavía. Se toman 5 c. c. de la solución de pinortol, 30 c. c. de alcohol y 65 de agua, y en ella se sumerge la placa durante tres á cuatro minutos. Este baño puede servir para diez placas 9 × 12.

El efecto es tan notable, que se puede reproducir una tabla de colores sin filtro alguno, obteniendo en la positiva los valores de los colores en el orden de claridad siguiente: amarillo, anaranjado, rojo, verde, azul y violeta.

Esto es, se tiene, sin filtro alguno de luz, la reproducción de los colores en correcto claro-oscuro.

La sensibilidad general, sin embargo, es reducida á un tercio, aproximadamente.

Los filtros de luz de contrastes. — En la fotografía ordinaria ortocromática, el filtro de luz tiene por objeto, como hemos visto, mejorar el efecto de claro-oscuro de manera que esté en relación con los valores para la vista de los diversos colores.

Pero á veces se quiere obtener diverso resultado, esto es, se desea acentuar aquellos contrastes que la placa ordinaria usada sin pantalla no puede dar suficientemente.

A veces el efecto de contrastes se alcanzará aplicando los principios ordinarios del ortocromatismo. En efecto; si se tuviera que reproducir un asunto formado por los dos colores violeta y blanco (tal es, por ejemplo, un escrito á máquina obtenido con tinta violeta sobre un papel blanco), se recurrirá á una placa ortocromática y filtro de luz amarilla.

Sólo así podrá obtenerse el necesario contraste entre el violeta y el blanco.

Pero á veces hay que ponerse en condiciones de obtener los contrastes falseando mucho los valores.

Si se quisiera obtener, por ejemplo, una imagen bastante clara de un asunto, constituido por dos colores, amarillo y blanco, tendríamos que recurrir á un filtro de luz que exagerase los contrastes. Tal es un filtro violeta que se empleará con placa ordinaria.

Este caso se presenta en la práctica cuando se trata, por ejemplo, de reproducir viejas fotografías amarillentas.

También en la tricomía, los tres filtros de selección son filtros de contrastes; estos no deben reproducir los colores en sus valores, sino seleccionar los colores poniendo de relieve uno, el que atraviesa el filtro y eliminando los otros.

En la microfotografía hay que reproducir, generalmente, preparados microscópicos colorados con los diversos colores rojos, violetas, verdes, etc., y no es el ortocromatismo lo que, en general, tiene importancia, no tratándose de colores naturales del asunto, y lo que conviene es dar el máximo realce á las diferentes partes del asunto.

En lo que se refiere á la manera de regular los contrastes en microfotografía, nos remitimos al manual de microfotografía del doctor L. Piergrossi (Biblioteca del *Progresso Fotografico*).

CAPÍTULO XLIII

SENSITOMETRÍA DE LAS PLACAS ORTOCROMÁTICAS.—COLORES DE LA LUZ EN LOS LOCALES DONDE SE MANIPULAN LAS PLACAS ORTOCROMÁTICAS.

Sensibilidad general.—La prueba de la sensibilidad de las placas ortocromáticas con el sensitómetro Scheiner, Warneke y otros, no puede dar resultados exactos.

En efecto; en todos los sensitómetros se usa una luz artificial; la luz de la lámpara de bencina, que es la más usada, es más rica en rayos amarillos que en rayos azul y violeta de la luz diurna.

Otro tanto puede decirse de la luz de acetato de amilo, de acetileno, etc.

La luz de la superficie fosforescente del sensitómetro Warnerke es rica en rayos azules, pero tiene menos proporción de rayos amarillos que la luz diurna.

Se comprende, pues, que sólo el empleo de esta última pueda permitir deducir los resultados que pueden esperarse respecto á la sensibilidad general de las placas ortocromáticas.

El medio más sencillo para obtener este resultado es el propuesto por Eder, que consiste en probar con el sensitómetro Scheiner, á la luz del día (mejor reflejada por una superficie blanca), en idénticas condiciones, la placa ortocromática y una placa ordinaria cuya sensibilidad se haya determinado antes en grados Scheiner.

Supongamos, por ejemplo, que la placa ordinaria haya dado, en la medida hecha como de costumbre, 16° Scheiner, y, en cambio, en la prueba á la luz diurna 17° , mientras, por su parte, la placa ortocromática haya dado el N. 15. Entonces puede hacerse la propo-

sición $\frac{17}{16} = \frac{15}{x}$, donde x representará aproximadamente la sensibilidad general de la placa ortocromática experimentada. Para obtener números suficientemente exactos, es preciso probar contemporáneamente á la luz diurna las dos placas tomando dos pequeñas trozos.

Diremos, pues, para expresarnos exactamente, que una cierta placa ortocromática tiene la sensibilidad general de una placa ordinaria de n grados Scheiner.

Se considera, en general, que con la sensibilización cromática, atenuándose más ó menos la sensibilidad para el azul ó violeta (especialmente los sensibilizadores del grupo de la cianina y de la isocianina producen tales efectos), la sensibilidad general disminuye notablemente.

Pero el doctor Koenig afirma que la disminución de sensibilidad para los colores actínicos es compensada por el aumento de sensibilidad para los otros, con lo cual la sensibilidad general no sufre en la práctica notable variaciones.

Diverso es, bien entendido, el caso en que, además de la sensibilidad cromática, se da á la capa una coloración capaz de comunicarle propiedades filtrantes para la luz.

Relación de sensibilidad para el azul y el amarillo.—Lo que mayor importancia tiene en las placas dotas de sensibilidad cromática, como demostró Eder, es establecer la relación entre la acción de las radiaciones azul violeta y las amarillo verdes.

Para ello se vale el doctor Eder de dos filtros de luz líquidos, uno el azul violeta, obtenido disolviendo 25 gr. de sulfato de cobre en agua y añadiéndole exceso de amoníaco, haciendo 1 litro.

El otro disolviendo 40 gr. de cromato neutro de potasio en 1 litro de agua.

La solución amoniacal de cobre excluye todos los rayos que tienen una longitud de onda superior á 490; la solución de cromato de potasio excluye, en cambio, completamente los rayos azul y violetas, dejando pasar solamente las radiaciones menos actínicas del espectro.

Las dos soluciones citadas son colocadas en dos cubetas de vidrio verticales, idénticas, y se expone la placa ortocromática á ensayar en el sensitómetro Scheiner una vez á través del filtro azul violeta y otra á través del filtro amarillo, cuidando de conservar las mismas condiciones.

La lectura del número más alto da la sensibilidad, y haciendo la proporción entre los dos números que expresan la sensibilidad al azul y al amarillo, se puede formar una idea bastante buena del ortocromatismo de la placa.

En general, en las placas ortocromáticas y pancromáticas de buena calidad, la relación de sensibilidad entre el azul y el amarillo es de $2 \frac{2^{1/2}}{3}$ á $\frac{3}{1}$, y sólo en las placas coloradas en la capa (con filtro incorporado, como suele decirse) la proporción puede descender hasta cerca de $\frac{2}{1}$.

Las mejores placas pancromáticas que se obtienen con sensibilización en baño de pinacromo dan la proporción $\frac{2 \cdot 1}{1}$.

Diagrama de sensibilidad cromática obtenido de la banda espectrográfica.—Si se hace sobre una placa ortocromática mediante el espectrógrafo una banda espectral, se puede, observando la variación de la opacidad en correspondencia con las diversas longitudes de onda, establecer el comportamiento de la placa para con las varias radiaciones del espectro.

Se medirá con el opacímetro Martens (véase pág. 139), la opacidad de la banda espectral en correspondencia con las diversas longitudes de onda.

Si en el eje se escriben las longitudes de onda y se elevan, las ordenadas proporcionales, al valor de la opacidad de la plata reducida de la imagen proporcionalmente á cada longitud de onda, se puede después, uniendo las extremidades de las ordenadas, obtener la curva ó diagrama de sensibilidad cromática.

Las figuras de la pág. 393 muestran las curvas ó diagramas de sensibilidad de las placas ortocromáticas y pancromáticas comparada con la de la placa ordinaria.

Hemos añadido también el diagrama que representa la claridad.

Pero en las indicaciones y en los diagramas con que se suele representar la sensibilidad cromática de una placa son muchos los elementos de error que existen, como puso en evidencia Chapman Jones.

La indicación de los máximos á mínimos de sensibilidad de una preparación fotográfica, no tiene sentido si no se precisa el carácter del espectro utilizado y los dispositivos experimentales adoptados. Ahora bien; en la literatura fotográfica se encuentran indicaciones de esta índole: el máximo de sensibilidad está en el amarillo verde; la sensibilidad en G es x veces mayor que en D, etcétera, etc. Y esto, sin precisar siquiera la fuente de luz usada, sin indicar tampoco el sistema dispersivo usado; y por ello los resultados presentados como de un valor absoluto, no son á veces ni siquiera comparables entre sí.

En efecto, hasta el sol, á causa de la capa de atmósfera que la luz atraviesa, no nos envía una luz de composición cuantitativa constante, y en un mismo manantial de luz artificial puede variar pues la composición de la luz. Si en lo que se refiere á los espectros prismáticos es sabido que muy difícilmente pueden tenerse comparables por dispersión relativa de las varias radiaciones é intensidad, no puede afirmarse, en cambio, como se hace generalmente, que todos los espectros de diafracción sean idénticos entre sí.

En efecto, se comprueba, por ejemplo, que el máximo y el mínimo de sensibilidad de una placa en el espectro de difracción, pueden sacarse, según se utilice, una ú otra luz iluminante. Y obtenido el negativo espectrográfico, el gráfico que se obtenga puede ser distinto, según se tome para la escala de las abcisas las longi-

tudes proporcionales á las longitudes de onda ó á sus logaritmos; y también las ordenadas pueden ser proporcionales á las opacidades ó á sus logaritmos.

Así, pues, en conclusión, las curvas que se trazan para interpretar las medidas sensitométricas dependen contemporáneamente de la fuente de luz utilizada, del instrumento empleado para producir el espectro, de su superficie sensible y también del trazado de la curva, por lo cual la posición de los máximos y mínimos de sensibilidad no es precisamente una característica de la placa estudiada.

Hay que añadir, además, que nada se ha establecido acerca del

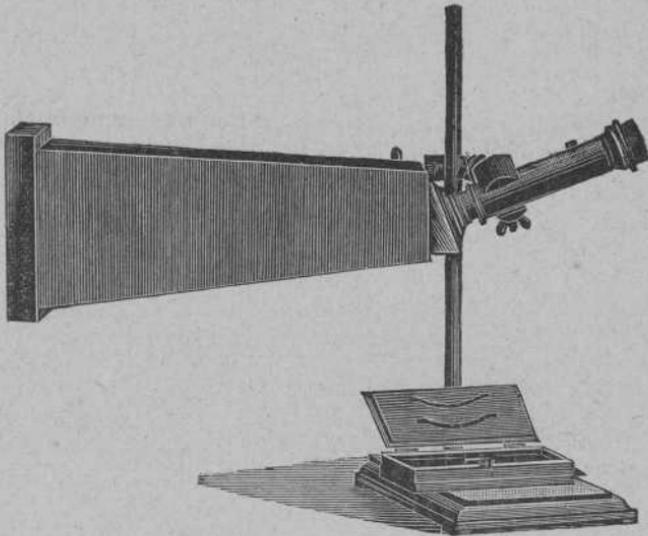


Fig. 12.

tiempo de exposición de la placa en el espectrógrafo, y se sabe que prolongando la exposición se puede producir también la acción de radiaciones que con exposiciones breves ningún efecto producen.

En la práctica puede tener importancia la comparación espectrográfica simultánea de dos placas; así es posible establecer cuál de las dos placas posee en mayor grado los requisitos deseados.

La Casa Steinheil construye, en efecto, un espectrógrafo bastante cómodo y racional para la confrontación de placas ortocromáticas ó pancromáticas (fig. 12).

