

2542

DT4/1

Memoria titulada: La
fotografía aplicada a las
ciencias de observación
1894-1895

41

La Fotografía
aplicada à las ciencias de observacion

Memoria presentada al Ilmo. Sr. Director
del Observatorio Astronómico de Madrid por
el astrónomo segundo D. Antonio Vela y Ferraz

I

Invencion de la Fotografia; su importancia y rápidos progresos del nuevo arte.

Entre los numerosos progresos del siglo XIX, entre los timbres de gloria y legítimo orgullo, que han de hacerle acreedor á la veneracion de las generaciones futuras, uno de los más importantes, el que acaso debe figurar el primero, es la invencion de la Fotografia; puesto que, entre todos los procedimientos de estudio y de trabajo, empleados por el hombre en sus indagaciones, tal vez ninguno ofrezca la trascendencia que este, porque ninguno le puede poner en relacion más íntima con el mundo exterior, ninguno puede, con más facilidad, conducirle al conocimiento de lo próximo y de lo lejano, de lo infinitamente grande y de lo infinitamente pequeño, del objeto distante y permanente, ó del fenómeno rápido y momentáneo; en una palabra: ningún procedimiento de investigacion puede, como el fotográfico, proporcionar, en todos los casos á que se aplica, una idea de los hechos y de las cosas tan exacta, ó tan aproximada á la realidad, como es dado pretender y alcanzar á los hombres, en la eterna campaña de indagaciones y de estudios, que forma y continúa aumentando el caudal de conocimientos, que llamamos artes y ciencias.

La invencion de la Fotografia aparece rodeada de circunstancias especiales, ciertamente distintas de las que concurren en la generalidad de los descubrimientos; es cosa corriente y casi natural el-

pronunciaba detalladamente el programa, realizado hoy día con pasmosa facilidad.

Y tengase en cuenta que tal programa debiera haberse desarrollado antes; que los progresos de la Fotografía han debido ser más rápidos; pero, durante muchos años, hanse limitado los hombres científicos à utilizar los servicios de la nueva rama de la Física, en provecho de sus especiales aficciones, sin prestar el servicio recíproco, y hacer progresar la Fotografía en sí misma, perfeccionando sus procedimientos ó aumentando su rapidez. A medida que el nuevo arte iba resultando deficiente para resolver las múltiples cuestiones en que se le quería utilizar, las ciencias físicas volvían à él sus ojos; resolvían la dificultad del momento, y continuaba la serie de aplicaciones, hasta encontrar y vencer un nuevo tropiezo.

Más, en el último tercio del presente siglo, son tantas las especialidades, tantas las nuevas industrias, tantas las exigencias artísticas; que, de muy diversas procedencias, llegan mejoras y perfeccionamientos à la Fotografía. Dedicamos unos al estudio y fabricación de cristales; estudian otros las propiedades químicas de los cuerpos y las reacciones aplicables à este ramo especial; ocupanse algunos de la manera más fácil de conseguir la impresión fotográfica en una pequetísima fracción de segundo; muchos consagran su vida à determinar la influencia que ejercen sobre las placas los diferentes colores del espectro, según sea la naturaleza de la capa sensible; y, por todos estos conceptos, la Fotografía mejora, aumenta y adquiere desarrollo, devolviendo à todas

Las ciencias el auxilio que frecuentemente la prestan.

Los primeros ensayos fotográficos se remontan al año 1814, en cuya fecha Niepce fijó la imagen producida por la cámara negra, reprodujo grabados y obtuvo algunos retratos, sirviéndose del betún de juda. Conquistó, pues, la fidelidad en la reproducción, y continuó sin cesar sus experimentos, asociándose á Daguerre, quien en 1820 descubrió la imagen latente, sin la cual la Fotografía hubiera reportado muy escasa utilidad bajo el punto de vista práctico. Daguerre demostró que ciertas sustancias pueden ser impresionadas por la acción de la luz, sin que sean visibles las trazas de esta impresión, que se hace después aparecer, mediante determinados reactivos. El perfeccionamiento del procedimiento de dicho inventor puede decirse que ha llegado á su máximo, gracias á los trabajos realizados por varios químicos, y muy principalmente á los estudios del belga Stas, que dió por resultado la introducción en la fotografía del gelatino-bromuro; con capas unidas de esta materia puede obtenerse la imagen latente de un objeto en $\frac{1}{100}$ de segundo y en $\frac{1}{5000}$ si se trata del sol. Por último, Balbot concibió la idea de obtener una imagen negativa, utilizable para la producción de cualquier número de positivas, en lugar de la imagen única y directa que obtenía Daguerre.

Gracias á estos tres genios existía, pues, un nuevo arte, que proporcionaba imágenes de los objetos, con las tres condiciones necesarias y únicas que se pueden apetecer: fidelidad, facilidad y rapidez.

La fidelidad fotográfica bajo el punto de vista de la forma, es

tal, que algunos han llegado á temer que perjudicase al arte de la pintura, ya que el nuevo procedimiento suministraba una imagen bruta de la realidad; más sobre no existir tal inconveniente, puesto que los entusiastas de las bellas artes buscan siempre la inspiración exclusiva del artista, aquella fidelidad y aquella exactitud adquieren inmenso valor bajo el punto de vista científico. Y tenga-se en cuenta que dicha exactitud en cuanto se refiere á la forma, falta en la reproducción de colores; lo cual nos dice que, respecto de esta cualidad fotográfica, queda todavía mucho espacio por recorrer; que es preciso resolver este importante problema, acometido hoy por buen número de físicos y químicos; puesto que, una vez resuelto, se prestaría á maravillosas é interesantes aplicaciones.

En cuanto á la facilidad en la ejecución puede decirse que hemos llegado al más alto grado apreciable. Con aparatos excelentes y de muy fácil manejo; con placas secas, previamente preparadas, que pueden sufrir la exposición, y diferir las operaciones ulteriores casi todo el tiempo que convenga; el más inepto puede sacar algún partido del arte de Daguerre; y el curioso, el perito y el aficionado pueden realizar largos viajes y obtener comodamente preciosas y muy interesantes colecciones fotográficas. Pero esta facilidad, esta comodidad tan agradable que experimenta el fotógrafo, á quien se entrega, ya realizado, la mayor parte del trabajo, que ha de ejecutar; esta gran ventaja práctica, que ofrece el gelatino-bromuro, comparado con el antiguo procedimiento del colodion, va también acompañada de sus inconvenientes;

prueba evidente de que todos los progresos de los hombres llevan consigo inconvenientes y reparos: el que prepara sus placas, conoce los elementos con que trabaja, y á nadie puede culpar de cualquier imperfección si no las preparó debidamente y á conciencia; el que usa placas preparadas ha de sufrir los inconvenientes ajenos á todo lo que es objeto de comercio y especulación; y ocurre á veces que resulta inútil el cliché de un objeto ó fenómeno, que no puede retratarse nuevamente.

La rapidez fotográfica quedó establecida en 1878, cuando Stas publicó sus estudios sobre los diversos estados del bromuro de plata, é influencia respectiva de la luz sobre cada uno de ellos. A partir de la citada fecha, más que sobre la instantaneidad de las placas, se ha trabajado sobre el medio de poderlas exponer durante muy breve espacio; sobre la manera más fácil de abrir y cerrar instantaneamente el aparato, que ha de dar acceso á la luz; y se han ideado varios sistemas de obturadores que, aparte ciertos inconvenientes que presentan algunos de ellos, permiten exponer la placa durante la reducidísima fracción de segundo anteriormente citada. Resuelto este tercer punto, de importancia capital en las operaciones, no citará de más advertir que la excesiva rapidez puede también perjudicar en ciertos casos, porque produce en la placa un tigrero grueso, que á veces puede ocasionar errores, como ocurre, por ejemplo, en las fotografías de estrellas.

Estimulado acaso por los trabajos del celebre químico belga, varios sabios, especialistas en determinados ramos de las ciencias, consagraron su empeño decidido al estudio de la Fotografía en sí misma, haciéndole

progresar rápidamente, y colocandola en situación de prestarse á las múltiples y cada día más interesantes aplicaciones que de ella se hacen. Vamos pues á examinar ligeramente el partido que de la novísima rama de la Física han sacado los astrónomos y meteorólogos, prestando en absoluto de lo auxilio que aquella presta á otras muchas ciencias y artes, por ser estas cuestiones muy importantes, pero poco pertinentes al objeto de esta breve memoria.

II

Meteorología. Registadores fotográficos.

