

retratos se ha tenido que sacrificar la nitidez general y la extensión del campo visual á la intensidad luminosa; para la arquitectura y la reproducción de planos se busca la finura, la rectitud de las líneas, la planimetría de la imagen; para el paisaje es requisito indispensable la profundidad del foco y la extensión superficial. De aquí resultan numerosas combinaciones ópticas que no siempre realiza con éxito un mismo fabricante.,

Dejamos consignado casi todo lo esencial que desde el punto de vista científico encierra esta interesante aplicación de la física y de la química á las artes del dibujo. Restanos, sin embargo, hacer mención de una serie de descubrimientos hechos hace poco en fotografía, y que no carecen de interés para los físicos, para los sabios y para los artistas. Agregaremos á esta descripción sucinta algunos detalles sobre la aplicación de la fotografía misma á las ciencias y á las artes.

## V

## FOTOGRAFÍA CON LUZ ARTIFICIAL

Según acabamos de ver, la heliografía está basada en la propiedad que tienen los rayos luminosos de modificar químicamente las substancias llamadas impresionables ó sensibles, siendo las radiaciones químicas emanadas de la luz solar directa ó de la luz del día, esto es, de la luz solar difusa, las que gozan de propiedades fotogénicas. Pero en caso necesario, ¿no hay otras luces más ó menos intensas que puedan sustituir á la del Sol? Esta es una cuestión que no han tardado en plantear y resolver los físicos y los fotógrafos.

La luz eléctrica debía ser la primera en que fijaran su atención á causa de su poderosa intensidad. Hacía ya tiempo que se conocía su acción colorante sobre el cloruro de plata, puesta en evidencia por Brande poco después del descubrimiento del arco voltaico por Davy. De la Rive advirtió más adelante que ejercía cierto influjo en las placas daguerreóticas, y sacó la imagen de un busto de yeso iluminado por la deslumbradora luz de la electricidad. La aplicación de este foco luminoso á la fotografía ha entrado ya en el terreno de la práctica.

Pero esta luz es costosa. En los casos, muy raros por cierto, en que pueda ser necesario hacer *fotografías de noche*, se prefiere con mucho la luz del magnesio á la eléctrica. Gracias á la invención de las lámparas de magnesio por sir David Bréwster y al perfeccionamiento que M. Le Roux ha introducido en ellas asociando el zinc al magnesio, se ha podido emplear esta luz para fotografiar. Se ha empezado por reproducir grabados, bustos y estatuas, y de este modo se ha reconocido el valor fotogénico de la luz de magnesio, bastante menos costosa que la eléctrica.

Por este medio se ha logrado reproducir ventajosamente los objetos inanimados; pero, desde el punto de vista científico, el efecto es poco satisfactorio á causa del contraste forzosamente exagerado de las luces y de las sombras: los retratos fotográficos hechos con luz de magnesio tienen un aspecto, por decirlo así, cadavérico. En cambio se han obtenido imágenes de objetos imposibles de fotografiar, por ejemplo el interior de una de las pirámides de Egipto, el de las célebres cavernas de Kentucky conocidas con el nombre de *Mammuth-caves*, habiéndose podido reproducir con la mayor fidelidad las magníficas estalactitas de esas rocas subterráneas. También se ha hecho uso de este sistema de alumbrado y de sus propiedades fotogénicas para copiar fotográficamente los subterráneos curiosos, como las catacumbas de Roma y las de París.

Asimismo se han hecho análogos ensayos con otras luces artificiales, que han dado buenos resultados hasta cierto punto: como, por ejemplo, las producidas por un chorro de gas oxihídrico proyectado con el soplete sobre materias refractarias, como cal, magnesia, circonio, cromo, etc. Van Monckhoven ha obtenido pruebas amplificadas sobre colodión ó sobre papel en un espacio de tiempo que varía de uno á tres minutos, empleando la luz del soplete de gas proyectada sobre una mezcla de ácido titánico, magnesia y carbonato de magnesia. Por lo demás, lo más favorable para la reproducción no consiste tanto en la intensidad luminosa del foco como en la cantidad de los rayos emitidos por él.