Tiene este aparato un retículo de refracción de Rowland y una cajita en la que se descomponen dos franjas de $2,5 \times 9$ centímetros de dos placas distintas; una división metálica sirve para man-

Diagramas representando la acción de las radiaciones espectrales sobre los diversos tipos de placas:

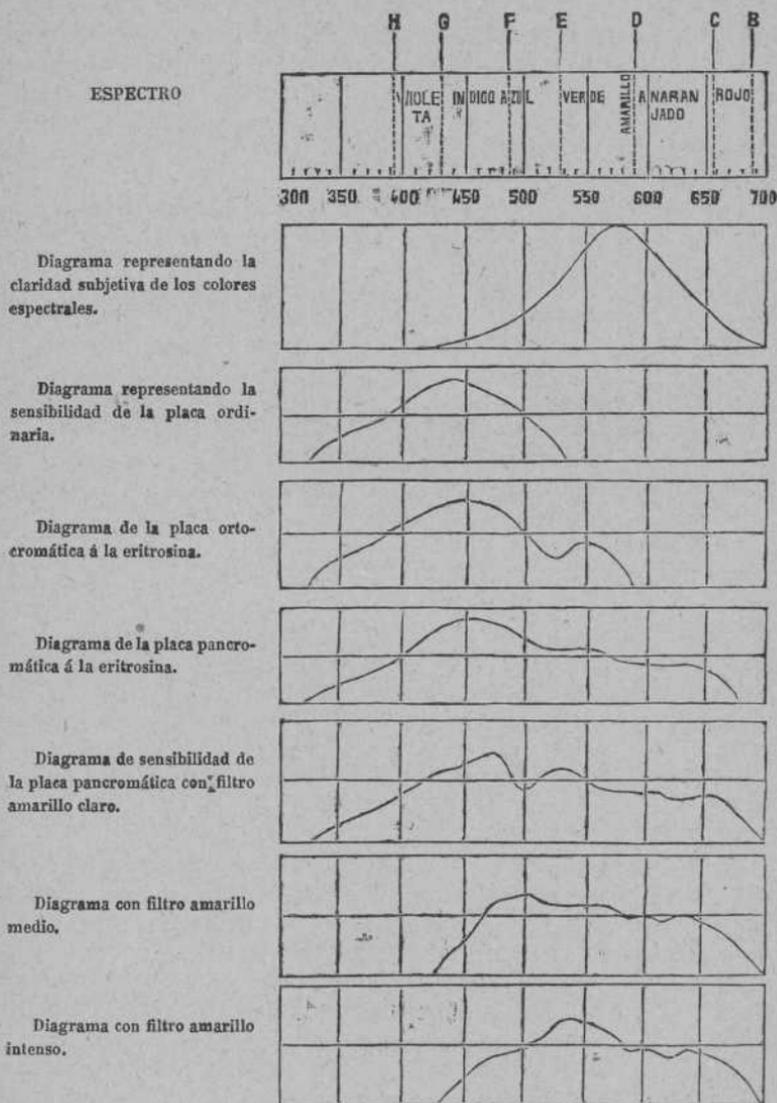


Fig. 15.

tenerlas separadas. El espectro viene á subdividirse simétricamente entre las dos placas, ocupando una altura de unos 18 cm.

Se tiene así la posibilidad de comparar la acción del espectro sobre dos tipos de placas.

Si se quiere obtener un solo espectro sobre una placa 6×9 , basta quitar la hoja metálica divisoria.

La luz del cuarto oscuro.—Las placas ortocromáticas y pancromáticas requieren, en general, ser manipuladas á una luz escogida en relación con la sensibilidad específica de la placa.

La selección de la pantalla colorada á aplicar á la lámpara debiera hacerse teniendo en cuenta el mínimo de sensibilidad que presenta la misma placa al espectrógrafo.

Para una placa ortocromática en la que está aumentada la sensibilidad para el amarillo y verde, es suficiente una pantalla que excluya todas las radiaciones de longitud de onda inferior á $620 \mu\mu$.

Un vidrio rojo rubí ordinario puede servir, mientras sea de color más bien intenso.

Una pantalla verde puede servir también, escogida en relación al mínimo de sensibilidad que las placas ortocromáticas presentan para el verde, y que corresponde á las radiaciones de longitud de onda 515, aproximadamente.

Es natural que si sobre una placa ordinaria cualquiera luz roja ó verde puede producir con el tiempo una acción (porque á través de la pantalla filtran siempre rayos actínicos), tal acción puede producirse todavía más, cuando se trata de placa ortocromática á causa de su mayor sensibilidad.

Pero un operador hábil que sepa manejar con rapidez las placas y tenga cuidado de tener todo lo tapada posible la cubeta durante el desarrollo, no sacará nunca negativos velados, incluso desarrollando á una luz roja no excesivamente oscura.

Para las placas pancromáticas es preferible trabajar siempre en la oscuridad.

Pero también una luz roja oscura puede servir, mientras no alcance directamente la capa. Para placas pancromáticas preparadas al pinacromo, puede usarse una pantalla que elimine todas las radiaciones inferiores á $660 \mu\mu$.

Para las placas preparadas al pinacianol, es preferible una luz verde que deje pasar radiaciones entre 515 y $540 \mu\mu$.

El mejor modo de procurarse pantallas seguras para aplicar á las lámparas para la iluminación del laboratorio oscuro, consiste en prepararse uno mismo placas gelatinadas, coloradas con colores apropiados.

La Casa Farbwerke vorm. Meister Lucius y Bruning, de Höchst, vende colores especiales para la preparación de pantallas para lámparas. El doctor Koenig ha dado recetas para la preparación de estas lámparas con tales colores.

Para la preparación de una pantalla roja, por ejemplo, se toma

rán 200 c. c. de solución de gelatina al 6 por 100 y 40 c. c. de solución rojo oscuro (*dunkel rot* de Hoechst), al 4,5 por 100. Se toma 7 c. c. por 100 centímetros cuadrados y se unen dos placas así preparadas.

Para el verde sirve una mezcla de tartracina y verde oscuro; para pantallas de lámparas Hoechst se tomará una cantidad variable de color, según sea la intensidad de la pantalla (por ejemplo, 1 gr. verde, 1 gr. tartracina en 100 de gelatina).

Hay que observar, sin embargo, que para las pantallas coloradas de lámpara no son indispensables perfecciones en el vidrio, y se puede hacer bastante simplemente la preparación tomando placas al getino-bromuro (mejor extrarrápidas que tienen capa de gelatina más gruesa) despojándolas del bromuro de plata con fijado, lavándolas, y colorándolas después mientras están todavía mojadas, por inmersiones en soluciones colorantes de suficiente concentración.

Este es el sistema que nosotros empleamos para la preparación de pantallas de lámpara.

Y no son ni siquiera necesarios los colores puros de Hoechst, sirviendo para el rojo el *ponceau* con un poco de violeta de metilo para oscurecerlo más, y para el verde, una mezcla de azul carmín con tartracina. Es preferible todavía preparar un vidrio rojo con el *ponceau* y un vidrio violeta ligero que ha de unirse al primero para formar el rojo oscuro, y un vidrio amarillo á la tartracina, y otro azul, al azul carmín, para unirlos entre sí y formar el verde.

También uniendo un vidrio amarillo á la tartracina y un vidrio violeta al violeta de metilo, se obtienen filtros rojos de cualquier intensidad deseada, que, según Monpillard y Calmels y Clerc, son bastante aconsejables.

De todos modos, conviene sumergir los vidrios colorados, durante diez minutos, en solución de alumbre de cromo básico al 10 por 100 para fijar el color y endurecer la gelatina.

En lugar de placas puede usarse también como pantallas el papel colorado en rojo en ó verde.

La Casa Lumière vende, al efecto, hojas de papel bastante transparente colorado de verde, amarillo y rojo, que colocado entre dos vidrios, añadiendo más hojas (por ejemplo, 1 ó 2 hojas verdes con 1 ó 2 hojas amarillas), da una luz aprovechable para varios casos.

La luz verde obtenida con este papel es buena, especialmente, para la manipulación de las placas autocromas. Pero cuando se necesita una luz que permita la observación de los negativos por transparencia durante el desarrollo, es preferible el empleo de placas coloradas.

Tratamiento de las placas ortocromáticas y pancromáticas.—Nada de nuevo tenemos que decir referente al tratamiento de las placas ortocromáticas y pancromáticas.

Los mismos baños de desarrollo que hemos indicado para las placas ordinarias sirven para placas ortocromáticas; se hace uso, con preferencia, de los reveladores á la hidroquinona-metol y diamido-fenol.

Según las características de las placas (tendencia á dar negativos contrastados, grises ó velados) se preferirá una fórmula de baño ó la otra y se acudirá á las convenientes adiciones.

La adición de un poco de ácido bórico y bromuro (nuestra solución bromo-bórica) es útil, en general, en el desarrollo de placas, especialmente pancromáticas, que tienden, en general, á dar negativos de contrastes deficientes.

No hablamos del uso práctico de la placa ortocromática en los trabajos de retrato, paisaje y reproducciones, porque ello, que nada tiene que ver con la parte química, está desarrollado en nuestro *Manuale sull'ortocromatismo*.

CAPÍTULO XLIV

LA FOTOGRAFÍA CON LOS RAYOS ROENTGEN.—ACCIÓN FOTOGRÁFICA DE LAS RADIACIONES DE BECQUEREL Y DEL RADIO.

Si bien sólo data del año 1896 el clásico descubrimiento de Roentgen sobre la fotografía de lo invisible, se han hecho en este campo, sin embargo, tales y tantos estudios y experimentos, que sería necesario un libro entero para indicarlos todos. Existen, en efecto, en la literatura, alemana especialmente, excelentes manuales que tratan este argumento. Nos limitaremos á una suscita relación, sujetándonos á lo que concierne especialmente á la parte química.

Como se sabe, los llamados tubos de Crookes, excitados por una fuerte corriente de inducción, se iluminan, y junto á los rayos visibles (de color verdoso) emanan también rayos invisibles (rayos X), que atraviesan los cuerpos considerados ordinariamente opacos, como el papel, la madera, los tejidos, la piel, los músculos. etc. Los metales son más ó menos opacos para estos rayos, y también el vidrio ordinario es poco transparente.

Los músculos y la piel del organismo son transparentes á estos rayos, mientras los huesos son relativamente opacos; de dónde, la posibilidad de obtener fotografías de los esqueletos de los animales vivientes.

La corriente puede obtenerse con pilas que den una corriente bastante fuerte, como pilas Bunsen ó Grenet (al bicromato). Se tomará un número de pilas suficiente para obtener la corriente necesaria para accionar el carrete Ruhmkorff (llamado también bobina). La bobina debe producir una llama de 10 centímetros de longitud por lo menos; con bobinas de menor potencia no se tiene la seguridad de poseer una buena y constante excitación en el tubo de Crookes. Además de las pilas, de la bobina con su interruptor respectivo, es necesario también un reostato, para regular la corriente de inducción á enviar por el tubo.

Se obtienen también excelentes radiografías con máquinas electrostáticas sistema Wimshurst, construidas expreso por la Casa Alfred Wehrsen, de Berlín.

Los tubos de Crookes han sufrido, á raíz del descubrimiento de Roentgen, notables transformaciones, capaces de dar un rendimiento en rayos X bastante mayor al de los tubos primitivos.

Los tubos de Roentgen.—En los tubos actuales existe una ampolla, frecuentemente en forma de pera, de vidrio soplado, de paredes sutilísimas de calidad y transparente á los rayos X. Dentro del tubo, en el que se ha hecho el vacío, hay soldados en las paredes dos electrodos: el anodo ó electrodo positivo, y el catodo ó electrodo negativo. El catodo está formado por un hilo de platino, que termina en el interior con un disco de aluminio curvado; el anodo termina en el interior con otro disco de platino, llamado anticatodo ó *focus*; este *focus* no existía en los tubos primitivos de Crookes; los tubos actuales son escogidos en gran número y en formas diversas, siempre con la intención de utilizar lo mejor posible la energía eléctrica para obtener el objeto deseado.

Con los perfeccionamientos en los tubos y aumentando la potencia de la bobinas, se ha conseguido abreviar mucho la posa en la fotografía con los rayos X. Mientras al principio era necesaria una posa de algunos minutos para producir el esqueleto de una mano, hoy se hace en pocos segundos tal operación.

Sobre los más recientes perfeccionamientos introducidos en los tubos Roentgen, llamó la atención el doctor Hugo Hühl, en un artículo publicado en el periódico (*Phot. Industrie*, 1900).