Convencidos los meteorólogos de que la Fotografía, no solamente ve y observa lo que escapa á nuestra vista, sino que registra los fenómenos con admirable precisión, no han vacilado en tomarla como eficaz compañero en sus investigaciones; en términos que, hoy día, el que á tales estudios se dedica, tiene muy buen cuidado de iniciarse en la práctica de las operaciones fotográficas. Estas le han de conducir fácilmente al conocimiento de las oscilaciones del barómetro y del termómetro, del magnetismo terrestre, de la forma, altura y particularidades de las nubes, y de otros muchos fenómenos, que pueden ser fielmente registrados.

El aparato registrador es un observador constante, concienzudo é incansable; un observador fidelísimo, á quien basta darle cuerda para que funcione durante buen espacio de tiempo sin solución de continuidad.

Los resultados, que tales aparatos suministran, ofrecen, sobre los cuadros numéricos, sacados de observaciones aisladas, siquiera sean estas sistemáticas, la ventaja de que hablan à la vista, indicando de un modo clarísimo las fases por que ha pasado un fenómeno cualquiera, durante un lapso determinado de tiempo, y poniendo de manifiesto los máximos, mínimos y circunstancias excepcionales, que han concurrido en un elemento meteorológico.

Empleanse hoy día registradores de pluma, muy cómodos, de fácil manejo, y que proporcionan excelentes diagramas meteorológicos; pero la bondad de tales instrumentos no amengua el mérito de los fotográficos; aparte de que los registradores de esta especie pueden aplicarse à los aparatos tipos, en tanto que los mecánicos tienen una construcción especial, de cuyos errores y defectos está libre el procedimiento que nos ocupa.

No pretendemos llegar à minuciosos detalles, referentes à los diversos aparatos fotográficos, empleados en el estudio del tiempo; pero si indicáramos que su construcción es muy sencilla: lo que se pretende, en último término, es retratar las oscilaciones del mercurio en el tubo del barómetro ó del termómetro; y esto se consigue, desarrollando, por medio de un mecanismo de relojería, una hoja sensible, encerrada en una caja, provista de su abertura, en donde se proyecta la imagen del extremo de la columna mercurial; dicho extremo y parte de la escala graduada imprimen su silueta sobre la hoja, que se renueva diariamente, y se revela por los procedimientos ordinarios.

En el termómetro, en lugar de buscar la imagen del final de la columna, se prefiere la de la línea que produce una burbuja de aire, interpretada en el hilo mercurial, y que hace el oficio de índice.

Los procedimientos de iluminación, así como las distintas formas de chassis, relojes y demás elementos de que constan estos aparatos, varían según los constructores; siendo notables los construidos por Ronalds, premiados por el gobierno inglés, y utilizados en gran número de observatorios.

El uso frecuentísimo, que de estos aparatos se hace, es prueba evidente de su utilidad. Los aficionados á estudiar y comparar observaciones meteorológicas encuentran en aquellos ventajas indecibles, pues, valiéndose de las curvas que representan la presión barométrica, la temperatura, la humedad y demás elementos meteorológicos, economizan el trabajo de ir dándose cuenta del significado de los números, de la comparación de estos, y de su reducción si las observaciones no están referidas á la misma unidad métrica. Inconvenientes, repetimos, que desaparecen ante la presencia de las curvas, aun cuando tengan estas curvas diferentes, porque á muy poca costa se puede formar juicio exacto ó muy aproximado á la verdad de las analogías que entre las diversas curvas existen, en semejanza ó desemejanza, coexistencia de máximos y mínimos, y otras circunstancias dignas de meditación. En una palabra: los registradores fotográficos, empleados en gran número de localidades, durante los mismos períodos de tiempo, pueden servir de poderoso auxiliar en los trabajos

de climatología, y ser un elemento importante en todos los estudios relacionados con las vicisitudes atmosféricas. P

Para registrar el magnetismo terrestre se han ideado ingeniosos aparatos, que marcan una línea continua mientras las barras permanecen en reposo, y un zig-zag, cuando aquellas experimentan alguna desviación. Análogamente, retratando los cambios de posición, sufridos por las hojas de un electroscoipo, se ha conseguido analizar la marcha y variaciones sucesivas del estado eléctrico de la atmósfera. Para concluir: cuanto fenómenos físicos sean capaces de interpretación, por medio de movimientos visibles, podrán ser sometidos a la acción fotográfica, y el meteorólogo llegará a coleccionarlos, y a estudiarlos con tranquilidad y confianza absoluta, sacando el mayor partido posible para la resolución de ulteriores problemas, de aquellas observaciones continuas y exactas, realizadas con muy poco esfuerzo por un observador de condiciones intachables.

El mismo fundamento práctico tienen los ingeniosos aparatos fotográficos de que se sirven los señores Neumaier y Fovet, para estudiar respectivamente la temperatura del fondo de los mares, y la variación periódica de la transparencia de las aguas del lago Lemán; instrumentos, sobre cuya construcción y condiciones no insistiré porque creemos haber dicho ya lo suficiente para dar á comprender la importancia de la fotografía, en esta rama especial de sus aplicaciones.

Meteorología.

Nubes, tormentas y paisajes lejanos

El estudio de la cantidad, forma y disposición de las nubes, ha interesado siempre á los meteorólogos, y, recientemente, el Comité meteorológico, reunido en Upsala, acordó dar impulso á la observación de estos datos, procurando que, en plazos fijos, y con arreglo al mismo método, se observe todo lo concerniente á las nubes en el mayor número posible de localidades. Y para este trabajo, que se iniciará en gran número de estaciones meteorológicas el día 1.º de Mayo de 1896, el Comité recomienda que se utilicen preferentemente los procedimientos fotográficos.

El Atlas de Hildebrandson, que sirvió de punto de partida, para hacer una clasificación completa de las nubes, compo-
 nese de una serie de fotografías, y otra colección de citas, numerosa que
 la primera, y abarcando nubes de muy diversos países, servirá
 también de norma para la formación del nuevo Atlas, que, en
 la actualidad, preparan, para su publicación, tres individuos
 de aquel Comité, comisionados para tal objeto.

No puede negarse que la forma y movimiento de las nubes están en relación más ó menos inmediata con los cambios de tiempo, y que la orientación de determinadas clases de cirri y strati, y el sentido y velocidad con que se mueven, pueden darnos idea más ó menos vaga de la dirección en que soplan las corrientes superiores

de la atmósfera; cuyo conocimiento se persigue hoy día por diferentes caminos, por la influencia que con razón se le supone en las vicisitudes y trastornos del tiempo. Si el estudio de las nubes es indispensable en todo los observatorios, claro es que debe tratarse de realizarlo en las condiciones más ventajosas, en la forma más completa, y que mejor se preste á todo linaje de ulteriores investigaciones. Ahora bien: la descripción del aspecto de las nubes rara vez dá una idea exacta ni aun aproximada de las mismas; el dibujo es también insuficiente, y exigiria inmenso trabajo, si por este medio hubiera de representarse la forma compleja y las rápidas modificaciones que las nubes experimentan; luego se impone el empleo de la fotografía, siempre que se pretenda dar idea del aspecto del cielo en un momento dado. Una colección de fotografías de nubes, correspondientes á localidades separadas por todo el mundo, y obtenidas á una misma hora, durante un plazo fijo, un año por ejemplo, con arreglo á los deseos y á las prescripciones del Comité de Upsala, constituiria un monumento científico, y sería objeto de muy detenido estudio por parte de los sabios, y aficionado á meditar sobre las variaciones del tiempo, y sobre la formación, trayectoria y desenvolvimiento de las depresiones atmosféricas.

La fotografía de las nubes ha ofrecido varias dificultades, pues es sabido que, sobre las placas nubladas, el azul obra aproximadamente como el blanco, y, en consecuencia, tratándose de nubes poco intensas, la exposición ordinaria produce una especie de cielo casi uniforme, sin

diversa en las nubes, sin contrastes, y sin detalles y líneas de verdadero interés; y como precisamente eran nubes tenues, blancas ó ligeramente azuladas, con los cirri y algunos cir-cumuli, situados á gran altura, muy variables de forma, y muy dignos de estudio por las relaciones que los ligan á los cambios de tiempo, comprendí que la dificultad de fotografiarlos con exactitud constituyera un obstáculo serio. Preciso se ha hecho, para vencerlo, destruir la acción fotogénica del azul del cielo, conservando la intensidad de las nubes, y este problema ha sido resuelto felizmente por varios meteorólogos, consagrados con entusiasmo á la Fotografía, por la convicción que abrigan de los servicios que puede prestar á las ciencias de observación.