## VI

## PRUEBAS AMPLIFICADAS. - FOTOGRAFÍA MICROSCÓPICA

Compréndese que proyectando con un microscopio solar en una pantalla sensibilizada la imagen de una prueba fotográfica, todos los detalles agrandados de esta prueba se formarán en la pantalla. Si se ha operado con un negativo, resultará una prueba positiva, pero también se puede obtener un clisé negativo asimismo amplificado, y sacar con él tantas pruebas positivas como se quiera por el método ordinario; este último método es mucho más expedito, consistiendo en lo siguiente:

Con el clisé negativo hecho en la cámara oscura se saca primeramente un clisé positivo de las mismas dimensiones: en seguida se somete éste á la amplificación del microscopio solar, de suerte que la prueba amplificada resulta entonces negativa. Claro está que esta prueba se hace en un cristal sensibilizado por los medios ya conocidos. Cuando se ha revelado y fijado esta prueba negativa, agrandada hasta las dimensiones apetecidas, se tiran con ella las pruebas positivas. De este modo no hay que emplear más que una vez el aparato óptico de amplificación, lo cual explica la mayor rapidez de este método.

La dificultad en la amplificación de las pruebas fotográficas consiste en sacar rápidamente pruebas limpias, sin que se deformen y que conserven el vigor de tonos de las pruebas hechas en la cámara oscura. En un principio, las fotografías amplificadas dejaban mucho que desear por todos conceptos; pero á fuerza de ensayos se ha llegado á perfeccionarlas notablemente. Más adelante veremos que este método, aplicado á la astronomía, ha dado sorprendentes resultados en manos de operadores ilustrados y hábiles.

Compréndese la importancia de este procedimiento, no tanto para las vistas ordinarias y para los retratos, como para la reproducción de objetos cuyos múltiples detalles escapan al lápiz del más diestro y minucioso dibujante. El deseo que mostraba Arago al emitir su dictamen sobre el invento de Daguerre, de ver el fiel traslado de los millares de jeroglíficos que adornan los monumentos del antiguo Egipto, se ha realizado hoy, gracias al sistema de amplificación de las pruebas fotográficas.

Si la imagen, de algunos centímetros de diámetro, de un astro como la Luna, puede transformarse así en una fotografía de un metro y más, permitiendo estudiar detenidamente la configuración orográfica de nuestro satélite, ¿cuánto más precioso no será dicho método al reproducir los millares de imágenes de objetos naturales que por su pequeñez son casi invisibles! Para obtener este resultado era preciso poder sacar fotografías perfectas de esos seres infinitamente pequeños, progreso que también se ha realizado

y del cual ha resultado una rama nueva del arte inventado por Niepce y Daguerre: la *fotografía microscópica*.

A M. Bersch se debe en gran parte este nuevo paso, por cuanto este sabio ha inventado los instrumentos ópticos necesarios para sacar imágenes microscópicas así como su amplificación ulterior y las disposiciones que se han de tomar para las varias operaciones que dicha reproducción exige. Otros han contribuido á perfeccionar estos procedimientos y á obtener fotografías de gran perfección, y entre ellos citaremos á Neyt de Bruselas, Dagron, Moitessier, Lackerbauer y J. Girard de Francia. Todo el mundo conoce esas maravillosas é imperceptibles fotografías, tamañas como una cabeza de alfiler, que, engastadas en una sortija ó en un dije cualquiera, se ven con una lente como si tuvieran las dimensiones de las fotografías ordinarias: retratos, vistas, monumentos, etc. Adaptados estos diminutos

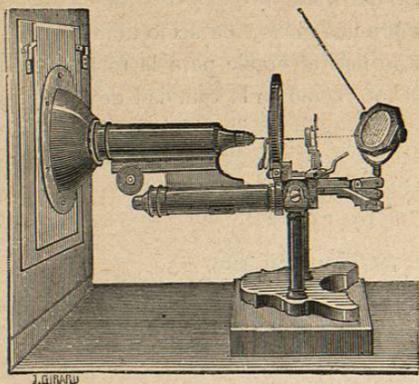


Fig. 704.—Microscopio adaptado á la cámara oscura para la fotografía

objetos á la clase de antejo que hemos descrito más arriba con el nombre de *antejo Stanhope*, llevan consigo el microscopio merced al cual se les puede ver agrandados y con todos sus detalles. Un punto apenas perceptible se convierte en la página entera de un libro que se puede leer con la misma facilidad que en el original. Tan precioso invento es obra de M. Dagron.