Hacía notar, ante todo, que para la obtención de radiografías pueden servir aparatos de inducción que den llamas de 5 á 30 centímetros de longitud; pero que es bastante preferible un aparato que las dé hasta 64 centímetros de longitud, porque usado para obtener llamas de 30 centímetros, funciona sin esfuerzo y, por lo tanto, con mucha mayor regularidad.

Tiene extraordinaria importancia el grado de vacío del tubo.

Los tubos que tienen el vacío mayor requieren mayor tensión del inductor y, por lo tanto, una luz más larga, pero dan rayos de extraordinario poder penetrante.

Estos tubos se llaman duros; pueden tener valor para producir imágenes provisionales (radioscopias), pero no se prestan para obtener imágenes fotográficas, porque dan siempre radiaciones secundarias que producen en las placas velos que no pueden evitarse.

Los tubos con vacío limitado (tubos mórvidos), apenas suficientes para que se produzcan rayos anticatódicos, dan rayos de un poder penetrante mucho menor y en consecuencia tienen para la diagnosis menos valor.

Muchos son los tipos de tubos de Roentgen comerciales que defieren especialmente por la clase y forma del anticatodo.

Pero la diferencia sustancial en los diversos tipos está en el sistema, por el cual puede graduarse el tamaño del vacío, para hacer el tubo aprovechable para varios usos.

En los tubos fabricados por la Casa C. H. F. Müller, de Hamburgo, se utiliza para ello el fósforo. En los que fabrica Emil Gundelach, de Gehlberg, en Thür, se utiliza el fenómeno de los osmosis, calentando un tubito de platino.

En los tubos Hirschmann, fabricados por la Casa Reiniger Gelbert Schall A. G., de Berlín, se aplica otro sistema.

Otros tubos recomendados son los de Rosenthal, fabricados por la Casa Polyphos Elekerizitat Ges., de Munich (Baviera), y los del doctor Max Levy, de Berlín.

La práctica de la radiografía.—Las fotografías que se obtienen con los rayos X no son imágenes del asunto, sino fotografías de sombras.

Los rayos X no se refringen y no se reflejan, y por ello no sería posible el empleo con ellos de instrumentos obrando por reflexión (espejos), ó por refracción (objetivos). Se propagan en línea recta y así pueden dar lugar á sombras.

Si aplicamos contra una placa sensible ordinaria, estando á la luz roja, la mano abierta ó iluminamos durante breves momentos la mano con manantial luminoso ordinario, obtendremos después en el desarrollo el negativo, no ya de la mano, sino de la sombra de la mano. Análogamente ocurre en la fotografía con los rayos X, solamente que siendo los músculos transparentes para estos rayos, se obtiene solamente la sombra de los huesos. La mano es inútil que se aplique, en tal caso, sobre la placa; se puede aplicar sobre el marco de madera que la encierra, siendo la madera, como hemos dicho, transparente á los rayos X, ó también puede envolverse la placa en papel negro y aplicar sobre éste la mano.

En cuanto á las placas á usar, deben ser escogidas entre las más sensibles y de capa gruesa y rica en bromuro de plata.

Se preparan en varios establecimientos placas especiales, para radiografía, con las cuales se obtienen mejores resultados que con las ordinarias extrarrápidas.

Pero si, como ocurre en general, se desean superficies sensibles de notables dimensiones, algunos prefieren emplear en lugar de placas, papel al bromuro de plata, teniéndolo tendido en la posa mediante aplicación á una placa. En el comercio se encuentra también el papel al bromuro indicado como especial para la radiografía.

El papel al bromuro tiene también la ventaja de dar una imagen fácil de ser observada directamente. En cambio, la imagen sobre placa, para poder ser observada bien, debe ser impresionada sobre papel, lo que invierte el clareo.

Pero con bastante dificultad se obtienen con papel al bromuro imágenes radiográficas tan perfectas y detalladas como sobre placas.

En el Congreso Internacional de Fotografía de Dresde, en 1909,

propusimos, junto con el doctor Eikmann, el empleo para los fines de la radiografía, de placas ópalas, preparadas al gelatino-bromuro para la radiografía. Con estas placas reduce bastante la exposición y se obtienen imágenes más visibles, aun en los más delicados detalles.

Conviene colocar siempre sobre el reverso de la placa sensible, dentro del marco una placa de plomo. Esto, como indicaron los profesores Bonacini y Malagoli, tiene por objeto proteger el reverso de la placa durante la posa contra las radiaciones que pudieran ir á obrar, produciendo un velo, porque el plomo es opaco á los rayos X.

También es útil colocar entre el tubo de Roentgen y la placa un diafragma, constituido por una placa de plomo agujereada y un trozo de tubo de plomo á continuación del agujero.

Se limita así el paso á las radiaciones que deben ir á obrar, excluyendo las radiaciones que, penetrando en la placa en diversa dirección, perjudicarían la nitidez de la imagen.

Una precaución bastante importante que hay que tener es ejecutar las radiografías en estancia muy secas. Está probado que una de las causas más frecuentes que producen el velo en los negativos radiográficos, hay que buscarla en la humedad atmosférica, la cual ocasiona una mayor difusión de radiaciones en el ambiente.

En días buenos es mucho más fácil obtener buenos negativos radiográficos que en días lluviosos.

La imagen latente producida por los rayos X.—Siendo así que el efecto final que se obtiene impresionando y desarrollando una placa que haya sido expuesta á los rayos X, consiste en la producción de un depósito de plata reducida, análogo al que se tiene en un negativo ordinario obtenido á la luz del día, hay razones para considerar que la imagen latente producida por los rayos X sea de índole distinta á la producida por la luz ordinaria.

La luz diurna obra especialmente en la superficie de los granos de gelatino-bromuro de plata, y la acción va, ciertamente, disminuyendo del exterior hacia el interior de estos mismos granos.

Los rayos X, en cambio, por su extraordinario poder penetrante, obran uniformemente en toda la profundidad del grano.

Pero, independientemente de esta circunstancia, parece que la naturaleza misma de la modificación que sufre el gelatino-bromuro de plata, sea diversa en el caso de la acción de los rayos X.

En efecto; como demostraron Luther y Unschkoff, las placas en las que se ha producido una imagen latente por medio de los rayos X muestran un comportamiento del todo característico.

En efecto; exponiendo una placa de éstas á la luz directa del día, la parte alcanzada por los rayos X ennegrece bastante más que el resto, y se obtiene así una imagen bien visible.

Si en las mismas condiciones se expone una placa en la que se encuentre una imagen latente, producida por la luz ordinaria, no se obtiene imagen alguna y sólo un ligero oscurecimiento uniforme.

El doctor Lüppo Cramer ha hecho muchos experimentos para profundizar el interesante fenómeno.

Comprobó que las placas en que el fenómeno se produce más marcadamente son las placas diapositivas (marca Schleussner).

Después de la exposición á los rayos X, ante una pantalla metálica agujereada, se produce, con la exposición á la luz, una coloración rojiza que aumenta rápidamente, mientras el fondo adquiere una coloración azul-verde, que permanece siempre débil.

Aun después del fijado queda una imagen en correspondencia con las partes expuestas á los rayos X.

El doctor Lüppo Cramer atribuye á los rayos X un efecto pulverizante sobre el bromuro de plata.

Este señor deduce del hecho que la sustancia rojiza que se forma por exposición á la luz de la placa que ha sufrido la acción de los rayos X, es transformada por acción de una solución al 2 por 100 de ácido crómico, mientras el fondo gris permanece inalterado.

Así, pues, si el ácido crómico puede obrar sobre el gelatinobromuro que ha sufrido la acción de los rayos X, es porque éste se ha transformado de manera á hacerse atacable y, probablemente, ha sufrido una disgregación ó una pulverización.

Esto está también en relación con la demostración hecha por Lüppo Cramer de la gran influencia que tiene el grueso de los granos del aloide de plata sobre la resistencia á los agentes oxidantes.

Si una placa que ha sufrido la acción de los rayos X es expuesta un instante á la luz ordinaria, y desarrollada después, da una imagen inversa á la que hubiera dado si se hubiera desarrollado después de la acción de los rayos X solos (fenómeno de Willard). No puede tratarse de fenómeno de solarización, porque invirtiendo el orden de acción, sin variar intensidad y tiempo (esto es, haciendo obrar primero la luz del día y después los rayos X), la inversión no se produce.

Lüppo Cramer deduce de esto que la acción de los rayos X, produciendo una pulverización del bromuro de plata, lo hace menos sensible á la ley ordinaria, de donde el fenómeno de inversión por acción sucesiva de las dos clases de radiaciones.

Lüppo Cramer atribuye á una causa análoga en absoluto el fenómeno de inversión, llamado de Clayden, del cual hablamos en la página 159.

Comprobó que el fenómeno de Clayden, producido artificialmente por medio de chispas eléctricas, es de la misma naturaleza

que el fenómeno que se produce en la sucesiva acción de los rayos X y luz ordinaria.

La imagen dada por la acción de la chispa enrojece á la luz diurna, como la producida por los rayos X y el ácido crómico, y los oxidantes decoloran la imagen enrojecida.

Nos encontraremos también al llegar aquí, según Lüppo Cramer, en presencia de un fenómeno de pulverización y pérdida de sensibilidad por acción de la chispa eléctrica y de los relámpagos.

Nada más diremos sobre esta clase de fenómenos extraños é interesantes, producidos por acción combinada de la luz ordinaria con los rayos X y con otras radiaciones; vean nuestros lectores el *Manual* del doctor Lüppo Cramer.

Desarrollo y tratamiento de los negativos de las radiográficas.—Para el desarrollo de las placas, en las que se ha producido una impresión por medio de los rayos X, conviene recurrir á baños de desarrollo, que tiendan á dar negativos transparentes y más bien contrastados.

Pueden servir los baños á la hidroquinona y á la hidroquinona metol. Un baño especialmente aconsejado es el siguiente:

Glicina.	15 gramos.
Sulfito de sosa cristalizado	50 —
Carbonato de potasa.	60 —
Agua para hacer.	1 litro.

Después del fijado y lavado, los negativos tienen necesidad, por lo general, de un refuerzo algo notable.

Aumento de efecto de los rayos X mediante pantallas fluorescentes.—Sábase que los rayos X, además del efecto de impresionar la placa fotográfica, ejercen también otro visible. Esto es, excitan la fluorescencia de ciertas sustancias, entre las cuales figura principalmente el platino cianuro de bario ($BaPtCy^4 + 4H^2O$). Si se extiende esta sustancia mezclada con goma (ó mejor como ha sido aconsejado recientemente, destemplada en una solución de colodión en el acetato de amilo) sobre una hoja de papel ó cartón blanco, se obtiene una pantalla que tiene la propiedad de hacerse fluorescente, esto es, de iluminarse por efecto de las radiaciones del tubo de Crookes; asimismo, si se pone entre la pantalla y el tubo cuerpos opacos á la luz ordinaria, pero transparentes á los rayos X. Con lo cual, sobre la pantalla se pueden hacer visibles las sombras de los cuerpos opacos á los rayos X como con la placa fotográfica. Con la pantalla aplicada contra la mano ó contra el cuerpo de una persona se puede ver, á simple vista, la sombra del esqueleto de la mano ó del cuerpo. Además de con el platino cianuro de bario, que tiene un precio elevadísimo, se consiguió

preparar pantallas fluorescentes con otras sustancias más económicas, y precisamente con tungstato de calcio (propuesto por Edison y fabricado por la C. A. F. Kahlbaum, de Berlín) y con el fluoruro doble de uranio y amonio (propuesto por el doctor Melckebeke).

Con las pantallas preparadas con dichas sustancias se puede aumentar el efecto de los rayos X sobre la capa sensible. Basta recubrir hojas de cartón con las sustancias indicadas y aplicarlas por la parte preparada sobre la capa sensible. Los rayos X, que atraviesan primero el cartón, dan una fluorescencia, que se añade á la acción de los rayos X no transformados por la capa fluorescente, y así es aumentada la acción fotoquímica.

El máximo efecto se obtiene con la pantalla al platino-cianuro de bario, que es el cuerpo que da la máxima fluorescencia por acción de los rayos X. Las placas ortocromáticas al eritrosinato de plata son preferibles á las ordinarias cuando se emplea la pantalla fluorescente para intensificar la imagen. Ello parece estar en relación con el color de la luz que emana el platino de cianuro de bario ante la acción de los rayos X, luz que es de color verdoso. Pero no parece que la utilidad de empleo de las placas ortocromáticas haya que buscarla en el color de la luz fluorescente, sino más bien en la leve fluorescencia de que es susceptible la eritrosina.