Diversos procedimientos se han puesto en práctica para conseguir este resultado; pero el generalmente seguido, por ser el más cómodo y producir excelentes clichés, es el debido á Hildebrandson, que consiste en interponer en el trayecto de los rayos pantallas amarillas, que intercepten los rayos azules del cielo, en cuyo caso actúa solamente sobre las placas la escasa cantidad de luz amarilla que emiten las nubes. El inventor de este sistema ha obtenido muy buenas pruebas, empleando como pantallas cubos de cristal, de 6 á 7 milímetros de espesor interior, y que contengan un líquido amarillo, una disolución de bicromato de potasa por ejemplo. La experiencia enseña que dichos cubos pueden ser substituidos por cristales amarillos de diferente intensidad, usándolos tanto más obscuros cuanto más fuerte sea el azul del cielo. Como la acción química de los rayos amarillos sobre la placa sensible es muy débil, conviene

adoptar para otros fines las placas ortocromáticas, especialmente sensibles á dicho color. El tiempo de exposición depende principalmente de la intensidad del cristal, pero, cualquiera que esta sea, se obtienen muy buenos resultados abriendo y cerrando á mano el obturador, lo que representa aproximadamente medio segundo de exposición, en lugar de la pequeña fracción de tiempo que representa el disparo mecánico de aquel instrumento. Operando en estas condiciones he podido obtener muy regulares negativas de diversas clases de nubes.

Como el éxito de este género de trabajos depende principalmente del tiempo de exposición, conviene advertir que es preferible prolongarlo hasta el segundo, á disminuir el medio, de que antes hemos hablado, aún cuando se trate de placas ultra-rápidas; porque, si la exposición ha sido corta, la imagen de las nubes será borrosa y poco definida, el contraste será escaso, y no habrá más remedio que apelar al refuerzo fotográfico, que, en esta clase de clichés, debe evitarse siempre que sea posible, porque altera la pureza de las líneas; en cambio, si la exposición ha sido demasiado larga, solo existe el peligro de que el revelador ennegrezca toda la placa, peligro que se evita, empleando el revelador de hidroquinona, rebajado ó debilitado con agua destilada, en proporciones que solamente la práctica aconseja; pero, cuando tal práctica se adquiere, se logra que la imagen aparezca lentamente, lo que permite detener la operación cuando el cliché presenta los tonos deseados.

Como decíamos antes, una colección de placas de nubes, correspondiente al plazo de un año, sería un dato de gran valor, para relacionarlo con los demás

elementos meteorológicos, y estudiar la influencia que la cantidad de nubes, forma, movimientos y procedencia de las mismas puedan tener con las alteraciones del tiempo.

Al lado de cada positiva debe constar el día y hora de su obtención, añadiendo después la fecha de la primera lluvia ocurrida desde que se tomó la fotografía; que no se estudian lo mismo las relaciones complejas entre los elementos que influyen en el estado del tiempo, por medio de números y descripciones más ó menos vagas, incompletas á veces, que ante la representación exacta de los fenómenos.

La serie de fotografías de nubes, que aparecen por la región S.O. del cielo de Madrid, sería muy interesante, porque precisamente por dicha parte de nuestro horizonte llegan las nubes más densas, las que producen lluvias con más frecuencia, y las que originan mayor número de tempestades. En un estudio análogo de las nubes formadas sobre la próxima sierra de Guadarrama, no carecería de importancia local, si se tiene en cuenta la influencia que en el clima de una localidad determinada ejercen las cordilleras, modificando el curso, intensidad y efectos de la mayor parte de las depresiones que las atraviesan.

En el transcurso de una tormenta eléctrica es preciso observar cuantos fenómenos interesantes se presenten, y entre estos se encuentran los rayos y relámpagos. Aragó clasificó los primeros en lineares ó en zigzag, andros ó de mudria superficie y globulares.

Pero la verdadera forma y los aspectos más ó menos caprichosos

que las descargas eléctricas afectan, han sido estudiadas y conservadas por la Fotografía, procedimiento indispensable e inimitable en este caso, ya que la brevedad del fenómeno no se presta á dibujos exactos.

Las primeras observaciones de este género se hicieron en el mes de Julio de 1853; año y mes notables por el gran número de tempestades eléctricas que estallaron en la Europa central. El fotógrafo austriaco Robert Haenel dirigió su objetivo hacia la región del cielo, donde las nubes eran más imponentes y los relámpagos más vivos y continuos; y renovando sucesivamente las placas, consiguió obtener seis magníficos dibujos, de distintas y bien dibujadas figuras. Estas son análogas á las que afecta la diispa eléctrica en la máquina de Ruhmkorff; la diferencia consiste solamente en que las baterías celestes son más poderosas, y las diispas observadas en las tormentas tienen kilómetros de longitud, en lugar de las pequeñas dimensiones de los diisparos producidos con máquinas artificiales.

En las fotografías de ciertos relámpagos se observa la forma arborescente, es decir, que parten de la línea principal otras muchas más finas, que se subdividen á su vez, imitando el ramaje de un árbol, ó el trazado sobre un mapa de un río notable, con las líneas delicadas, que representan los ríos de importancia secundaria, los arroyos y los torrentes que afluyen al primero.

El estudio fotográfico del rayo y del relámpago ha interesado á los sabios, y debiera realizarse sistemáticamente en los

observatorio, formando colecciones completas de las tormentas ocurridas durante varios años, y utilizando este dato importante, para la averiguación de las causas y explicación de los fenómenos curiosos, que en en las tempestades concurren. El procedimiento no puede ser más sencillo: enfocar por la noche una región de nubes tempestuosas, y dejar expuesta la placa, retirándola y substituyéndola cada vez que se vea un relámpago en las nubes elegidas.

Al conocer los trabajos de Haenel y otros meteorólogos, los físicos comenzaron a fotografiar las disipas eléctricas, producidas por nuestras máquinas, puesto que al fin y al cabo estas disipas son relámpagos de insignificantes proporciones; y hoy día se ha generalizado el procedimiento fotográfico, para estudiar la naturaleza, forma y velocidad con que se propaga la disipa eléctrica.

Ya que hemos tratado de poner en claro la utilidad de la Fotografía aplicada á los fenómenos meteorológicos, hasta bajo el punto de vista del estudio completo y eficaz de ciertos fenómenos puramente locales; debemos expresar nuestro deseo de aportar otro elemento para el análisis y definición del clima de Madrid, cual es la colección de fotografías de los diversos aspectos que presenta la sierra inmediata en el curso del año, con las nubes que sobre ella aparecen, y con las nieves que en gran parte la cubren, durante todo el invierno, bastante tiempo de la primavera y la mayor parte del otoño.

De muy buen grado hubiera yo llevado á cabo este proyecto,

del cual tengo hechos repetidos ensayos; más á la distancia de 50 kilómetros, y con un objetivo de insignificante diámetro, aparece la sierra como una estrecha banda, y las nieves como manchas confundidas con las nubes; lo que quita á las pruebas gran parte de su valor; sin que pueda resolverse la dificultad, apelando á las ampliaciones fotográficas, que representan considerable aumento de trabajo, fácil de evitar hoy día, en que se fabrican aparatos, que permiten obtener á tal distancia excelentes fotografías. A distancias mayores se han tomado vistas de ciertos picos de los Alpes, que dan profusión de detalles en la forma del terreno, en las nieves y en las nubes que rodean aquellas alturas.

La necesidad de fotografiar paisajes lejanos hizo pensar, hace tiempo, en la construcción de aparatos adecuados á estos fines especialísimos. Por tres caminos distintos se ha intentado llegar á la solución del problema: empleando objetivos de largo foco; adoptando dos sistemas ópticos convergentes, y, por último, combinando una lente objetiva convergente con una divergente, que recoja los rayos luminicos, antes de llegar al foco de la primera, y proporcione una imagen real, inversa y ampliada del objeto enfocado.

Descartados, en las operaciones puramente fotográficas, los dos primeros sistemas, en atención á que exigen montaje de gran tamaño y de manejo difícil en la práctica, usase solo el tercero, y con gran frecuencia, bajo la forma que constituye el

teleobjetivo de Dallmeyer. Consta el instrumento de una lente convergente y de una divergente, que recibe el haz de rayos, suministrado por la primera. Compréndese que, según sea la posición relativa de las dos lentes, los rayos luminosos que salen de la segunda, pueden ser convergentes, paralelos ó divergentes; y en los tres casos amplifican la imagen del objeto, como puede fácilmente comprobarse por medio de un dibujo, haciendo cuidado de que la segunda lente se separe de la primera menor cantidad que la longitud focal de esta. Para la tirada de negativas se disponen las dos lentes de modo que los rayos, que emergen de la segunda, sigan siendo convergentes, aunque algo desviados de su dirección; con lo cual se consigue una imagen real y ampliada sobre el cristal delustrado ó sobre la placa sensible.