Con todo, esto no pasa de ser un objeto de pura curiosidad, de capricho; pero la fotografía microscópica no se ha limitado á esas miniaturas de utilidad discutible, sino que se la ha aplicado á reproducciones útiles, habiendo encontrado ancho campo en que prestar verdaderos servicios en la micrografía zoológica y vegetal.

“La fotomicrografía, dice J. Girard, es un método iconográfico admirable, merced al cual el sabio conserva el testimonio innegable de sus descubrimientos, y que reproduce sin desfigurarlas las maravillas de delicadeza de las encantadoras composiciones de la Naturaleza. Es interesante en alto grado, puesto que reúne el arte ameno de la fotografía con el más atractivo de los instrumentos de óptica. Con un microscopio ordinario y aparatos fotográficos elementales se pueden sacar imágenes microscópicas; para los trabajos de micrografía superior se requiere mayor lujo de instalación. El sistema más sencillo consiste en adaptar el microscopio á una cámara oscura desprovista de objetivo, poniendo en lugar de éste una pieza suplementaria de caucho (fig. 704), que sirve para unir el microscopio con la cámara oscura. Todo ello se coloca sobre una mesa y junto á una ventana por donde penetren los rayos del Sol. Por medio del reflector se ilumina fuertemente el instrumento, y la

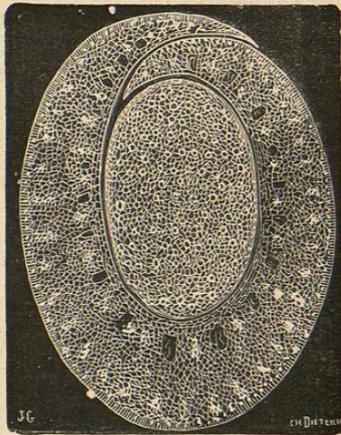


Fig. 705.—Estudios de fotomicrografía vegetal. Corte diametral de un tallo de *Canna indica*.

imagen del objeto se proyecta en el cristal deslustrado de la cámara oscura. Las demás operaciones fotográficas son idénticas á las usadas generalmente., (*Las plantas estudiadas con el microscopio.*)

Al presentar M. Girard á la Academia de Ciencias fotografías microscópicas de diatomeas hechas con varios aumentos, se expresaba como sigue acerca de los medios empleados por él: “Estos medios son idénticos á los de la fotografía común, con la única diferencia de que el objetivo está reemplazado por otro muy pequeño, alumbrado por la luz solar reflejada mediante un espejo plano ó cóncavo, según las circunstancias. Para dar á esta luz las cualidades fotogénicas necesarias, es indispensable corregirla interponiendo al efecto un vidrio azulado. Si no tiene la intensidad suficiente, como cuando se hace uso de objetivos fuertes cuya lente frontal apenas tiene un milímetro de diámetro, entonces se ha de recurrir á un condensador.,”

“La fotomicrografía, añade este sabio, es un medio exactísimo para reconocer esos seres infinitamente pequeños de más difícil distinción; la imagen obtenida da á comprender de un modo irrefutable todo el valor óptico del microscopio, y además permite apreciar los diferentes efectos de luz que de otro modo no se podrían percibir, observándose á menudo la interferencia y la difracción en algunas diatomeas mediante notables combinaciones.,”

El mismo autor ha hecho otra aplicación no menos interesante de la fotografía microscópica estudiando por medio de la luz polarizada los cristales de ciertas sales.