Y si se pudiera mezclar á la emulsión un cuerpo dotado de notables propiedades fluorescentes, probablemente se podría aumentar el efecto de los rayos X reduciendo la exposición, lo que en muchos casos, especialmente para los que hablamos, puede tener mucha importancia.

Los cuerpos radioactivos.—Las radiaciones llamadas de Becquerel, su descubridor, se asemejan á las de Roentgen hasta cierto punto. Estas radiaciones son emitidas por algunos cuerpos, pero especialmente por el elemento *radio*, descubierto por los Sres. Curie, que lo extrajeron de un mineral de uranio.

El radio emite radiaciones invisibles á la vista, capaces de atravesar muchos cuerpos opacos; atraviesan también muchos cuerpos opacos á los rayos X y hasta el plomo, mientras la acción sea suficientemente prolongada. Las radiaciones del radio no son excitadas por energía alguna; constituyen una propiedad intrínseca de la materia, y lo que es más extraño y constituye un verdadero misterio, no se agotan nunca.

Este comportamiento del radio constituye, puede decirse, el único hecho que parece estar en contradicción con la teoría de la conservación de la energía, porque la energía transmitida por el radio (y que es energía lo demuestran los fenómenos químicos, así como endotérmicos, que puede producir) no proviene de la transformación de otra energía alguna.

Según algunos, se trata de radiaciones de materia y no de energía; pero aún después de varios años de acción no se observa dis-

minución alguna de peso, por lo que no se podría tratar en todo caso sino de pérdidas infinitésimas, comprobables forzosamente en centenares de años, y que, por otra parte, no podrían explicar los efectos notables que el radio produce.

Basándose en la constancia de la acción del radio, y sobre la propiedad de impresionar con facilidad una placa sensible, el profesor L. Vidal propuso acertadamente servirse del radio como luz tipo para la sensitometría.

Un comportamiento análogo al radio, pero de acción notablemente menor, lo tiene el polonio, otro nuevo elemento descubierto por los Sres. Curie.

Fueron también los compuestos de uranio aquellos en los cuales Becquerel fué el primero en comprobar el fenómeno indicado con el nombre de radioactividad.

El radio se encuentra actualmente en el comercio, especialmente en forma de bromuro de radio, y también radio; su precio es, por ahora, muy elevado.

De los más recientes experimentos resulta que las radiaciones del radio están constituidas por tres especie de rayos: *alfa*, *beta* y *gama*.

La descomposición se obtiene por medio de una calamita que produce la máxima desviación en los rayos beta y ninguna desviación en los rayos gama.

Los rayos alfa están dotados de ligero poder penetrante; una sutilísima placa de aluminio los detiene. Los rayos beta atraviesan una placa de plomo de 1 milímetro de espesor, y los rayos gama atraviesan una placa de plomo hasta de 5 á 6 milímetros. El radio comunica sus propiedades radioactivas á todos los cuerpos que lo rodean. Parece ser, según Curie, que emite un gas muy tenue que se puede suponer formado por sus vapores. Estos vapores no pasan el vidrio como las radiaciones alfa, beta y gama, por lo cual pueden conservarse y también acumularse en una botella cualquiera. Son estos vapores los que excitan la fosforescencia de ciertos cuerpos (como el sulfuro de cinc) y los que comunican la radioactividad á otros cuerpos.

Las placas fotográficas son impresionadas rápidamente por las radiaciones del radio. Con el radio se pueden obtener radiografías como con los rayos X; pero sólo de pequeños objetos á causa de lo exiguo del centro radiante.

CAPÍTULO XLV

CONSIDERACIONES FOTOQUÍMICAS Y TERMOFOTOQUÍMICAS

Como complemento á este *Manual de química fotográfica*, hemos creído oportuno citar estas consideraciones fotoquímicas y termofotoquímicas, destinadas especialmente á poner de relieve, cosa que antes de nosotros nadie hizo, la relación existente entre los fenómenos químicos producidos por la luz y las condiciones termoquímicas en las cuales se produce el fenómeno. De la memoria original hemos sacado sólo algunas consideraciones fotoquímicas, que desarrollamos en el capítulo de la «Imagen latente». Estas consideraciones se refieren á todas las materias sensibles utilizadas en fotografía; además de una importancia teórica, pueden tenerla práctica, especialmente para quien se interese por la preparación de mezclas sensibles.

Recordaremos que se llaman esotérmicas aquellas reacciones químicas en las que se desarrolla el calor, y endotérmicas, en cambio, las que se produzcan con absorción de calor.

El objeto de este nuestro trabajo es estudiar científicamente y en particular, bajo el punto de vista termoquímico, los principales fenómenos producidos por la luz, en los cuales se basa el maravilloso edificio de la fotografía.

En los fenómenos producidos por la luz se ha tenido poco en cuenta, hasta ahora, la relación que existe con la cantidad de calor que interviene para producir el fenómeno ó que en el se desarrolla.

Existen, es cierto, cuerpos, cuya descomposición requiere la intervención de una cantidad relativamente grande de energía y que, no obstante, muestran á la luz una sensibilidad mucho mayor que otros cuerpos, cuya descomposición es menos endotérmica ó esotérmica directamente. Pero también es cierto que, dado un cuerpo sensible (esto es, capaz de transformar la energía luminosa en energía química), cuando su simple descomposición es transformada en reacción para la producción, de la cual es necesaria menor cantidad de energía, la acción de la luz se hace sentir en grado mayor, tanto mayor, cuanto más pequeña es la cantidad de calor necesaria para producir la reacción.

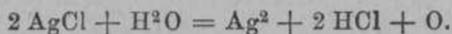
Alguno ha llegado á afirmar que la luz no es capaz de producir fenómenos endotérmicos, sino solo fenómenos esotérmicos, en los

cuales no puede hacer más que excitar la reacción sin llevar á cabo por si misma acción alguna.

Un examen algo profundo de los principales fenómenos producidos por la luz, ya sea natural (descomposición del ácido carbónico en las partes verdes de las plantas) ó en el campo de la fotografía, nos parece suficiente para excluir esta tesis completamente; pero repetimos, sin embargo, que para un mismo compuesto sensible el cambio de las condiciones termoquímicas tiene una notable influencia sobre la sensibilidad. Estos cuerpos, que facilitan la descomposición á la luz de las sustancias sensibles, se llaman, en lenguaje fotográfico, sensibilizadores químicos. De cuanto hemos dicho anteriormente resulta que el efecto principal de los sensibilizadores químicos es el de transformar una descomposición endotérmica en una reacción esotérmica ó menos endotérmica.

Aun admitiendo que la luz sea capaz de producir fenómenos endotérmicos, es cierto que éstos, constituidos por simples descomposiciones, no pueden producirse á la luz sino en grado mínimo. Y esto debe atribuirse especialmente al hecho que el agente físico que llamamos luz, contrariamente á los otros agentes físicos, calor y electricidad, descompone los cuerpos, pero no tiene por si mismo ni la propiedad de eliminar, ni de separar bien los productos de la descomposición, como tienen respectivamente los otros dos agentes físicos. Así, pues, si alguno de los productos de la descomposición á la luz no tiene por sí mismo la propiedad de eliminarse con facilidad, lo que practicamente se verifica por lo general, los productos de la descomposición misma, en presencia unos de otros, tienden á producir la reacción inversa (esotérmica), esto es, la recomposición, y puede decirse también, pues, que una simple descomposición endotérmica no puede, generalmente, sino ser iniciada por la luz. Si tomamos el cloruro de plata, uno de los compuestos más sensibles á la luz, y despues de prepararlo en estado de pureza absoluta y de haberlo fundido lo exponemos á la luz, de manera que ninguna sustancia capaz de ejercer acción sobre él esté presente, ni siquiera el vapor de agua, no observamos descomposición alguna visible. Y es porque el cloro que se produce en la descomposición de las primeras partículas, absorbido por la masa de cloruro de plata, ejerce una acción contraria y se forma un estado de equilibrio, que la luz no puede dificultar.

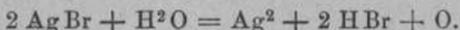
Si, en cambio, está en presencia del vapor de agua, el cloro, combinándose con el agua (tal facultad de combinación es aumentada notablemente por la luz), da ácido clorhídrico y se quita así la tendencia á la producción de la reacción inversa. La reacción entre el cloruro de plata y el agua en presencia de la luz puede, representarse por la ecuación:



Efectivamente, no se libra plata porque la que se produce en la descomposición se combina con el cloruro de plata, todavía no decompuesto, para dar subcloruro de plata (Ag^2Cl), compuesto éste, relativamente estable á la luz y para cuya descomposición á la luz no basta vapor de agua solo, sino que es necesaria la presencia de sensibilizadores químicos más enérgicos.

El subcloruro de plata es un compuesto violeta, y para demostrar su formación está entre otros el hecho que, tratando el cloruro de plata decompuesto por la luz con ácido nítrico, no se disuelve partícula alguna de plata.

El bromuro de plata da una reacción análoga:



Considerando las reacciones anotadas bajo el punto de vista termoquímico, se observa que para efectuar la primera reacción son necesarias 48,7 calorías, mientras que para la segunda son necesarias 51,4.

Si se considera, además, que el oxígeno en estado naciente que se desarrolla puede combinarse con materias orgánicas, que se encuentran en el aire ó mezcladas á la sal de plata (siendo la tendencia á la oxidación de las materias orgánicas aumentada por la luz), desarrollando en tal combinación cierta cantidad de calor, la energía necesaria para efectuar *la reacción* sufre una ulterior disminución y resulta así ser notablemente inferior á la que representa la energía necesaria para descomponer el cloruro y el bromuro de plata puro.

El vapor de agua, obra pues, en dos sentidos, facilitando la descomposición: en primer lugar, corta la acción del halógeno que se produce en la descomposición y evita así que la descomposición misma se detenga al iniciarse; en segundo lugar, transformando la descomposición en una reacción, por la cual la cantidad de trabajo químico necesario es menor; hace también que sea menor la cantidad de energía luminosa que se necesita y, en consecuencia, más fácil la descomposición.

Admitiendo que las sales haloides de plata (cloruro, bromuro y yoduro), por la analogía que entre ellas existe, poseen análogamente la facultad de transformar la energía luminosa en energía química, nos parece importante estudiar á qué causa pueda atribuirse su notablemente variada descomposición á la luz.

Hemos visto antes que, para producir la reacción entre el bromuro de plata y el vapor de agua, es necesaria una cantidad de energía un poco mayor que para el cloruro. Pero la diferencia es tan pequeña (3,6 calorías), que no puede concedérsele importancia.

Hay que tener en cuenta, en cambio, que á la mayor facilidad

que tiene el ácido bromhídrico (en las condiciones en que se encuentra), respecto al ácido clorhídrico, de descomponerse por acción de la luz, deba atribuirse la menor descomponibilidad del bromuro. Porque si el ácido bromhídrico tiende á descomponerse, el bromuro de plata, en cambio, tiende á rehacerse, y la descomposición del bromuro mismo resulta, pues, detenida y no puede avanzar mucho.

Para el yoduro de plata la dificultad de descomposición á la luz, en presencia del vapor de agua, es todavía bastante mayor que para el cloruro y bromuro. También en este caso, á la descomponibilidad á la luz del ácido yodhídrico, que se forma en la reacción, hay que atribuir la sensibilidad mucho menor y no á la mayor cantidad de energía exigida para la descomposición, siendo tal diferencia en más relativamente pequeña. Sábese, por otra parte, que el ácido yodhídrico solo, también disuelto en agua, se descompone á la luz, dando yodo y que así mismo los yoduros y todos los compuestos de yodo, en general, resisten más ó menos la acción de la luz. Y por este último hecho que el yoduro de plata, no sólo el vapor de agua, sino también hay hoy día otros, cuerpos capaces de transformar el yodo en yoduro ó en compuesto de otra especie, no ejercen una acción sensibilizadora apreciable.

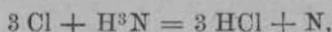
El cloruro, el bromuro y el yoduro de plata son los tres muy usados en la técnica fotográfica, pero puede decirse que para cada uno de ellos se aprovecha la propiedad que posee respecto á los otros dos.