Para un objeto, situado á determinada distancia, la placa sensible puede ocupar diversas posiciones, dentro de límites dados, y en todas ellas se consigue una imagen perfectamente distinta y enfocada, variando la distancia relativa de las dos lentes. Estas variaciones están previamente calculadas, pues á los instrumentos de Dallmeyer acompaña una instrucción y unas tablas, que indican la distancia que debe mediar entre las lentes objetiva y negativa, para cada posición particular del cristal delustrado. Posición, por otra parte, fácil de determinar por tanteos, cuando

se tiene alguna experiencia.

El autor ha construido tres distintos modelos de objetivos tele-
fotográficos, diferentes entre sí por el tamaño y poder de sus lentes
respectivas. A todos ellos acompaña una colección de diafrag-
mas, necesarios para dar à la imagen claridad y pureza en los
contornos, y en tal forma calculados los diámetros de las correspon-
dientes aberturas, que, al pasar de cada número al siguiente,
de más pequeño orificio, haya que doblar el tiempo de ex-
posición de la placa.

Los tres modelos han producido excelentes resultados; las fo-
tografías de objetos y paisajes, tomadas por el autor, à las distancias
de 50 y de 70 kilómetros, han llamado la atención de los intelligen-
tes, y han valido à Dallmeyer el justo renombre de constructor, de
que goza en la actualidad.

Con el modelo número 2, cuyo coste completo no excedería
de cuatrocientas pesetas podría formarse una colección útil y cu-
riosa de fotografías de la próxima Sierra, tomadas en muchos días
del año en que, por la cantidad ó distribución de la nieve, ó por
las caprichosas formas de las nubes que sobre el Guadarrama aparecen
y se renuevan frecuentemente, ofrecen al fotógrafo paisajes incitan-
tes, y dignos de consagrarles una placa, aun cuando no existieran
otras razones, de índole científica, en pro de la realización de un
trabajo de esta índole.

IV

Fotografía astronómica
Dificultades de la cuestión

La Astronomía es sin duda alguna la ciencia que ha sacado más partido de la Fotografía, la que más ha utilizado todos los progresos de la nueva rama científica, adaptándolos á trabajos astronómicos de todas clases, la que más ha fomentado tales progresos, y la que hoy día se promete mayores triunfos, fundado en la aplicación inteligente de los procedimientos fotográficos.

No había transcurrido un año desde la fecha de la invención, cuando los fotógrafos trataron de aplicar sus conocimientos á la exploración del cielo, al par que los astrónomos recurrían á la Fotografía, tomándola como poderoso auxiliar de sus investigaciones. Con tal empeño se entregaron unos y otros á la nueva labor astronómico-fotográfica, en tales términos se han cumplido las predicciones de Arago, que no han faltado personas ilustradas que compatieceren á los astrónomos de épocas anteriores, que pasaron su vida, consagrados á la observación de vista y oído, para llevar á cabo trabajos que, en adelante, á muy poca costa podría realizar cualquiera. Como si el trabajo de observación, ejecutado con inteligencia y buena fe, pudiera nunca resultar inútil para la formación y progreso de las ciencias; y como si hoy día, cuando se acomete la más interesante y

trascendental de las aplicaciones fotográficas, no se buscaba ante todo, como norte y guía de los trabajos, un cúmulo de observaciones de precisión sobre estrellas de todas las latitudes.

Contestando Madler á estos entusiasmos exagerados, acentuaba la nota pesimista, y decía en 1808: "Las fotografías de los objetos celestes distan mucho de proporcionar los múltiples detalles, que aprecia todo observador sagaz, dotado de buena vista, y la Fotografía muy poco podrá enseñarnos acerca de los astros, que no podamos estudiar con la ayuda de buen telescopio." El que así hablaba era un anciano, que había gastado su vida escribiendo el cielo, y asistía á la inauguración de un arte nuevo, que se presentaba arrogante, y pretendiendo substituir por una operación sencilla, casi puramente mecánica, lo que hasta entonces había exigido esfuerzos sin cuento y vigiliat prolongadas. Dos años después de publicada, aquellas frases, la Fotografía prestaba eficazísimo auxilio á los astrónomos de todos los países, que apreciaron con facilidad todos los fenómenos ocurridos durante el eclipse de 1870.

Pero esto no quiere decir que la Fotografía quite ó mengue la importancia de la observación; antes bien, la completa, y aumenta el campo de la exploración científica en proporciones prodigiosas, y la substituye en ciertos fenómenos instantáneos, que exigirían una observación precipitada, con exposición á error de todo linaje. La placa sensible, substituyendo á la vista del

observador, tiene cierta analogía con la maquinaria, introduce en las grandes fábricas; disminuye el trabajo personal, más no prescinde en modo alguno de la inteligencia, absolutamente precisa en todas las empresas de los hombres.

No es tarea fácil, apropiada á mis escasas fuerzas, la de referir y juzgar uno por uno, los múltiples progresos, realizados en la fotografía celeste, ni en tal cosa pensé al redactar esta Memoria; solo trato de exponer á grandes rasgos las dificultades de carácter físico ó químico, que surgieron, y qué preciso viene antes de obtener provechosas aplicaciones; y de presentar después el verdadero estado actual de este ramo de la Astronomía, en lo que se refiere á fotografías del Sol, la Luna, estrellas, planetas, y fenómenos celestes.

Varios inconvenientes notaron bien pronto los primeros que aplicaron á las indagaciones astronómicas los conocimientos fotográficos. Construyeme los objetivos de nuestros anteojos de modo que acomodan principalmente los rayos luminicos, á los cuales es mas sensible el ojo humano, esto es, el rojo y el verde; pero, una vez conseguidas las condiciones ópticas de la imagen, faltan las condiciones químicas: el foco óptico no coincide con el químico. Añádase á este inconveniente el de distorsión, ó desigual brillantor de la imagen, cuando se tratan de tamaños algo considerable, pues el cono luminoso es cortado por un plano en las operaciones, y la superficie focal es esférica, lo que da lugar á que la pantalla ó placa en que se dibuja la imagen no coincida con la superficie focal, sino que

sea tangente ó secante á esta última, y se comprendió que los primeros ensayos, realizados principalmente con el tel, habían de producir elidies poco limpios y definidos; enfocados en el centro, pero borrosos en los bordes, ó viceversa.

Estos inconvenientes pueden en gran parte remediarse, prescindiendo del ocular, de que se hacía uso en los primeros ensayos, reduciendo, en su parte esencial, á adaptar al anteojo astronómico una cámara negra, cuyo cristal delustrado y después su diáfragma, provisto de la placa sensible, recibía la imagen, haciendo el oficio de pantalla. Pero también se puede recibir sobre la placa la imagen formada en el foco mismo del objetivo, renunciando en consecuencia, á la amplificación del ocular. Este plan exige objetivos de gran tamaño si se trata de obtener fotografías de dimensiones algo considerables; y, como ejemplo de investigaciones de este género podemos citar las fotografías obtenidas por Porro, y las del eclipse de 1870, en que los astrónomos americanos emplearon un anteojo de 14 metros de distancia focal.

Este procedimiento resulta más incómodo y menos práctico que el primero: la enorme longitud del tubo dificulta los movimientos del anteojo, por lo cual es preciso colocarlo en una posición fija, y dirigir al objetivo los rayos solares con la ayuda de un heliostato. Estos inconvenientes y el deseo natural de los astrónomos de operar con instrumentos de refracción, montados cenatorialmente y, á ser posible, utilizables para la observación directa, hicieron que se pensara

de un modo serio y persistente en la correccion de ~~diferencia~~ de focos; diferencia que se aproxima á uno 5 mm. por cada metro de distancia focal, sin que exista proporcionalidad entre dicha diferencia y la longitud focal del antejo.

Mr. Rutherford contruyó un objetivo, cuyas superficies estaban especialmente corregidas para los rayos quiniicos; obtenianse con el nuevo aparato muy buenas fotografias, pero resultaba aquel completamente inútil para las observaciones ópticas. Mr. de la Rue reemplazó las lentes por reflectores parabólicos, que tenían la ventaja de proporcionar un foco único para rayos de color y naturaleza diferentes. Y por aquella misma época descubrió Mr. Cornu un método facil para transformar en fotogrífico un objetivo ordinario: reduce el procedimiento á separar los dos cristales que componen la lente acromática ordinaria, colocándolos á una distancia proxivamente igual á la separación ó diferencia de los dos focos. Empleando este recurso disminuye un poco la distancia focal, pero se obtienen en cambio buenas pruebas fotogríficas, y se conserva el instrumento en disposicion de servir para las observaciones de todas clases; nada tiene de particular, en vista de estas razones, que la ingeniosa idea de Cornu se haya llevada en gran número de observatorios al terreno de la práctica.