Esta rama de dicho arte presta servicios no menos valiosos á la medicina y á la fisiología. El doctor Ozanam ha ideado un aparato que anota fotográficamente los latidos del pulso con todas sus fases, resultando una línea ondulada que, después de amplificada, presenta todas las variaciones que pueden ocurrir en las pulsaciones durante el breve intervalo de la cienmilésima parte de un segundo.

En resumen, los innumerables descubrimientos que merced al microscopio se han hecho en el terreno de las ciencias naturales tienen digno complemento en la fotografía que, mediante la amplificación de las pruebas de ellos obtenidas, permite estudiarlos de un modo permanente.

Durante el sitio de París por los alemanes prestó la fotografía microscópica servicios de otra índole. Gracias á ella, se pudo reducir á una superficie de algunos centímetros cuadrados los despachos más largos y voluminosos, que las palomas viajeras llevaban, debajo de sus alas, de las provincias á París. La organización de este correo microscópico inicióse en Tours bajo la dirección de M. Blaise, fotógrafo de dicha ciudad. Al principio se sacaban sobre papel las pruebas reducidas de tal suerte, pero el grano del papel perjudicaba la finura del texto, y además el tiempo de exposición á la luz era muy largo, sobre todo en invierno. Por estas razones se dió la preferencia al

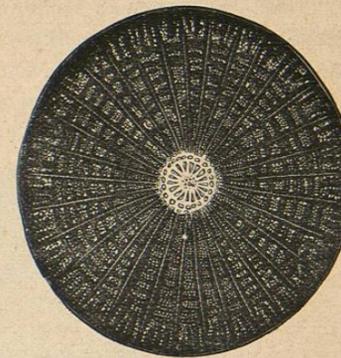


Fig. 706.—Estudios de fotomicrografía vegetal. Una diatomea



Fig. 707.—Fotografía microscópica. Facsimile de un despacho expedido en París durante el sitio.

sistema propuesto por M. Dagon, que á fines de noviembre de 1870 fué enviado de París á Tours en globo. Este fotógrafo reproducía los despachos en tenues películas de colodión muy ligeras y bastante sensibles para no necesitar más que dos segundos de exposición en vez de dos horas. He aquí algunos detalles acerca de este asunto, tomados de un folleto publicado por M. Dagon:

“Cada película era la reproducción de doce ó diez y seis páginas en folio, conteniendo por término medio, según el tipo empleado, tres mil despachos. El leve peso de estas películas permitió á la administración cargar á una sola paloma con diez y ocho ejemplares, dando un total de más de cincuenta mil despachos que pesaban en junto *menos de medio gramo*. Toda la serie de despachos oficiales y privados que hemos

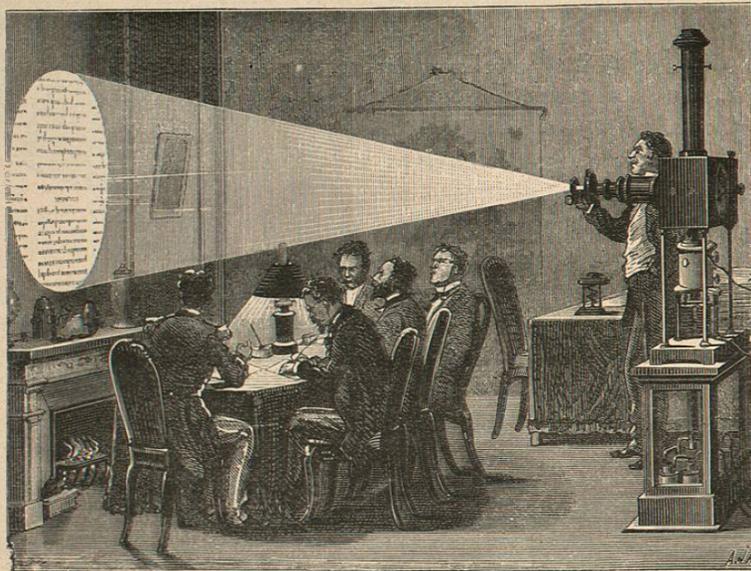


Fig. 708.—Amplificación y lectura de los despachos microscópicos durante el sitio de París

hecho durante el asedio de París, en número de ciento quince mil, representaba *un peso total de un gramo*. Una sola paloma hubiera podido llevarlos. Si multiplicamos ahora el número de despachos por el de ejemplares sacados, resultará que hemos hecho más de dos millones quinientos mil despachos durante los dos meses peores del año.