Así, pues, el cloruro de plata posee en grado máximo la propiedad de descomponerse á la luz; su descomposición puede proceder para dar imágenes claras, y se utiliza el cloruro de plata para obtener imágenes para impresión directa á la luz. Prácticamente, sin embargo, no se emplea nunca el cloruro de plata solo, sino mezclado con otras sustancias que obran de sensibilizadores químicos, las cuales, teniendo gran tendencia á apropiarse el cloro que se desarrolla en la descomposición, la facilitan bastante y hacen además que la descomposición misma, en lugar de detenerse casi después de formado el subcloruro, pueda proceder bastante más allá, obteniéndose así una intensidad notablemente mayor de la imagen.

Las sustancias á las cuales se puede recurrir son el amoníaco, el nitrito de potasio, el nitrato de plata y además ciertas sales de plata de ácido orgánico y, especialmente, el citrato, el tartrato, el lactato de plata, como también cualquier otro compuesto de plata, especialmente el albuminato.

Veamos las reacciones que se producen entre el cloro que se desarrolla en la descomposición á la luz del cloruro de plata y los sensibilizadores químicos indicados.

Para el amoníaco y para el nitrito las reacciones probables son respectivamente las siguientes:



En ambas reacciones se desarrolla una cantidad de calor que es mayor que la absorbida en la descomposición del cloruro de plata; por lo tanto, la luz, en presencia de tales sensibilizadores, no hace sino provocar una reacción esotérmica y se puede considerar, pues, que obra sólo como agente excitador.

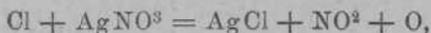
Vuelve á resultar oportuno, pues, establecer una distinción entre el caso en que la luz obra de excitador en una combinación esotérmica ó en una reacción que, aun siendo esotérmica, está constituida, sin embargo, por el complejo de descomposiciones endotérmicas y combinaciones esotérmicas. En el primer caso (que se verifica, por ejemplo, en la combinación del cloro con el hidrógeno), se puede admitir que la luz obra de excitador en toda la expresión de la palabra.

Pero en el caso, en cambio, que se trate de reacciones, estando la reacción subordinada á la descomposición endotérmica del compuesto sensible, se debe admitir que en el primer instante cierta cantidad de energía lumínica sea absorbida y transformada en energía química y que, en consecuencia, la luz obra como excitador solamente, siendo la energía necesaria para la continuación de la reacción desarrollada en la acción de los productos de la descomposición sobre el sensibilizador químico presente.

Y ahora, veamos de qué manera se puede entender que obren los sensibilizadores químicos á base de plata, que son los más generalmente usados en la práctica, porque permiten obtener las imágenes más intensas.

En lo que se refiere al nitrato de plata, suele decirse en los tratados de química fotográfica, que obra de sensibilizador por el hecho que se apropia el cloro, rehaciendo el cloruro de plata, el cual á su vez, es después descompuesto.

Tal explicación, no parece exacta; el fenómeno es mucho más complejo de lo que parece, y en él, el vapor de agua y la materia orgánica ejercen una acción considerable. El vapor de agua transforma el cloro en ácido clorhídrico, el cual obra entonces sobre el nitrato de plata, transformándolo con gran facilidad en cloruro. La materia orgánica puede creerse obra de dos modos: ó transformando el cloro en ácido clorhídrico ú oxidándose por efecto del oxígeno que se desarrolla en la reacción siguiente:



reacción que por sí misma es endotérmica, pero que resulta eso-

térmica cuando se supone ocurre en presencia de cualquier materia orgánica capaz de ser oxidada por el oxígeno que se desarrolla, y de absorber eventualmente también el compuesto NO^2 .

Además de estas reacciones puede considerarse ocurran otras todavía. El nitrato de plata, incluso en estado puro, presenta una leve sensibilidad á la luz; en presencia del subcloruro de plata y de la materia orgánica la tendencia á descomponerse es bastante aumentada, y en esta descomposición se pueden formar, ya sea compuestos de reducción (nitrito de plata ú otros), susceptibles de absorber con gran facilidad el cloro y capaces, en consecuencia, de obrar de sensibilizadores enérgicos sobre el cloruro de plata, ó bien plata metálica que va á aumentar la intensidad de la imagen.

Hemos indicado antes que el subcloruro de plata obra probablemente de reductor sobre el nitrato de plata. En tal acción el subcloruro se transforma en oxiclورو (Ag OCl) compuesto que algunos quisieran se formase en la acción de la luz sobre el cloruro de plata.

Carey Lea demostró estar tal suposición refñida con la verdad, y nosotros consideramos que este oxiclورو, cuya existencia parece demostrada por muchos acertados experimentos, no puede formarse sino por acción del subcloruro sobre el nitrato de plata en presencia de la luz.

De cuanto hemos dicho resulta que deben ser muchas y complicadas las reacciones que se producen cuando se expone á la luz un papel cuya superficie contenga cloruro y nitrato de plata. La suma algebraica de las calorías que representan el trabajo efectuado ó producido en los diversos fenómenos es ciertamente positiva; el conjunto de estas reacciones constituye, pues, un complejo fenómeno esotérmico, que puede ocurrir á la luz bastante más fácilmente que no la simple descomposición endotérmica del cloruro de plata.

Y ahora, veamos cómo se comportan á la luz las mezclas de cloruro de plata y citrato, tartrato ó albuminato de plata.

Especialmente la mezcla de cloruro de plata con citrato y albuminato de plata, se emplea muchísimo en la práctica, y puede decirse que una gran parte de los papeles sensibles contienen una de estas mezclas.

El citrato de plata y, en general, todas las sales de plata de ácido orgánico, muestran una sensibilidad á la luz que es inferior á la del cloruro de plata; pero incluso empleadas solas dan, en un tiempo suficientemente largo, una imagen muy intensa; bastante más intensa que la que puede proporcionar el cloruro de plata puro. En la descomposición á la luz hay que considerar se forman, en el primer período, subsales de plata coloradas junto á los compuestos orgánicos de reducción y que en consecuencia se libre plata metálica. La descomposición de las sales orgánicas de plata

en plata y otros compuestos, debe considerarse, en general, esotérmica; de todos modos los cuerpos que se producen en la descomposición no tienen ya la propiedad de obrar sobre la plata, y por ello precisamente la descomposición puede ir bastante más lejos. Prácticamente, las sales de plata de ácido orgánico no se emplean nunca solas, á causa de la lentitud con que se ennegrecen, y siempre junto con cloruro de plata. Una mezcla tal tiene la propiedad de ennegrecer rápidamente y dar imágenes de gran intensidad, como se requiere en la práctica. El cloro que se libera en la descomposición del cloruro de plata es absorbido enérgicamente por el citrato de plata y sus derivados de reducción y se rehace así continuamente cloruro de plata, hasta la descomposición de toda la sal orgánica.

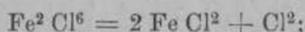
Para los otros compuestos orgánicos de plata sucede una cosa análoga.

* * *

En la técnica fotográfica, además de las sales de plata, se emplean también algunas otras sales ú otras mezclas sensibles, y entre ellas, principalmente, las sales férricas y la mezcla de bicromato de potasio ó de amonio con ciertas sustancias orgánicas.

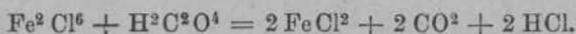
De las sales férricas se usa el cloruro férrico mezclado con ciertos ácidos orgánicos, como el ácido oxálico, el ácido tartárico y el ácido cítrico, ó se usan, en cambio, las sales férricas derivadas de estos ácidos, esto es, el oxalato, tartrato ó el citrato férrico.

El cloruro férrico, por sí solo, muestra una sensibilidad bastante leve á la acción de la luz; ésta tiende á descomponerlo según la ecuación:



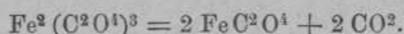
pero tal descomposición no puede ocurrir sino en grado mínimo, porque el cloro que se libera tiene una gran tendencia á combinarse con el cloruro ferroso para rehacer el cloruro férrico. Pero cuando mezclamos al cloruro férrico sustancias capaces de apropiarse el cloro, y transformamos así la simple descomposición endotérmica en una reacción menos endotérmica ó esotérmica, la descomposición de la sal férrica puede efectuarse rápida y completamente.

Entre todas las mezclas, la de cloruro férrico con ácido oxálico es la más sensible á la luz. La reacción que se produce á la luz, entre el cloruro férrico y el ácido oxálico es la siguiente:



Esta reacción es esotérmica si se supone ocurre en presencia de la humedad, porque, en este caso, el ácido clorhídrico, que tiende á formarse, disolviéndose puede desarrollar una notable cantidad de calor, mientras es endotérmica y se supone ocurre fuera de la influencia del vapor de agua. Prácticamente ocurre que en presencia de la humedad la reacción anotada se produce espontáneamente (si bien con bastante lentitud), mientras en ambiente perfectamente seco la mezcla de cloruro férrico y ácido oxálico se conserva indefinidamente y sólo la intervención de la luz ó de otra forma de energía puede producir la reacción. Las consideraciones termoquímicas explican perfectamente la razón de este diverso comportamiento.

En lugar de la mezcla de cloruro férrico y ácido oxálico se emplea también con frecuencia, en la práctica, el oxalato férrico, compuesto que tiene la fórmula $\text{Fe}^2 (\text{C}^2\text{O}^4)^3$. Este compuesto, que es estable si es sustraído á la acción de la luz, se descompone en cambio rápidamente por obra de la energía luminosa dando oxalato ferroso según la ecuación:



El oxalato ferroso, que es un reductor enérgico cuando se pone en solución, puede efectuar después la reducción á metal de algunas sales metálicas; puede reducir por completo el cloruro platínico PtCl^2 , el nitrato de plata y asimismo ciertos compuestos de mercurio, como comprobamos en un estudio fotoquímico de las sales de mercurio *Photographische Correspondenz*, Julio 1895, y *Chimica Fotografica*, tomo II.

Si tomamos una hoja de papel de buena calidad y por medio de un pincel rociamos la superficie con una solución concentrada de oxalato férrico, obtendremos una superficie sensible á la acción de la luz. La imagen que se forma á la luz está constituida por oxalato ferroso y puede hacerse bastante más intensa poniendo el papel dentro de ciertos líquidos conteniendo una sal metálica reducible y otros cuerpos que faciliten la disolución del oxalato ferroso, por sí mismo casi insoluble (oxalatos alcalinos), ó lo descompongan transformándolo en óxido ó carbonato ferroso, compuestos que, si bien son insolubles, ejercen una acción reductora enérgica.

El llamado papel al platino se obtiene rociando la superficie del papel con una solución mixta de oxalato férrico y cloruro platínico potásico ($\text{PtCl}^2 2\text{KCl}$).

Exponiendo este papel á luz se forma en los puntos iluminados oxalato ferroso, y sumergiendo después el papel en una solución de oxalato de potasio, el oxalato ferroso tiende á convertirse en solución y reduce entonces inmediatamente la sal de platino

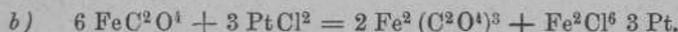
que se encuentra sobre el papel, mezclada con éste, y transformándolo en platino metálico. La imagen, que apenas era visible, se vuelve con este tratamiento intensamente negra. También en presencia de humedad solamente puede ocurrir la reducción, pero en lugar de ser inmediata es lentísima, á causa precisamente de la insolubilidad del oxalato ferroso.

Las reacciones que se efectúan en el papel al platino son las siguientes:

A la luz el oxalato férrico se descompone en oxalato ferroso y ácido carbónico.

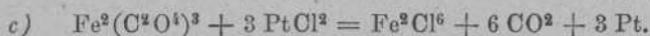


El oxalato ferroso reduce después la sal de platino y se forman todavía sales férricas:



Prácticamente se verifica que en un papel rociado con una solución de oxalato férrico conservado en la oscuridad es inalterable durante mucho tiempo; la descomposición del oxalato férrico, según la ecuación *a*, es probablemente endotérmica. No podemos afirmarlo con seguridad, no siendo conocidos los calores de formación del oxalato ferroso y del oxalato férrico.