Desde la fecha de aquel descubrimiento se ha trabajado constantemente en Astronomia fotogrífica, empleando uno los instrumentos de refraccion, y usando otros los reflectores, especialmente contruidos

para el objeto. El instrumento refractor se adapta mejor á los usos astronómicos por su más cómodo manejo y por la mayor facilidad con que se le puede hacer seguir á una estrella, durante un intervalo de tiempo, que puede ser excido en muchas ocasiones. Pero, si se trata de fotografiar nebulosas, ó estrellas de las últimas magnitudes, las ventajas del reflector son evidentes y palpables: un buen espejo plateado refleja más del noventa por ciento de la luz incidente, que llega, sin sufrir ninguna reflexión, á la placa sensible; en tanto que las cuatro superficies de las lentes fotográficas, más el ocular del anterior ocasiona una gran pérdida de luz, que obliga á aumentar considerablemente el tiempo de exposición; esto sin contar otra pérdida no despreciable, debida á imperfecciones de la corrección cromática, que no es posible destruir de un modo absoluto.

Desde hace algunos años los aparatos fotográficos de refracción han llegado á imponerse en la mayor parte de los observatorios, gracias á los notables perfeccionamientos llevados á cabo en su construcción por los hermanos Henry, astrónomos del Observatorio de París, que construyeron un excelente objetivo de 16 centímetros de abertura, acromatizado para los rayos químicos. Con esta lente obtuvieron en 1844 magníficos clichés de estrellas en las proximidades de la vía láctea; en términos que, entusiasmado el Director del Observatorio, Almirante Moindres, hizo construir inmediatamente un gran aparato fotográfico, de 0^m 33 de abertura, cuya lente se debe á la habilidad de los hermanos Henry, y de cuya construcción mecánica se encargó el cele-

brado artista Mr. Gautier

El fundamento ó parte esencial de este aparato, instalado en París el año 1845, y empleado hoy día en gran número de observatorios, comprometidos para la formación de la Carta y Catálogos celestes, estriba en la construcción de la lente especial, compuesta de un cristal de flint y otro de crown, ambos aplanéticos para los rayos quínticos más intensos del espectro y acromatizados para estos mismos rayos.

Los astrónomos, que no disponen de un instrumento de este género, emplean todavía el procedimiento de Cornu, ó interponen una nueva lente convergente entre el objetivo y el ocular, con lo que se consigue análogo resultado, si bien las imágenes resultan más imperfectas; otros, finalmente, siguen utilizando los reflectores, consiguiendo á veces imágenes admirables, como sucede, por ejemplo, con la preciosa colección obtenida por Sir Isaac Roberts, por medio de un gran telescopio de 50 centímetros de abertura, acompañado de un refractor de 20 centímetros de diámetro en el objetivo, para las observaciones oculares. Dicha colección, publicada á principios del año 1894, contiene 53 láminas, donde aparecen, perfectamente definidas, gran número de estrellas, nebulosas y conglomerados.

Las dificultades apuntadas y felizmente resueltas constituyen los obstáculos con que principalmente han luchado los astrónomos, consagrados á tan oscura índole de investigaciones; pero, sin revestir aquella trascendencia, sin el carácter de obstáculo serio, se presentan otras muchas, que ha sido preciso atacar y vencer, para llegar á

resultados perfectos, ó por lo menos utilizables en el progreso astronómico, con el carácter de datos, tan aproximados á la cetera, como la Astronomía los exige y maneja diariamente.

La colocación de diafragmas, bien para disminuir la abertura del objetivo, ó ya en la proximidad del ocular; la necesidad de rapidísimos obturadores, de que no se puede prescindir en ciertos casos, y que son difíciles de construir de tal modo que produzcan iluminación idéntica en toda la placa; la orientación de las placas sensibles, y la medida de distancias sobre las mismas, necesaria para referir la posición de todas las estrellas á la de algunas de ellas, bien determinadas, y que sirven de estrellas fundamentales ó guías; el perfecto movimiento de relojería, indispensable en las exposiciones de larga duración; y otras muchas exigencias de la Fotografía astronómica; han sido y aun son hoy día objeto de concienzudo estudio por parte de los astrónomos. No citamos los inconvenientes de carácter puramente fotográfico, que á veces pueden dar lugar á resultados inciertos ó erróneos, y en ocasiones pueden inutilizar el trabajo, por las malas condiciones de los materiales.

De todas estas dificultades, vencidas muchas en absoluto, y solo en parte algunas de ellas, hemos de hacer mención especial, al apuntar los progresos recientes de la Fotografía astronómica, en los diversos ramos ó secciones en que puede dividirse, y de que trataremos sucesivamente en los artículos sucesivos.

V

Astronomía.

Helio-fotografía.

Por primera vez se trató de obtener una prueba fotográfica del astro del día el año 1843, en cuya fecha Daguere obtuvo una prueba, medianamente definida, del espectro solar; pero, considerando no más que como ensayo el intento del celebre inventor, puede decirse que el primer trabajo de esta índole, realizado con éxito, se llevó á cabo el 2 de Abril de 1845, cuando los señores Lixeau y Foucault, mediante una exposición de $\frac{1}{60}$ de segundo, obtuvieron una excelente fotografía del Sol, que figura en las obras de Arago, y pone de manifiesto el exceso de intensidad luminosa que se observa desde el centro hasta los bordes; particularidad ya sospechada por el ilustre astrónomo.

A partir de esta fecha se viene trabajando en fotografía solar por astrónomos de todos los países. En 1849 indicaba Vaye la posibilidad de observar fotográficamente el Sol con el anteojo meridiano; más esta observación meridiana ofrece muy pocas ventajas sobre la observación directa que, en este caso particular, resulta preferible, tanto por su brevedad, cuanto por las garantías de exactitud con que la realiza cualquier observador algo ejercitado.

En 1854 espuso John Herschel el proyecto de fotografias sistemáticamente el Sol en los observatorios ingleses, para hacer un estudio metódico y completo acerca de la formación, duración,

trayectoria y distribución superficial de las manchas solares, aspirando a formar así un juicio más acabado y más exacto de los fenómenos que presenta el astro citado, que el suministrado por el método seguido anteriormente, y que consistía en dibujar las manchas de la imagen solar, proyectada sobre una pantalla. Warren de la Rue, el gran campeón de la fotografía celeste, acogió el proyecto con entusiasmo y, gracias a sus esfuerzos, comenzó a funcionar en el observatorio de Kew un excelente fotoheliógrafo, en Agosto de 1858. Tenía este aparato 1,50 de distancia focal, y daba imágenes de 0,30 de diámetro; magnitud suficiente para el estudio de las manchas, faculas y otras particularidades que ofrece el disco solar.

Después de observar en España el eclipse del año 50, el instrumento que trasladado a Cranford, donde le utilizaron durante tres años, y en 1869 fue enviado nuevamente a su destino. Desde dicha época, y sin interrupción de ningún género se efectuó en Kew la observación sistemática de las manchas solares, durante un período completo de máximo a máximo, formando una colección de 2778 fotografías solares, tomadas en 1721 días. Desmontado el célebre instrumento, y enviado a los talleres de Dallmeyer, para sufrir algunos retoques, continuó después su labor fotográfica en el observatorio de Greenwich, mientras en Kew seguía observando las manchas solares, con arreglo al antiguo sistema del dibujo sobre proyecciones.

El mismo artífice Dallmeyer construyó, por los años 72 y 73

instrumentos idénticos al de Kew, con destino á los observatorios de Wilna, Lisboa y otras ciudades importantes, donde comenzó el trabajo astro-fotográfico de un modo regular. En Francia se entregaba Mr. Jansen á incesantes investigaciones, haciendo que la Fotografía no se concretara á la reproducción fiel de los detalles, que el observador puede percibir con la ayuda de poderosos aparatos, sino que se convirtiera en origen y causa de valiosos descubrimientos. En efecto: de las sistemáticas observaciones de Jansen se deduce que la imagen fotográfica del Sol puede revelar fenómenos que escapan á la observación directa: la llamada red fotosférica se ha visto por vez primera en las fotografías obtenidas recientemente por el sabio astrónomo francés.