„Se metían las películas enrolladas en un cañón de pluma que los agentes de la administración ataban á la cola de la paloma: su gran flexibilidad y su impermeabilidad completa las hacían muy á propósito para este uso. Además, mi preparado seco reúne la triple ventaja de poderse utilizar en el momento, de no producir ninguna burbuja y de no desprenderse del cristal al revelar la imagen; además es completamente seguro para emplearlo, y nada ocasionado á desperfectos como los sistemas ordinarios.”

Al llegar á París los despachos microscópicos se los amplificaba y proyectaba en una pantalla con un microscopio solar alumbrado con luz eléctrica, pudiéndose así copiar su contenido, pues la transparencia de las películas facilitaba su proyección en la pantalla, donde no costaba trabajo alguno leerlos (fig. 708).

Esta fué sin disputa una de las aplicaciones más útiles al par que ingeniosas que hayan podido hacerse de la ciencia física y del arte de la fotografía, aunque por desgracia demasiado tarde para el interés supremo de la defensa nacional.

## VII

## FOTOGRAFÍAS INSTANTÁNEAS

La rapidez de la impresión fotográfica ó la corta duración del tiempo de exposición á la luz es en muchos casos una de las condiciones de éxito para el fotógrafo. Hemos visto que en la época de Daguerre la placa sensible debía estar sometida quince minutos por lo menos á la acción de la luz en la cámara oscura; así que entonces era imposible retratar; y las pruebas de la reproducción de paisajes, de los árboles y, en una palabra, de todos los objetos algunas de cuyas partes se mueven y que reciben la luz de distintos modos, eran bastante imperfectas. Mas habiéndose perfeccionado los procedimientos y los aparatos de óptica, y habiéndose descubierto además substancias impresionables de gran sensibilidad, estas dificultades se han ido allanando poco á poco.

Con todo, la rapidez de la operación depende todavía de ciertas condiciones que no se pueden reunir siempre: es preciso que los objetos que se han de fotografiar estén iluminados por una luz muy viva; el fotógrafo debe servirse de un objetivo de gran diámetro y de movimiento rápido, y sobre todo la superficie expuesta á la acción luminosa debe ser sumamente sensible. Cuando se han llenado estos requisitos, se logran resultados que parecen asombrosos por lo que respecta á la rapidez de la impresión, y en atención á los cuales se ha dado á las pruebas obtenidas el nombre de *fotografías instantáneas*.

Las fotografías de la superficie del Sol, que nos han dado á conocer ciertos accidentes de la foto-esfera, como las manchas, con todos los detalles de la estructura del núcleo y de las penumbras, las fáculas y finalmente los poros ó rugosidades, merecen que se las clasifique á la cabeza de esta categoría; sólo que en este caso puede decirse que, para sacarlas, la excesiva intensidad de la luz exigía la no menos excesiva rapidez de la operación. “La duración de la exposición á la luz debe ser tan corta, dice el P. Secchi, que para regularla se necesita emplear un aparato especial. Este aparato consiste en una placa metálica que corre por una ranura y que tiene una hendedura muy angosta cuya anchura se puede variar como se quiera: en el momento de la operación se suelta un fiador; la placa obedece á la acción de un muelle, y la hendedura pasa rápidamente al través del cono luminoso.”