En cambio un papel rociado con solución mixta de oxalato férrico y cloruro platinoso se conserva bastante bien en la oscuridad, si se tiene apartado de toda huella de humedad; en cambio, si se conserva en un ambiente que contenga aún una mínima cantidad de vapor, se altera en breve tiempo. En tal caso puede considerarse producida la reacción siguiente, que es ciertamente esotérmica:



Si bien en presencia de la humedad la cantidad de calor debida á la reacción *c*, es mayor, por el hecho que el cloruro férrico disolviéndose desarrolla una considerable cantidad de calor, hay que considerar, sin embargo, que tal reacción sea en todos los casos esotérmica, y si se produce sólo en presencia de la humedad, es porque sólo en estado disuelto el oxalato férrico y la sal platinosa pueden obrar una sobre otro.

También en otros papeles, y especialmente en los que se utilizan

para reproducciones de dibujos (cianográficos y heliográficos) se aprovecha la sensibilidad á la luz de las sales férricas.

Véase al efecto el segundo tomo de esta obra, en el que trata de los procedimientos positivos y de aquéllos para la reproducción de dibujos.

* * *

Para poder decir hemòs examinado todas las sustancias sensibles más importantes usadas en fotografía, nos falta considerar la mezcla de bicromato alcalino y materias coloides, mezcla que, por su extensísima aplicación en los procedimientos fotomecánicos (fotocolografía, fotocalcografía, fototipografía, etc.), tiene prácticamente gran importancia.

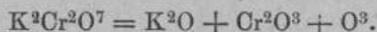
Cuando sobre una hoja de papel ó de una placa de vidrio se extiende la solución de gelatina y después de seca la capa se sumerge aquélla ó el papel en una solución de bicromato de potasio ó de amonio (5 por 100), se obtiene, después de secada, una superficie que presenta una notable sensibilidad á la luz.

En pocos minutos las partes opacas de esta superficie, expuestas á luz se modifican en forma que la gelatina, en relación con ellas, pierde la propiedad de hincharse en agua fría y de disolverse en agua caliente.

Tratando, pues, con agua caliente la capa expuesta á la luz se elimina la gelatina que no sufrió la acción de la luz y se obtiene así una imagen en relieve, que puede obtenerse también colorada si antes de extender la gelatina se mezcló con ella cualquier color insoluble.

No repetiremos aquí cuanto es tratado extensamente en el segundo tomo de esta obra en lo que se refiere á las preparaciones cromatadas en general.

Nos limitaremos á decir que la reducción que sufre el bicromato á la luz no se debe creer ocurre según la ecuación



O, por lo menos, si esta reacción se produce, no es la única. Consideramos que otros compuestos de cromo de un grado de oxidación intermedio entre el ácido crómico y el óxido de cromo se forman en la reducción del bicromato, compuestos que insolubilizan la gelatina más enérgicamente que lo hace el óxido de cromo; entre éstos el compuesto Cr^3O^4 , que puede considerarse también como un cromato básico de cromo ($\text{Cr}^2\text{O}^3 \text{CrO}^3$).

La acción del bicromato sobre la gelatina se produce, hemos

dicho, bastante rápidamente bajo la influencia de la luz. Tal acción se produce, sin embargo, si bien de modo relativamente lento incluso en la oscuridad; esto demuestra que la reacción que ocurre es esotérmica y en ella la luz no ejerce otra influencia que la excitante.

La acción del bicromato sobre la gelatina presenta, sin embargo, una particularidad importante. Después de brevísima exposición á la luz, la acción del bicromato sobre la gelatina continúa de manera rápida, incluso en la oscuridad. Esto hecho es análogo al que se observa en la mezcla gaseosa de cloro é hidrógeno. Tal mezcla se conserva indefinidamente sin alterarse, mientras se tenga siempre en la oscuridad; pero dejada unos instantes á la luz, lo que provoca la formación de una mínima cantidad de ácido clorhídrico, la combinación de los dos gases prosigue de manera relativamente rápida incluso en la oscuridad.

Este hecho de la continuación en la oscuridad de un fenómeno iniciado por la luz, no puede producirse más que en los fenómenos esotérmicos y la acción de la luz, en tal caso, es comparable á la del calor en ciertos fenómenos esotérmicos. Así, por ejemplo, un fósforo encendido puede iniciar la combustión de un montón de leña y la combustión procede después por sí sola.

De cuanto hemos dicho últimamente se deduce que un fenómeno químico que iniciado por la luz continúa en la oscuridad no puede menos de ser esotérmico, mientras en los fenómenos químicos endotérmicos, cesando la luz debe cesar necesariamente también la producción del fenómeno.

La enérgica acción insolubilizante del bicromato en presencia de la luz se observa no sólo sobre la gelatina, sino también sobre otras sustancias, la albúmina, entre ellas, la goma y la dextrina. Y también las mezclas de bicromato, con las sustancias inducidas, son á veces usadas en la técnica fotográfica.

Una vez llegados al fin de nuestro estudio químico y termoquímico de los principales fenómenos producidos por la luz y aplicados en la técnica fotográfica, recopilaremos las consideraciones más importantes que de nuestro estudio se deducen:

La luz puede producir fenómenos endotérmicos y esotérmicos.

La luz no puede producir, en general, sino bastante limitadamente fenómenos constituidos por simples descomposiciones endotérmicas.

La mezcla al cuerpo sensible de otros cuerpos capaces de obrar de nuevo esotérmicamente con alguno de los productos de la descomposición, facilita la descomposición del cuerpo mismo. Los cuerpos que facilitan la descomposición del cuerpo sensible se llaman sensibilizadores químicos.

Los sensibilizadores químicos deben ser escogidos de manera

que den, con los productos de la descomposición, cuerpos insensibles ó bastante poco sensibles á la acción de la luz, de otro modo se dificulta la descomposición principal.

Constituye una excepción el caso en que, como en los compuestos de plata, se emplee como sensibilizador otra sal del mismo metal; en este caso, se forma un cuerpo sensible; pero el mismo que se había descompuesto. Este restablecimiento del cuerpo sensible hace también que se llegue á obtener prácticamente una imagen más intensa.

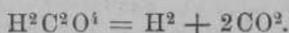
En los fenómenos esotéricos, la luz obra sólo como excitante, mientras en los fenómenos endotéricos (ya sea también el mínimo que se produce en la formación de la imagen latente) lleva á cabo un verdadero trabajo.

Un fenómeno que iniciado por la luz continúa en la oscuridad, no puede menos que ser esotérico; los fenómenos endotéricos, en cambio, se detienen cuando cesa la acción de la luz.

* * *

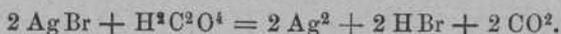
Para completar este estudio diremos que hemos hecho experimentos sobre la acción sensibilizadora del ácido oxálico y del oxalato de plata. Publicamos una nota referente á la acción sensibilizadora del oxalato de plata, en el *Eder I. für Photographie*, 1901.

El ácido oxálico tiene la composición que corresponde á la fórmula $H^2C^2O^4$. En presencia de sustancias oxidantes y, en general, de sustancias que tiendan á combinarse con el hidrógeno, sufre la descomposición siguiente:



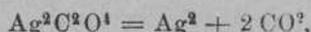
Esta descomposición, para producirse, requiere un ligero calor si se la considera sola; pero en presencia de sustancias dotadas de afinidad para el hidrógeno la reacción resulta esotérmica. Si se mezcla, pues, ácido oxálico con cloruro de plata, la descomposición de éste se efectúa con mucha mayor facilidad; el cloruro de plata, como también el bromuro de plata, en presencia de ácido oxálico se descompone mucho antes y completamente, como hemos tenido ocasión de comprobar. En efecto, una placa al gelatino-bromuro de plata, expuesta á una luz, incluso muy intensa y durante mucho tiempo, no adquiere sino una débil tinta gris. Si esta placa es sumergida en una solución de ácido oxálico al 2 ó 3 por 100, y después de seca es expuesta á la luz, se puede impresionar con un negativo una imagen intensa que pierde, sin embargo, de intensidad en el fijado. El bromo que se desarrolla del

bromuro de plata, á la luz, descompone el ácido oxálico y da ácido bromhídrico mientras se forma gas ácido carbónico. La reacción es la siguiente:



Si esta reacción se produce en presencia de humedad, y el poco de humedad que contiene la gelatina puede bastar, es esotérmica ó casi, y se comprende. Siendo así, como hemos dicho, que esta reacción debe producirse mucho más fácilmente que la descomposición simple del bromuro de plata.

El exceso de ácido oxálico presente se opone también á la descomposición del ácido bromhídrico á la luz, y la descomposición puede continuar bastante tiempo. Puede admitirse, no obstante, que, á menos de una exposición larguísima, no se ponga en libertad plata, sino que solamente ocurra formación de subbromuro de plata, y es por ello que la imagen pierde mucho en el fijado. El oxalato de plata es también, como dijimos, un sensibilizador muy enérgico para las sales haloides de plata. La descomposición del oxalato de plata según la ecuación



es, ciertamente, esotérmica. A temperatura suficientemente elevada puede producirse con detonación. El oxalato de plata se descompone á la luz en forma relativamente lenta, según la ecuación arriba anotada.

Aun siendo descomposición esotérmica, tiene por sí mismo una sensibilidad muy limitada. En cambio, si se mezcla con cloruro de plata, ayuda mucho la descomposición visible de esta última sal y conduce al mismo tiempo á imágenes muy vigorosas. El cloro que se separa del cloruro de plata descompone el oxalato de plata según la ecuación



Esta reacción secundaria esotérmica debe facilitar mucho la descomposición del cloruro de plata, que puede llegar, en este caso, quizá hasta poner en libertad plata. Hemos preparado una emulsión al cloruro y oxalato de plata que, extendida sobre placa ó papel, da, por exposición directa á la luz, imágenes de notable intensidad.

Antes de dejar el asunto de los sensibilizadores, queremos añá-

dir una última consideración, deducida de nuestros estudios sobre tal argumento.

Los sensibilizadores químicos que se mezclan á las sales haloides de plata, para facilitar la descomposición, son sustancias que pueden ser ó no sensibles á la luz. De todos modos, su sensibilidad es bastante inferior á la de las sales aloides de plata. Así ocurre con el citrato, el tartrato, lactato, albuminato y oxalato de plata.

Ahora bien; parece lógico admitir que mientras las sales de plata de ácido orgánico pueden obrar como sensibilizadores químicos para los haloides de plata, estos últimos, dotados en grado mucho más elevado de la propiedad de absorber y transformar en energía química la energía luminosa, pueden ejercer de sensibilizadores ópticos sobre las sales orgánicas de plata, facilitando la descomposición. En las placas ortocromáticas, vimos que la absorción óptica por parte de algunos colores aumenta la sensibilidad del bromuro de plata para los rayos absorbidos. No parece, pues, extraño admitir que la absorción de los rayos activos de la luz, por parte de las sales haloides de plata, pueda influenciar la sensibilidad de las sustancias mezcladas á estas sales.

En efecto; no nos encontramos en presencia de una simple absorción óptica, como en el caso de las materias colorantes, sino de una absorción acompañada de una verdadera transformación en energía química, y parece, pues, todavía más fácil explicar el efecto sobre los compuestos mezclados á las sales haloides de plata. Creemos que no sólo las sustancias ya sensibles á la luz pueden resentirse de la influencia de la presencia de las sales haloides de plata, sino también que esta influencia puede hacerse sentir sobre los compuestos dotados de una sensibilidad nula ó casi nula (como, por ejemplo, el ácido oxálico), facilitando la descomposición.

Todo ello merece, á nuestro entender, un profundo estudio, el que por nuestra parte no hemos tenido todavía la posibilidad de llevar á cabo.