El estudio de la superficie solar, y muy especialmente el de los accidentes, designados con los nombres de faculas y manchas, ha preocupado á los astrónomos, durante tres siglos, y es indudable que no podían avanzar nuestros conocimientos, relativos á la constitución física del Sol, sin acometer previamente y con grandes elementos el estudio de la fotosfera. No existía medio hábil de reconocer en el gran océano de fuego la forma de las granulaciones, de los granos de arroz, de esas hojas de sauce, que la vista percibe vagamente, y aparentan constituir una especie de corrientes de materia semifluida. Los clichés fotográficos de creca dimensión nada nuevo nos enseñan acerca de estas misteriosas aglomeraciones; acasó obedezca este hecho al conocido fenómeno de la irradiación, en virtud del cual la imagen, originada por una luz muy viva, rebasa un poco el contorno, y aparece en el cliché

dimensiones algo mayores que las verdaderas; y, como el diámetro de las granulaciones es insignificante, comprendese sin esfuerzo que la irradiación puede sumergir en una luz difusa los detalles, llamados granos de arroz, y obscurecer la pureza de contornos del limbo solar.

A vencer estas dificultades acudió Mr. Dawson con entusiasmo y fe dignos del éxito obtenido. Aumentó considerablemente el tamaño de la imagen y, valiéndose de un obturador especial, que él mismo ideó, redujo el tiempo de exposición á menos de 0,001 de segundo. Por ambos conceptos disminuye el efecto de la irradiación, y se obtiene además otra ventaja: las imperfecciones de la capa sensible tienen menor importancia á medida que los dichos aumentan de tamaño. Gracias á todas estas precauciones y al celo é inteligencia que Dawson desplegara en sus trabajos, estamos á punto de desvanecer el misterio de la constitución fotosférica. En las fotografías del Observatorio de Mendon se observa una granulación, que cubre toda la superficie solar; el brillo de los pequeños granos es muy desigual, dando á entender que están situados á diversas profundidades, y los granos más brillantes solamente cubren una pequeña porción de la superficie del astro. La inspección de las imágenes nos enseña también que la fotosfera está dividida en multitud de regiones, de contornos poligonales ó redondeados; en los intervalos que separan estas figuras los granos están bien definidos, mientras en el interior de las mismas aparecen quebrados ó incompletos, y aun á veces desaparece en absoluto la granulacion. Se puede sospechar, en vista de estos hechos, que, en los

referidos espacios, un trastorno violento ha confundido los elementos granulares.

De todos estos hechos podemos deducir que la continuación de las investigaciones comenzadas nos conducirá á nuevas revelaciones, acerca de la naturaleza íntima del globo solar. En algunos sitios, donde se ha observado la imagen del sol, proyectada sobre una pantalla, durante muchos años, y formado colecciones numerosas de manchas solares, continúa hoy día el estudio de estas y, en general del aspecto físico del astro, mediante la fotografía, substituyendo á las cenatoriales ordinarias, primitivamente empleadas, instrumentos análogos al de Jansen, expresamente contruidos para el objeto, y que proporcionan imágenes del sol, en que puede percibirse el más pequeño detalle que aparezca sobre su superficie; en tanto que las imágenes producidas por las cenatoriales ordinarias, si bien no dan idea clara de las faculas y manchas, para poder seguir la estadística varonada de estos fenómenos, nada nos enseñan acerca de las granulaciones solares. Buena prueba de esta diferencia ofrecen las fotografías del sol, pertenecientes al Observatorio del Vaticano, obtenidas con una cenatorial ordinaria hasta 1893, con el gran Heliógrafo de Jansen, á partir de esta fecha; y unas y otras comparadas ya por los actuales observadores con los dibujos del P. Secchi.

En lo sucesivo se formarían seguramente, con instrumentos iguales, colecciones análogas á las que hasta hoy se han formado por el procedimiento del dibujo; y es de esperar que, gracias á la rapidez de los nuevos obturadores, á la perfección de las lentes fotográficas, y á los incansables progresos de carácter

puramente fotográficos, podemos continuar, con marcado provecho, el estudio de la fotófera, y tal vez penetrar la misteriosa relación que parece existir entre las perturbaciones del magnetismo terrestre y los trastornos que tienen su origen y asiento en la superficie del astro luminoso.

VI.

Astronomía

Espectro-fotografía

Si los métodos seguidos por los astrónomos para explorar el cielo dependen directamente del desarrollo y progreso de la Física, no es de extrañar que aquellos métodos se perfeccionen al enriquecerse la ciencia con un instrumento nuevo y poderoso, que permite llegar al conocimiento de la materia que constituye los astros; y es muy natural que se haya hecho uso de auxilios tan valiosos para investigar la naturaleza y propiedades de la atmósfera que envuelve nuestro Sol.

No cabe en los modestos límites de este trabajo un estudio detenido, ni una reseña siquiera, de los progresos realizados por la rama de las ciencias físicas, llamada Espectroscopia, en razón al instrumento que la ha dado origen; sobre el espectro del Sol y de las estrellas se han escrito, en estos últimos años varias obras muy voluminosas y bien razonados folletos y artículos de revistas. Baste decir que, con ayuda de la moderna ciencia, en vez de limitarnos al conocimiento de las masas, volúmenes y movimientos de los cuerpos celestes, hemos llegado con facilidad a determinar sus componentes simples y compuestos, es decir,

la naturaleza de la materia que los constituye.

Para realizar estos trabajos se han ideado gran número de espectroscopios, cada vez más perfectos y más prácticos; más cuando se trató de obtener dibujos surgió serias dificultades: a tal la variedad de rayos, la multitud de matices, la difusión con que aparecen ciertas regiones del espectro, que jamás se podrá llegar, por el procedimiento directo, à obtener otra cosa que un grosero esbozo, muy distante de la realidad. Por esta razón Rutherford y Draper apelaron à la Fotografía y han conseguido excelentes resultados, fijando con gran exactitud la posición de gran número de rayos, en regiones del espectro perfectamente representadas, en cuanto à la intensidad de los matices se refiere.

Quedaba todavía un grave obstáculo: el procedimiento solamente podía aplicarse à la region del espectro que contiene los rayos químicos; el rojo, el amarillo y el verde, por el contrario son incapaces de producir una impresión suficientemente clara; más la ciencia no se detuvo ante el mismo tropiezo. Vogel trató de virlarlo, mezclando al colodion de sus placas anilina y otras materias colorantes, acometiendo al propio tiempo la resolución de un problema que, desde los primeros tiempos de la fotografía, ha constituido una objecion seria y fundada à sus procedimientos. Efecto de la desigual energía química de los diversos rayos del espectro, la Fotografía, al reproducir objetos coloreados, no conserva fielmente la gradación

de tintas, que en los objetos existe, antes bien: invierte ó trastorna dicha gradación. Más los trabajos de Vogel fueron secundados por Eder y otros varios sabios, consagrados á obtener el mayor provecho científico del nuevo arte, y hoy puede sintetizarse el dato de sus investigaciones en los siguientes términos, que copio de una interesante revista fotográfica.

"Hemos llegado á hacer el bromuro de plata sensible á cualquier color, y á aumentar su sensibilidad respecto de los determinados rayos del espectro, que deban actuar en cada caso; basta adicionar una materia que favorezca la descomposición del bromuro de plata, y que absorba el color de que se trate. Queda, pues, remedida la inactividad fotográfica de ciertos colores"

Los resultados obtenidos en los últimos doce ó quince años han sido sorprendentes: M. Higgs ha llegado á fotografiar la región A del espectro solar, en la que aparecen rayas que jamás habrían sido descritas; en las publicaciones de los observatorios, en los periódicos científicos y en gran número de revistas fotográficas, aparecen diariamente curiosos trabajos, relativos al espectro de las estrellas, que prueban el ardor con que se cultiva el nuevo ramo de la astronomía en todos los países del mundo; y, en cuanto al espectro solar, de esperar es que, cuando se completen las colecciones fotográficas del mismo, se encuentre un nuevo arsenal de interesantes datos, relativos á la constitución del astro del día, y acerca, acaso, de la temperatura, constitución y propiedades de la fotosfera.

VII

Astronomía

Selenografía

Ha llamado en todas épocas la atención el mundo tiempo que se tardó en aplicar la Fotografía á determinadas ciencias; más, por lo que á la Astronomía se refiere, no puede decirse otro tanto. Grazado por Arago, desde el primer día, un programa del proveer astro-fotográfico, lleno de ilusiones halagüeñas, parece que los astrónomos sintieron vehementes deseos de realizarlo, convirtiendo en realidad lo que fuera un día aspiración generosa de un hombre ilustre.