Sin embargo, los astrónomos más hábiles, como Warren de la Rúa, Rutherford, no habían conseguido fotografiar sino los accidentes que se veían con más facilidad en la superficie del Sol, como las manchas y las fáculas. Por lo que hace á la superficie fotosférica, tan sólo presentaba en sus pruebas un confuso veteado, sin indicar los delicados detalles de la estructura en granulaciones que ciertos observadores habían columbrado con el telescopio. M. Janssen ha sido el primero que ha logrado reproducir estos detalles por medio de la fotografía. He aquí, según dicho astrónomo, las principales condiciones para esta reproducción:

“La inferioridad de las imágenes fotográficas solares obtenidas hasta aquí, dice, consistía únicamente en las condiciones desfavorables en que se sacaban. En primer término figuran las circunstancias de duración exagerada en la acción luminosa; y en efecto, cuando ésta es demasiado prolongada relativamente á su intensidad, la imagen fotográfica se agranda rápidamente y sus contornos son confusos. Este fenómeno, al

que podría llamarse *radiación fotográfica* (sin prejuzgar su causa), es muy marcado en las fotografías de eclipses totales hechas desde 1860, en las cuales se advierte que la imagen de las protuberancias invade el disco lunar en una cantidad que asciende á 10, 15 y más segundos. Compréndese que, cuando se trata de granulaciones solares de un diámetro medio de 2 á 3 segundos, no se las puede reproducir en fotografías en que la radiación fotográfica sea de un valor superior á sus propias dimensiones. Por esto he estudiado cuidadosamente el tiempo de la acción luminosa, para ver de allanar este obstáculo principal....

„El tiempo de la acción luminosa, que es la condición exclusiva de buen éxito, se ha reducido hasta  $\frac{1}{3000}$  de segundo en verano. Se necesita un mecanismo puramente especial y muy perfecto para regular así una duración tan corta y conseguir para las varias partes de la imagen una igualdad de acción luminosa que debe realizarse en  $\frac{1}{10000}$  de segundo. Cuando la duración de la acción luminosa es tan corta, la imagen está aún mucho más latente que en las circunstancias ordinarias; hay que aplicarle un desarrollo lento y terminarlo por el refuerzo con ácido pirogálico y nitrato de plata. Creo inútil añadir que se han de hacer las operaciones fotográficas con el mayor cuidado cuando se trata de imágenes destinadas á revelar tan delicados detalles; en particular, se ha de preparar el algodón pólvora á una elevada temperatura para que suministre una capa de suficiente finura. Cuando se han realizado estas condiciones, se obtienen imágenes solares que, comparadas con las antiguas, constituyen un mundo nuevo....„

En estos últimos tiempos se ha logrado reducir bastante el tiempo de exposición por otros conceptos, ó mejor dicho, la duración de la impresión, para que el objetivo del fotógrafo pueda reproducir los objetos movedizos, los animales andando ó volando y los trenes de las vías férreas en marcha.

## CAPÍTULO VIII

### HELIOGRABADO.—FOTOLITOGRAFÍA

#### I

##### IMPRESIÓN CON SALES DE ORO Y PLATA Y CON GELATINA BICROMATADA

Desde la invención de la fotografía, todos los esfuerzos de los investigadores se han encaminado hacia la solución de este doble problema: obtener pruebas positivas inalterables; multiplicar el número de pruebas. Y en efecto, una vez obtenido el clisé ó negativo, el objeto que se ha de lograr es la impresión. Por este concepto, lo mismo sucede con la fotografía que con los demás medios de reproducción, como grabado, litografía y tipografía.

Dejamos ya descrito el procedimiento de impresión de las pruebas positivas mediante las sales de oro y de plata (1), así como los medios empleados para la fijación.

(1) El agente de esta clase de impresión es la luz, cuyas radiaciones, que ejercen, según hemos dicho, acciones reductoras y oxidantes en ciertas substancias, son el principio mismo de la foto-química, ó, lo que es igual si consideramos las aplicaciones de esta rama de la física, el principio de la fotografía. Completamos cuanto llevamos dicho acerca de este asunto.