ÍNDICE

PÁGINAS

PRELIMINARES 1

CAPÍTULO PRIMERO

LA LUZ

El movimiento de onda. — El movimiento de onda que constituye el sonido. — El movimiento de onda que constituye la luz. — La luz natural y su composición. 3

CAPÍTULO II

LUCES ARTIFICIALES

Luces artificiales producidas por la combustión. — Luces á incandescencia. — Luz de acetileno. — La luz oxidrica. — La luz eléctrica. — Luz producida por la combustión de sulfuro de carbono en atmósfera de óxido de ázoe 6

CAPÍTULO III

LA LUZ DE MAGNESIO Y LAS LUCES RELÁMPAGO EN GENERAL

El magnesio. — Los polvos relámpago á base de magnesia. — Polvos relámpago á base de aluminio. — Polvos relámpago para la fotografía ortocromática 14

CAPÍTULO IV

ESPECTROSCOPIA Y ESPECTROGRAFÍA

Espectro y modo de obtenerlo. — Las líneas negras del espectro. — La composición del sol. — Las principales líneas negras y las longitudes de onda. — El ultravioleta. — Experimentos Wood sobre fotografía con radiaciones invisibles. — Espectros de absorción. — Colores de los cuerpos. — Colores debidos á la interferencia. — Colores fundamentales. — Mezcla de luces y mezclas de pigmento. — Colores complementarios. — Características de los colores pigmentarios. — Bandas espectrales de absorción. 20

CAPÍTULO V

PRINCIPIOS QUE REGULAN LA ACCIÓN QUÍMICA DE LA LUZ

- I. Los rayos de luz de todos los colores (comprendidos los infrarrojos y los ultravioletas) pueden producir fenómenos químicos.—
II. Los rayos que obran químicamente sobre un cuerpo deben ser absorbidos por él. La acción química está, pues, ligada íntimamente á la absorción óptica.—III. Los rayos del espectro de todos los colores pueden dar lugar á descomposiciones y á combinaciones según la naturaleza de los cuerpos sensibles.—IV. En las combinaciones metálicas se verifica que la luz roja obra en general como oxidante y la luz violeta como reducente. En las combinaciones orgánicas es, en general, la luz violeta la que obra como oxidante. Las materias colorantes orgánicas son, pues, oxidadas en grado máximo y descoloradas por lo tanto por aquellos rayos rojos que ellas mismas absorben.—V. Se puede aumentar bastante la sensibilidad de los cuerpos para los rayos que no son absorbidos por ellos mezclándolos con sustancias capaces de absorber estos rayos.—VI. En las descomposiciones efectuadas por la luz, la presencia de una sustancia capaz de apropiarse uno de los productos de la descomposición hace que la acción de la luz sea más rápida y más completa.—VII. El comportamiento á la luz varía con la pureza del compuesto sensible, con su estado físico, con su estado de división y eventualmente (en los compuestos de plata) con la manera de desarrollar la imagen latente. . . 34

CAPÍTULO VI

FOTOMETRÍA.—ACTINOMETRÍA.—LUZ TIPO

- Fenómenos químicos utilizables para medidas actinométricas.—
Actinómetros de papeles fotográficos.—Luz tipo.—Datos sobre el poder actínico de las diversas luces. 40

CAPÍTULO VII

LAS SALES DE PLATA

- Nitrato de plata.—Nitrato de plata amoniacal.—Cloruro de plata.
Bromuro de plata.—Yoduro de plata. 44

CAPÍTULO VIII

LA IMAGEN LATENTE

- Hipótesis de la modificación química. — La hipótesis de la modificación física ó molecular.—La teoría de los gérmenes de plata.—Desarrollo físico de la imagen después del fijado y deducciones que de ello se derivan.—La imagen latente es oxidante.—Teoría de Homolka.—En conclusión. 57

CAPÍTULO IX

LA DAGUERROTIPIA

Generalidades.	66
------------------------	----

CAPÍTULO X

PROCEDIMIENTO AL COLODIÓN HÚMEDO

La yoduración del colodión.—Fórmula para la preparación de colodión yodurado.—Fluidez y sensibilidad del colodión.—Sensibilización.—Exposición y desarrollo.—Fijado.—Constitución de la imagen.—Refuerzo físico.—Debilitación.—Refuerzo por transformación química.—Barnizado y separación de las películas en los negativos al colodión.—La ferrotipia.—Procedimiento al colodión con preservativos.	69
---	----

CAPÍTULO XI

EL PROCEDIMIENTO Á LA EMULSIÓN DE COLODIÓN

La emulsión Albert.—La sensibilización cromática de la emulsión al colodión.—Desarrollo y fijado.—Otras emulsiones comerciales.—Preparación de emulsiones por uno mismo.	87
--	----

CAPÍTULO XII

EL PROCEDIMIENTO AL GELATINO-BROMURO DE PLATA

La gelatina.—Constitución y propiedades de la gelatina.—Alteración de la gelatina.—Influencia de la calidad de la gelatina en la emulsión.	92
--	----

CAPÍTULO XIII

LA EMULSIÓN FOTOGRAFICA AL GELATINO-BROMURO DE PLATA Y SUS PROPIEDADES

Maduración de la emulsión.—Influencia de la temperatura.—Influencia de la maduración sobre el grano.—Influencia del amoníaco.—Teoría de Bancroft sobre la maduración.—Influencia del yoduro de plata y del cloruro de plata en la emulsión.	93
---	----

CAPÍTULO XIV

MODO PRÁCTICO Y RECETAS PARA LA PREPARACIÓN DE LAS EMULSIONES AL GELATINO-BROMURO Y EXTENDIMIENTO SOBRE LAS PLACAS

Fórmula para la preparación de la emulsión.—Maduración.—Enfriamiento de la emulsión y su importancia.—Recetas modificadas	
---	--

para la preparación de emulsiones de menor sensibilidad.—Emulsión preparada en frío.—Lavado de la emulsión,—Pulimentación y preparación preliminar de las placas de vidrio destinadas á ser recubiertas con la emulsión.—Extendimiento de la emulsión sobre las placas.—Extendimiento mecánico.—Secado de las placas. 109

CAPÍTULO XV

EMBALAJE DE LAS PLACAS.—CONSERVACIÓN.—ALTERACIONES

Iluminación de los locales en las fábricas de placas.—Cortado y empaque.—Luz almacenada por el papel.—Influencia de las impurezas del papel y modo de atenuarlas.—Influencia de la presencia de bromuro alcalino en las emulsiones sobre la conservación de las placas.—Acción perjudicial de los metales y cuerpos diversos sobre la capa sensible. 123

CAPÍTULO XVI

DEFECTOS DE LAS PLACAS AL GELATINO-BROMURO

Grano grueso.—Agujeros y manchas transparentes.—Velo.—Puntos y estriado negros.—Capa poco consistente. 130

CAPÍTULO XVII

PRUEBA DE LA SENSIBILIDAD Y GRADUACIÓN DE LAS PLACAS

Sensitómetro Warnerke.—Importancia de la buena graduación del claro-oscuro.—Sensitómetro Scheiner.—Sensitómetro Champman Jones.—La luz tipo.—Medida de la graduación de las placas y curva característica.—Datos que se deducen del examen de la curva característica.—Métodos simplificados para observar ó trazar la curva característica.—Observaciones sobre la sensitometría y relación entre los grados de los diversos sistemas en uso. 135

CAPÍTULO XVIII

LA IRRADIACIÓN Y EL PODER RESOLVENTE DE LAS PLACAS FOTOGRAFICAS

Generalidades. 147

CAPÍTULO XIX

PELÍCULAS Y PAPELES NEGATIVOS AL GELATINO-BROMURO

Constitución del celuloide y obtención de películas sensibles.—Películas de celuloide para sensibilizar y subcapa.—Películas no enrollables en los baños.—Influencia del celuloide en la emulsión.—Películas incombustibles.—El papel negativo. 150

CAPÍTULO XX

LA IMAGEN LATENTE ANÓMALA

- Solarización.—Teoría sobre la solarización.—Sucesión de inversiones. — Capa neutra. — Placas no solarizables. — Fenómeno de Clayden.—Fenómenos de Herschel.—Fenómenos de Wood.—Efecto solarizante de las diversas energías. 156

CAPÍTULO XXI

EXPOSICIÓN Y POSA DE LAS PLACAS AL GELATINO-BROMURO. — LATITUD EN EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN Y CIRCUNSTANCIAS QUE EN ELLA INFLUYEN

- Irradiación y halo. — Para aumentar el rendimiento luminoso de las placas.—Tendencia de una placa á reproducir detalles. Influencia del espesor y rapidez de las placas fotográficas sobre la riqueza del clarscuro de la imagen negativa. 162

CAPÍTULO XXII

DESARROLLO DE LA IMAGEN LATENTE

- Generalidades sobre el desarrollo.—El desarrollo del oxalato ferroso.—Retardadores y aceleradores en el desarrollo al oxalato ferroso. 171

CAPÍTULO XXIII

GENERALIDADES SOBRE LOS REVELADORES ORGÁNICOS

- Energía de un revelador y opacidad de la imagen proporcionada.—Generalidades sobre los compuestos orgánicos derivados del alquitrán.—Relación entre la constitución química y la función reveladora.—Comparación del poder desarrollador de varios reveladores de análoga composición química.—Empleo del agua oxigenada como desarrollador.—Leyes referentes á las sustancias capaces de desarrollar sin álcalis. 177

CAPÍTULO XXIV

SULFITO DE SOSA Y BISULFITOS

- Fines de la presencia del sulfito en el baño de desarrollo.—Propiedades químicas del sulfito de sosa.—El metabisulfito de potasio. — Estudio del sulfito. Alteraciones en estado sólido y disuelto.—Conservabilidad del metabisulfito de potasio.—Su neutralización.—El bisulfito de sosa sólido y líquido.—Alteraciones del sulfito en presencia de las sustancias empleadas en los baños de desarrollo. 189

CAPÍTULO XXV

LOS ÁLCALIS Y LAS SALES ALCALINAS EN EL DESARROLLO SUSTITUTOS DE LOS ÁLCALIS

Potasa cáustica y carbonato de potasa.—Sosa cáustica y carbonato de sosa.—Amoniaco y carbonato de amonio.—Litina cáustica.—Fosfato tribásico de sosa.—Relación entre la alcalinidad del baño y la constitución química del revelador.—Baños neutros.—Sustitutos de los álcalis.—Teoría electrolítica del desarrollo. 203

CAPÍTULO XXVI

CONSTITUCIÓN.—PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS DE LOS PRINCIPALES REVELADORES ORGÁNICOS

Acido pirogálico ó pirogalol.—Hidroquinona.—Adurol.—Productos de adición de la hidroquinona con otros reveladores.—Iconógeno.—Paramidofenol.—Diamidofenol ó amidol.—Metol.—Glicina.—Reveladores varios.—Estudios varios referentes á los nuevos reveladores.—Estudios recientes sobre una nueva categoría de sustancias reveladoras.—Caracteres distintivos de los diversos reveladores 217

CAPÍTULO XXVII

CORRECTORES DEL DESARROLLO.—INFLUENCIA DE LOS ÁLCALIS Y DE LA TEMPERATURA.—EL FACTOR DE DESARROLLO

Adición de bromuro de potasio y sus efectos.—Adición de bisulfitos al baño de desarrollo para atenuar la energía.—Adición de ácido bórico.—Aceleradores.—Influencia del tenor de álcali sobre el carácter de la imagen.—Influencia de la temperatura en el desarrollo.—Factores de desarrollo (método Watkins). 234

CAPÍTULO XXVIII

RECETAS É INDICACIONES PRÁCTICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS PLACAS AL GELATINO-BROMURO

Desarrollo á la hidroquinona.—Desarrollo á la pirocatequina.—Desarrollo al iconógeno.—Desarrollo al paramidofenol.—Desarrollo al diamidofenol.—Desarrollo á la glicina.—Desarrollo á la glicina sin sulfito y sus ventajas.—Desarrollo al metol.—Desarrollo á la hidroquinona metol.—Desarrollo al adurol y al metol-adurol.—Desarrollo en dos baños.—Adiciones á los baños reveladores para el desarrollo en países tropicales.—Medios para facilitar la conservación de los baños de desarrollo. 246

CAPÍTULO XXIX

EL FIJADO DE LOS NEGATIVOS

El hiposulfito de sosa y sus propiedades.—Comportamiento del hiposulfito con los ácidos y con el alumbre.—El por qué de la acción solvente del hiposulfito sobre las sales de plata y práctica del fijado.—Utilidad del lavado de los negativos antes del fijado.—Baño ácido de fijado con bisulfito.—Baño de fijado con ácido bórico.—Adiciones de cloruro de amonio al hiposulfito para acelerar el fijado.—Necesidad de renovar frecuentemente las soluciones de hiposulfito é importancia del lavado después del fijado.—Sobre los límites de empleo de las soluciones de hiposulfito.—Eliminadores de hiposulfito.—Otros solventes de las sales de plata. 266

CAPÍTULO XXX

EL DESARROLLO FÍSICO DE LA IMAGEN LATENTE ANTES Y DESPUÉS DEL FIJADO.