En 1840 expuso Daguerre la primera placa fotográfica ante un objeto celeste; trató de fijar sobre una lámina de plata la imagen de la Luna, si bien hubo de conformarse con poder tentar la afirmación de que los rayos lunares actúan sobre el yoduro de plata. Poco tiempo después, el mismo año 1840, consiguió el profesor Draper una buena prueba daguerriana en veinte minutos de exposición. En el mes de Junio de 1849, casi al mismo tiempo que Faye recomendaba á los astrónomos franceses el ejercicio de la fotografía, William Bond obtenía otra excelente prueba de la Luna, que fue presentada á la Academia de Ciencias de París; y, ya en esta época empieza á nacer en los hombres de ciencia el verdadero estímulo y el más noble deseo de sacar de la maravillosa invención el mayor partido posible, en provecho de sus respectivos conocimientos y aficiones.

Los principales progresos en fotografía lunar se deben á Warren de la Rue, que, aprovechando los descubrimientos fotográficos de Helue Balbot, redujo el tiempo de exposición, que hasta entonces se había elevado á un cuarto de hora, aumentando la dificultad de carácter fotográfico con la puramente astronómica de seguir el movimiento del astro, á nueve ó diez segundos; tiempo que le bastó para obtener magníficos resultados, sobre todo, cuando pudo trabajar con el telescopio newtoniano de 33 centímetros de abertura, construido en su parte óptica por el propio de la Rue, y montado ecuatorialmente.

Las fotografías del hábil astrónomo inglés, reproducidas por el grabado, figuran hoy en multitud de obras populares; pero no se conformó con obtener buenas imágenes, sino que aspiró á la percepción del relieve, por medio de vistas estereoscópicas. La ilusión del relieve se produce presentando á cada ojo la imagen del objeto, que percibiría, colocado á la distancia de la visión distinta; y como el ángulo formado por los ejes ópticos de ambos ojos, al dirigirlos sobre un objeto que se percibe con toda claridad, es de unos 16° , tal debe ser el ángulo estereoscópico, ó separación angular de los puntos de vista, cuando se trate de obtener fotografías, destinadas á producir aquella impresión.

Ahora bien: aun cuando la Luna nos presenta siempre la misma faz, el movimiento de libración produce cambios, que pueden elevarse á 16° , y que fueron aprovechados por de la Rue, para obtener vistas estereoscópicas de nuestro satélite, que nos lo presentan en relieve;

haciendo resaltar su forma esférica. El astrónomo ruso Gousses, dis-
cutiendo distancias micrométricas, tomadas sobre fotografías de esta
especie, ha podido deducir que la Luna es un esferoide, ligeramente
alargado en la dirección de la Tierra.

Dignos compañeros de Warren de la Rue en esta labor científica
han sido el P. Secchi en Roma, Rutherford en New-York, Illery en Mel-
bourne, Neijt en Gand, Gould en America del Sur y Tarnen en Paris.
Las magnificas pruebas de Rutherford están tomadas en $\frac{1}{24}$ de segun-
do para la Luna llena, y en dos segundos en época de cuadraturas.
Acercas de la utilidad y valor científico de dichas fotografías, copiese-
mos algunas frases de Faye, pronunciadas en 1872, al presentar y des-
cribir dichas pruebas ante la Academia francesa.

"Una simple ojeada nos dará idea de los servicios que pueden pro-
star à la Geología lunar. Las grandes líneas luminosas, las ramuras
que imitan arcos de círculo, cruzándose según ángulos que pueden
medirse con relativa exactitud, los círcos, cráteres y fosas circula-
res, que la superficie de la Luna nos ofrece en gran número, están
allí representados con magnitud suficiente, y con una exactitud que
no se encuentra en Carta alguna topográfica. Paso à paso se pueden
estudiar sobre dichas imágenes las numerosas variedades y los diferentes
tipos de volcanes, tan semejantes à primera vista, y tan distintos por
nias de un concepto, de nuestros volcanes apagados. La Fotografía no
da idea de las alturas por la extensión de las sombras arrojadas, y no da
tambien las dimensiones lineares en el sentido horizontal."

Y en efecto: una buena fotografía lunar cautiva nuestro ánimo, al presentarnos los múltiples detalles, los misteriosos senos y las enormes alturas y accidentes de su requiebrada superficie, en que el aspecto sombrío y uniforme de los mares lunares resalta con energía en presencia de las regiones montañosas; sobre dicha imagen, y en su propio desarrollo, puede el hombre de ciencia emprender verdaderos trabajos de gabinete, acerca de la geología lunar, estudiando los accidentes de un terreno, jamás alterado por las corrientes impetuosas de las aguas, ni por la acción destructora de la atmósfera; y sobre dichas imágenes, comparando las correspondientes à épocas distintas, se podrá averiguar si todavía ocurren trastornos en la superficie de nuestro satélite, ó si la actividad de las fuerzas volcánicas está definitivamente agotada. En ciertos dibujos de la Luna, hechos en periodos distintos, se ha percibido ó sospechado algún cambio en determinados cráteres, y hasta la desaparición casi absoluta de alguno de ellos, como ocurre con el de Linceo, situado en el mar de la Serenidad, y marcado en la carta de Madler. Sobre este fenómeno concreto se ha discutido mucho y se han formulado diversas opiniones, predominando el parecer de una emisión reciente de materia blanquecina, que haya inundado el cráter casi en su totalidad.

Pero las modificaciones del aspecto lunar, producidas por las condiciones variables de iluminación, son tan considerables, que las observaciones hasta hoy efectuadas no dejan à nadie convencido de la realidad de los cambios sospechados, y llevan al ánimo la duda y con-

ella el afan creciente de buscar la verdad, y satisfacer las exigencias de la ciencia, cada vez más insaciables y numerosas. Como á los hechos citados se añade el descubrimiento de un nuevo crater, complica la cuestión, y en diversos observatorios se han acometido trabajos curiosos y sistemáticos, encaminados á poner en claro lo que, sobre dichos cambios en la superficie de nuestro satélite, pueda haber de real y efectivo. Una buena colección de fotografías selenográficas será de seguro el mejor auxiliar, cuando no el elemento único y definitivo, para resolver tan importante problema de Astronomía física, y en este sentido, y con tales propósitos trabajan uno y otro día en la Sociedad Selenográfica de Londres, en el Observatorio de Liek y en otros importantes centros científicos.

En cuanto á los instrumentos empleados en fotografía lunar ha existido diversidad de gustos y de criterios: unos astrónomos han optado por los telescopios de reflexión, movidos por las ventajas que ofrece la ausencia del foco químico; otros han preferido los refractores con movimiento ecuatorial, adaptando al anteojo un buscador de largo foco, cuya imagen, bien definida, pudiera conservarse en posición fija, durante el tiempo de la exposición, haciendo coincidir con el cruce de los hilos uno de los cráteres más brillantes; y no han faltado observadores que han empleado una y otra clase de aparatos, y hasta construido instrumentos expresamente consagrados á la selenografía.

Rutherford, que trabajó en fotografía lunar desde 1858 hasta 1870, comenzó por emplear una ecuatorial de 22 centímetros de

abertura, cuyo foco óptico distaba bastante del actínico, circunstancia que daba lugar à imágenes defectuosas; coloco un diafragma ante el objetivo, y, además de disminuir la luz notablemente, los bordes no quedaban bien definidos; trató de acromatizar la lente, interponiendo otras correctoras entre el objetivo y el foco principal, pero entonces se reducía mucho el campo del anteojo, y, si bien la parte central de la imagen quedaba bastante, los bordes en cambio no quedaban limpios. Renunciando, después de estas tentativas al empleo de los objetivos, trabajó Rutherford con un telescopio de Cassegrain, que tuvo de abandonar bien pronto por los defectos que ocasionaba la falta de estabilidad, defectos con que previamente había luchado Grubb, pues, aparte la dificultad de seguir fielmente el movimiento de la luna, las más insignificantes oscilaciones del espejo, aumentadas por la reflexión de la luz, borran toda claridad en la imagen. El laborioso astrónomo americano se decidió por fin à construir un aparato especial para la fotografía, en que estuviere completamente corregido el acromatismo fotográfico; propiedad que corrigió estudiando el espectro de las estrellas, y descubriendo que tal acromatismo podría corregirse, combinando con un crown un flint, calculado de tal modo que produjera una distancia focal más corta, en una décima, que la exigida por el acromatismo óptico.

Con el nuevo instrumento obtuvo ya Rutherford imágenes lunares de admirable limpieza y con abundosa profusión de detalles. El tamaño de las positivas era aproximadamente de 18 centímetros, pero después se aumentaba con un aparato amplificador

con el gran objetivo de Washington, de 0.^m65 de abertura, y con el gran antejo de Struve, no se ha conseguido obtener buenos resultados. Es preciso tener en cuenta que la aberración longitudinal varía en proporción al cuadrado de la abertura y, en consecuencia, para hacer uso de tales aparatos, se debe adaptar al objetivo un fuerte diafragma, que disminuya notablemente su diámetro, lo cual siempre origina alguna falta de limpieza en la imagen.