Este procedimiento, además de ser costoso, tiene el grave inconveniente de que se alteran con facilidad las pruebas sacadas; pero como éstas son las más hermosas y agradables á la vista, son también las más buscadas. Verdad es que se han hecho grandes progresos por lo que á su conservación atañe, y tanto que hoy las pruebas hechas en buenas condiciones con cloruro de oro dan imágenes que duran fácilmente quince ó veinte años, cuando veinticinco años atrás las pruebas obtenidas por este procedimiento apenas soportaban seis meses de exposición á la luz.

Hay otro sistema de impresión por la acción de la luz, que ha alcanzado el mismo grado de perfección que el de los cloruros de oro ó plata, y tiene además la ventaja de durar un espacio de tiempo indefinido. Es el procedimiento *con carbón*, descubierto en 1852 por Poitevin, y que está basado en una propiedad notable de la gelatina (ó de cualquier otro cuerpo mucilaginoso, como albúmina, fibrina, goma arábiga, etc.), cuando se le añade un bicromato alcalino ó térreo, como el bicromato de potasa. La mezcla en partes iguales de una solución concentrada de gelatina y de otra, concentrada también, de bicromato es insoluble, aun en agua caliente, si se la expone á la luz. Por consiguiente, si se hace una mezcla de los elementos de que hablamos con substancias colorantes insolubles, como el carbón, y se extiende con uniformidad por una hoja de papel, y cuando ésta se ha secado se la pone detrás de un clisé negativo sacándolo á la luz, he aquí lo que resulta. Todas las partes de la superficie que reciben la acción luminosa directa ó difusa se vuelven insolubles, y por tanto, si se lava el papel con agua tibia, todas las partes de la gelatina á las que no ha llegado la luz del sol se disuelven, quedando únicamente estampadas en el papel las partes iluminadas, proporcionalmente á la intensidad de la luz que ha atravesado el clisé. De este modo se obtiene una imagen de color inalterable.

El procedimiento con carbón tiene las mismas ventajas que las de la tirada de los ejemplares de un grabado que se efectúa imprimiéndolos con tinta de imprenta. La solidez de los ejemplares depende de la mezcla de gelatina en que el carbón (negro de humo) entra como materia colorante. Pero en realidad, todo el procedimiento está basado en la propiedad que tienen ciertas substancias orgánicas (albúmina, goma arábiga, gelatina), impregnadas de bicromatos alcalinos, de recibir la impresión de la luz haciéndose insolubles. En breve nos ocuparemos de otras aplicaciones importantes del mismo.

El invento de M. Poitevin no tuvo al pronto todo el éxito que se prometía su autor;

La luz tiene la propiedad de descomponer ó reducir en sus elementos ciertas sales, como el nitrato de plata, los cloruros, bromuros y yoduros de los metales menos oxidables, plata, oro, mercurio, platino, etc. Esto en cuanto á las acciones reductoras. El oxígeno y los cuerpos halógenos, yodo, bromo, etc., que propenden á abandonar los metales cuyos compuestos se hallan expuestos á la luz, tienen en iguales circunstancias cierta propensión á fijarse en varias materias orgánicas y combinarse con ellas: en este caso hay oxidación.

Sobreponiéndose los efectos de estos dos modos de acción, es decir, estando sometidas á la luz las materias orgánicas impregnadas de materias salinas, la influencia de éstas resulta por lo mismo activada. Pero no es menester que los dos elementos de la mezcla se hallen expuestos simultáneamente á la luz; basta que uno de ellos reciba el efecto de ésta para que se produzca la imagen, pero ésta no se revela sino cuando se hace intervenir el tercer elemento. Entonces aparece la prueba negativa; por lo que respecta á la positiva, claro está que se la debe al mismo modo de acción de la luz.

Añadamos una observación interesante, y es que por lo regular hay reciprocidad entre las substancias impresionables y las reveladoras. Por ejemplo, si se expone primero á la luz un papel impregnado de nitrato de plata, el ácido gálico ó sulfato de hierro revelará la imagen. Pero si por el contrario se pone al sol un papel impregnado de ácido gálico, el nitrato de plata servirá en seguida de substancia reveladora.