Recetas é indicaciones prácticas para el desarrollo físico.—Experimentos de los Sres. Lumiere y Seyewetz sobre el desarrollo físico de la imagen latente mediante plata y empleando mercurio. 281

CAPÍTULO XXXI

SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LAS IMÁGENES DESARROLLADAS Y FIJADAS OBTENIDAS CON PLACAS AL GELATINO-BROMURO

Generalidades. 286

CAPÍTULO XXXII

REFUERZO Y SEPARACIÓN DE LA PELÍCULA DE LOS NEGATIVOS

Baños reforzadores á base de alumbre ó formalina.—Baños reforzadores á base de alumbre de cromo ordinario y alumbre de cromo básico.—Baños de fijado reforzadores.—Separación é inversión de la película de los negativos.—Separación de la gelatina para conservarla suelta.—Alargamiento de la película de los negativos. 289

CAPÍTULO XXXIII

EL REFUERZO DE LOS NEGATIVOS—DIVERSOS MÉTODOS DE REFUERZO

Refuerzo al bicloruro de mercurio, con ennegrecimiento al amoníaco, sulfito ó hiposulfito.—Empañamiento blanco en los nega-

tivos reforzados, su causa y manera de eliminarlo.—Empleo de baños reveladores para el ennegrecimiento de la imagen blanqueada y refuerzo múltiple.—Ennegrecimiento con sulfuro alcalino.—Adiciones á la solución de bicloruro de mercurio.—Ennegrecimiento con cianuro de potasio mezclado con nitrato de plata ó con sosa cáustica mezclada con formalina ó con oxalato ferroso.—Sobre algunos inconvenientes del refuerzo al bicloruro de mercurio y modo de evitarlos.—Refuerzo al yoduro de mercurio.—Refuerzo á las sales de cobre y de plomo.—Refuerzo por cloruración de la imagen y nuevo desarrollo.—Refuerzos colorados á los ferrocianuros.—Refuerzo al uranio ó al cobre de los negativos reforzados al mercurio.—Modificación á voluntad de los contrastes de la imagen con el método llamado del negativo universal. 297

CAPÍTULO XXXIV

DEBILITAMIENTO Y CLARIFICACIÓN DE LOS NEGATIVOS

Debilitamiento por cloruración y disolución del cloruro de plata.—Debilitación al prusiato rojo é hiposulfito.—Debilitador al persulfato de amonio.—Debilitador Namias al permanganato.—Debilitadores varios. 312

CAPÍTULO XXXV

EL VELO GRIS, EL VELO AMARILLO Y EL VELO DICROICO EN LOS NEGATIVOS Y SU ELIMINACIÓN

El velo gris.—Velo amarillo y manchas amarillas.—Velo dicroico, su formación y eliminación.—Veladuras ó manchas en los negativos reforzados y manera de eliminarlas ó atenuarlas. 324

CAPÍTULO XXXVI

POSITIVOS DIRECTOS Y CONTRATIPOS

Inversión con permanganato ácido ó con bicromato ácido.—Modificación de Balagny al método de inversión al permanganato.—Obtención de contratipos de placas abandonadas.—Positivos directos y contratipos por fuerte sobreexposición. 330

CAPÍTULO XXXVII

RETOQUE QUÍMICO DE LOS NEGATIVOS.—ESCRITURA SOBRE LOS NEGATIVOS

Armonización de la imagen negativa.—Aumento de contrastes.—Refuerzo y debilitamiento al pincel.—La escritura sobre los negativos. 335

CAPÍTULO XXXVIII

BARNIZADO DE LOS NEGATIVOS

Importancia del barnizado. — Barnices preservativos. — Barnices opacos. — Barnices para retoque. — Para quitar la capa de barniz de los negativos 340

CAPÍTULO XXXIX

LA FOTOGRAFÍA ORTOCROMÁTICA.—GENERALIDADES Y TEORÍAS

Las inexactitudes en la producción de los colores de las placas ordinarias al gelatino-bromuro. — Principio de Vogel y teorías relativas á la sensibilización cromática. — Necesidad de la pantalla ó filtro de luz. — Nomenclatura y características del material dotado de sensibilidad cromática. — Circunstancias que influyen en la sensibilización cromática. — Nuevos experimentos y aspectos teóricos sobre la sensibilización cromática. — Diferencia de comportamiento de los sensibilizadores en las placas al gelatino bromuro y en las de emulsión de colodión 345

CAPITULO XL

LA FOTOGRAFÍA ORTOCROMÁTICA.—LOS SENSIBILIZADORES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Sensibilizadores para el amarillo y para el verde. — Sensibilizadores para el anaranjado y el rojo. — Sensibilizadores para el rojo. — Diversos estudios sobre las materias colorantes susceptibles de obrar de sensibilizadores ópticos. — Los sensibilizadores modernos derivados de la cianina y de la isocianina. — Rojo de etilo. — Ortocromo. — Pinaverdol. — Pinacromo. — Pinacianol. — Dicianina. — Otras cianinas 355

CAPITULO XLI

LA PREPARACIÓN PRÁCTICA DE LAS CAPAS ORTOCROMÁTICAS Y PANCROMÁTICAS

Reglas generales para la preparación de placas ortocromáticas y pancromáticas. — Las placas á cromatizar. — Recetas para la cromatización al baño de las placas al gelatino-bromuro. — Acción de las mezclas de sensibilizadores. — Cromatización del colodión húmedo. — Cromatización de la emulsión de colodión. — Las preparaciones pancromáticas para la fotografía en colores con placa de mosaico. 366

CAPITULO XLII

LOS FILTROS DE LUZ Ó PANTALLAS

- Preparación de los filtros amarillos.—Modo de usar el filtro de luz.
—Requisitos que debe poseer un buen filtro de luz para fotografía ortocromática. — Control espectrográfico de los filtros de luz y representación gráfica. — Incorporación del filtro de luz á la capa sensible.—Los filtros de luz de contrastes. 380

CAPITULO XLIII

SENSITOMETRÍA DE LAS PLACAS ORTOCROMÁTICAS.—COLORES DE LA LUZ EN LOS LOCALES DONDE SE MANIPULAN LAS PLACAS ORTOCROMÁTICAS

- Sensibilidad general. — Relación de sensibilidad para el azul y el amarillo. — Diagrama de sensibilidad cromática obtenido de la banda espectrográfica. — Diagramas representando la acción de las radiaciones espectrales sobre los diversos tipos de placas. — La luz del cuarto oscuro. — Tratamiento de las placas ortocromáticas y pancromáticas. 388

CAPITULO XLIV

LA FOTOGRAFÍA CON LOS RAYOS ROENTGEN.—ACCIÓN FOTOGRÁFICA DE LAS RADIACIONES DE BEQUEREL Y DEL RADIO

- Los tubos de Roentgen.—La práctica de la radiografía.—La imagen latente producida por los rayos X.—Desarrollo y tratamiento de los negativos de las radiográficas.—Aumento de efecto de los rayos X mediante pantallas fluorescentes.—Los cuerpos radioactivos. 397

CAPITULO XLV

CONSIDERACIONES FOTOQUÍMICAS Y TERMOFOTOQUÍMICAS

- Generalidades. 405

CASA EDITORIAL BAILLY-BAILLIERE

Núñez de Balboa, núm. 21, Madrid.

RECREACIONES CIENTÍFICAS

ó

LA ENSEÑANZA POR LOS JUEGOS

(*La Física sin aparatos, la Química sin laboratorio, la Historia natural al aire libre*)

Por G. TISSANDIER

SEXTA EDICIÓN ESPAÑOLA

Madrid, 1911. Un tomo en 8.º, ilustrado con 302 grabados.

PRECIOS

Encuadernado en tela, con plancha en negro 7 pesetas.
De lujo (plancha y cortes dorados) 10 —

QUÍMICA RECREATIVA

ó

Descripción de todos los curiosos experimentos que es posible ejecutar en el campo y en la ciudad, con sólo flores naturales, algunos líquidos y varios ácidos en cantidades inofensivas

POR EL

Doctor F. DRONNE

TRADUCCIÓN ESPAÑOLA DE

D. M. R. BLANCO-BELMONTE

Madrid, 1915. Un magnífico tomo en 8.º

PRECIOS

Encuadernado en tela, con plancha en negro 6 pesetas.
De lujo (plancha y cortes dorados) 8 —

ENCICLOPEDIA DEL FOTOGRAFO AFICIONADO

Publicada bajo la dirección de M. GEORGES BRUNEL

Diez tomos en 12.º

Cada tomo consta de más de 150 páginas, ilustrado con figuras y reproducciones en el texto, impreso en buen papel satinado.

Precio de cada volumen.		La colección de los 10 volúmenes.	
En rústica.	1,50 pías.	En rústica.	15 pías.
En tela.	2,00 —	En tela.	20 —

En Provincias, 0,50 más para gastos de franqueo y certificado por tomo suelto y una peseta por la colección

NOMENCLATURA DE LOS TOMOS DE LA COLECCIÓN

- 1.—Elección de material é instalación del laboratorio, por J. Brunel.—Lo que es la fotografía.—Formación de las imágenes.—Imagen latente.—Términos fotográficos.—Diferentes aparatos.—Los diafragmas, los obturadores.—El laboratorio elemental ó completo: cómo se instala.—Los accesorios.—Los productos; su conservación.—Condiciones higiénicas del laboratorio.
- 2.—Operaciones preliminares de la fotografía; el asunto, manera de enfocar y tiempo de exposición, por J. Brunel.—Clasificación de las operaciones.—Cómo se debe escoger el asunto.—Su alumbrado.—Estación y manera de enfocar.—Tiempo de exposición.—Composición de las vistas.
- 3.—Los clichés negativos, por M. Forestier.—Las placas sensibles.—Las películas.—Colocación de los chasis.—Revelación.—Los reveladores; su acción.—Cuál revelador se debe escoger.—Fórmulas sencillas y concisas.—Los reveladores de un baño y de dos baños.—Los reveladores automáticos.—Fijado.—Lavado.—Baño de alumbre.—Barnizado.—Conservación de las negativas.—Repertorio de clichés.
- 4.—Las pruebas positivas.—Las pruebas positivas.—La preparación del papel sensible.—Diferentes papeles que se encuentran en el comercio.—Diferentes baños.—Baño virotijador.—Viraje, fijado.—Lavado.—Cómo se secan.—Encolado, satinado.—Preparación de un álbum.
- 5.—Los fracasos y el retoque.—Malos negativos y positivos: causas, investigaciones.—Medios de evitar los fracasos.—Remedios.—Baños compensadores.—El retoque de los clichés y de las fotocopias.
- 6.—La fotografía al aire libre, por P. Chauv.—Aparatos especiales.—Detectivas y gemelos.—La fotografía instantánea.—Asunto; condiciones que ha de tener.—Tiempo de exposición.—Las operaciones de laboratorio.—La fotografía científica, topográfica, etnográfica y de Bellas Artes.
- 7.—Los retratos en las habitaciones, por A. Reyner.—Disposición y alumbrado.—Pantallas y reflectores.—Colocación del modelo.—Distintos procedimientos.—Marcha de las operaciones.
- 8.—La fotografía en colores.—Positivas en colores sobre cristal y sobre papel monocromas y policromas.—Los diferentes tonos que se pueden obtener con el baño de viraje.—La fotografía de los colores.—Fotominiatura y fotopintura.
- 9.—Las ampliaciones y las proyecciones.—De las ampliaciones y de las reducciones.—Las proyecciones.—Positivas de cristal.—Pruebas sobre placas ópalo.—Pruebas artísticas.
- 10.—Los objetivos y la estereoscopia.—Algunas nociones de óptica.—El objetivo fotográfico.—Distintas formas.—Clasificación.—Defectos, cualidades.—Cuáles se deben escoger.—Pruebas de los objetivos.—Determinación y comparación de su valor.—La fotografía estereoscópica.



L. C. ...





Rodolfo Narnias

Química

Fotográfica



D-2
23457