Recientemente se han obtenido en el Observatorio del monte Hamilton excelentes fotografías de la Luna, de 14 centímetros de diámetro, divididas en cuadrículas, correspondientes a diversas regiones de nuestro satélite. Estas cuadrículas se amplían después considerablemente, y así se ha formado una colección de hojas de gran tamaño, correspondientes a diversas posiciones del astro, que se está repartiendo hoy con profusión entre los astrónomos y aficionados de todos los países, gracias al observatorio de Lick, y al entusiasmo y generosidad de Mr. Prinz, astrónomo del Observatorio de Bruselas. Es seguro que, dentro de muy breve plazo, quedará formada una gran carta de la Luna por una serie de hojas de gran dimensión, obtenidas por el procedimiento exclusivamente fotográfico, que ofrece más confianza y más garantías de exactitud, á los que quisieran hacer estudios y cálculos sobre dicho mapa, que el construido simultáneamente en Viena, por medio de la prueba fotográfica y la ampliación ulterior por medio del dibujo.

VIII.

Astronomía.

Fotografía estelar.

La fotografía estelar, la más trascendental acaso entre todas las aplicaciones del nuevo arte, no se inauguró en los primeros días del invento, tal vez por la imperfección de los procedimientos, por el lento progreso de la química fotográfica, ó porque los hombres de ciencia no prestaran á la fotografía toda la atención que merecía, ó, finalmente, porque la generalidad de los astrónomos estuvieron entregados á investigaciones de otro género, desarrolladas al calor de los múltiples descubrimientos de este siglo, en que se ha construido el cronógrafo eléctrico, se ha perfeccionado la construcción de lentes, ha nacido el análisis espectral, y tantas y tantas innovaciones, cuya aparición brillante en el campo de la ciencia, pudo un día desviar la atención de los astrónomos de los procedimientos fotográficos.

Por primera vez en 1854, Wipple, bajo la dirección de Bond, obtiene una prueba regular de la estrella α de la lira y otra de la doble α de los gemelos, y en 1857, poco después de la introducción del colodion, que abreviaba notablemente la exposición de la placa, el mismo Bond acometa con éxito feliz la parte más difícil de la fotografía celeste, y presentaba imágenes muy aceptables de las estrellas hasta la 6.^a y 7.^a magnitud.

En Inglaterra repitió bien pronto las pruebas Warren de

la Rue, y Rutherford dió principio á sus trabajos estelares, despues de realizar el acromatismo quimico, logrando fotografias estrellas dobles, separadas por un intervalo de 2"; al mismo tiempo Gould, encargado de la direccion del observatorio de Cordoba, en la Republica Argentina, obtenia magníficos clichés del cielo austral; este ilustre americano empezó sus trabajos en 1875 y, cuando comenzaron á usarse las placas al gelatino bromuro, ya habia formado una preciosa colección de más de 1000 pruebas, en que aparecen estrellas de 10.^a y de 11.^a magnitud.

La introducción en la práctica del gelatino bromuro coincide con la inauguración de los trabajos fotograficos estelares en casi todo los observatorios: Common é Isaac Roberts, estudiando las ventajas respectivas de refractores y reflectores, para los fines á que sin descanso los dedicaban; Gill, efectuando una especie de revision fotografica de las estrellas australes, hasta la 10.^a magnitud, y Pickering, entregado á la construcción de una carta celeste, y á la clasificación y definición precisa de magnitudes, por medio de la fotografía, dieron gran impulso á este orden de investigaciones, y abonaron el terreno para los planes que poco tiempo despues ideara el entusiasta Mouchez, excitado por los clichés estelares, debidos á la habilidad de los hermanos Henry, que idearon un excelente aparato, en vista de las dificultades con que tropezaban, para continuar la formación de la carta ecliptica, que se les habia encomendado.

Las dificultades de la fotografía estelar obedecen principalmente á la prolongada exposición exigida por la debilidad de la luz; esta duma-

ción es muy variable según la magnitud de la estrella; las placas instantáneas exigen unos veinte segundos para estrellas de 10.^a magnitud; pero este tiempo disminuye muy rápidamente, ó crece, también de un modo considerable, cuando la magnitud de la estrella se acerca á los primeros órdenes, ó disminuye hasta llegar á la décima magnitud ó á las siguientes. El adjunto cuadro puede servir de norma, para graduar la exposición, según la magnitud de la estrella. Pero es evidente que este cua-

Magnitud	Tiempo
1. ^a	0. ^s 005
2. ^a	0. ^s 01
3. ^a	0. ^s 03
4. ^a	0. ^s 1
5. ^a	0. ^s 2
6. ^a	0. ^s 5
7. ^a	1. ^s 0
8. ^a	3. ^s 0
9. ^a	8. ^s
10. ^a	20. ^s
11. ^a	50. ^s
12. ^a	2. ^m
13. ^a	5. ^m
14. ^a	13. ^m
15. ^a	33. ^m
16. ^a	1. ^h 20. ^m

dro nada tiene de absoluto: los progresos de la química fotográfica suministrarán cada día productos más sensibles y la exposición se irá reduciendo progresivamente. Las condiciones atmosféricas y el cielo propio de cada país ejercen también marcado influjo sobre el tiempo necesario para aspirar al mejor éxito posible en las operaciones.

Mientras dure la exposición, un perfecto mecanismo de relojería debe guiar el antejo, de modo que este siga con exactitud á la estrella; en términos que esta aparezca fija en un punto determinado de la placa. Las estrellas, en estas condiciones, trazarán sobre la capa sensible puntos más ó menos gruesos; y como estos pudieran confundirse con ciertas impurezas, granulaciones ó motas, existentes en la placa, ó originados en ella por la acción del revelador, se hace preciso repetir la exposición

sobre cada una de ellas, ligeramente desviada de su posición primitiva. Las estrellas, operando de este modo, quedan representadas en el cliché por dobles puntos negros, espaciados en una cantidad constante para cada dos, desapareciendo así el temor á errores ó equivocaciones.

Hoy que tener en cuenta que la limpieza y perfección de clichés, que en esta clase de trabajos se requiere, no se logra fácilmente con las placas ultra-rápidas, empleadas en estos últimos años. Como no es fácil, en muchos observatorios, procurarse placas recién preparadas, ocurre con frecuencia que se altera la emulsión que constituye la capa sensible, por mucho cuidado que se tenga de evitar la acción de la luz y de la humedad. Por otra parte, la luz difusa, insignificante, casi nula, pero que siempre ha de existir, siquiera sea en muy escasa cantidad, puede retardar esta clase de placas, viniendo á aumentar los escollos de una operación, difícil en su principio, y muy delicada también durante las prácticas ulteriores, por la limpieza que debe tener el revelador, y cuidados que se han de observar al componerlo, si se quiere evitar una granulación que trastorne y haga imposible la distinción de las estrellas, tanto en los clichés como en las positivas.

Como la exposición doble de que hablamos arriba, da á las estrellas cierta apariencia prolongada, poco agradable á la vista, los hermanos Henry han optado por la exposición triple, que produce, para cada estrella, un triángulo equilátero de 3 ó 4" de lado, el cual, reflejado al papel, aparece como una imagen única, circular, de excelente efecto artístico, y en que no es fácil adivinar la triple expo-

ción en el anillo del microscopio.

La ventaja de la exposición múltiple, aparte de la necesidad de su empleo, de que hemos hecho mérito, consiste en la obtención de imágenes de estrellas de las últimas magnitudes, que no aparecerían en la exposición única, puesto que dichas estrellas darían lugar á un punto de insignificante magnitud, imposible de distinguir á simple vista; y aun distinguido, no podría apenas diferenciarse de las particularidades que presenta toda placa, cuya superficie, después de sufrir la acción del revelador, está mucho de aproximarse al plano ideal. En cambio, la imagen triple da lugar á un triángulo, muy pequeño en verdad, pero fácil de reconocer como originado por los rayos estelares.

Este sistema revelará también la existencia de pequeños planetas, por el trazo irregular que aparecerá en la negativa, muy distinto de los pequeños triángulos, originados por las estrellas.

Más no todo ha de ser ventajoso y útil con este sistema de operar: grave y seria es la primera objeción que salta á la vista. Puesto que para obtener fotografías de las estrellas de último orden, debe prolongarse la exposición siquiera hasta una hora, resulta que la exposición triple requiere un tiempo muy considerable, durante el cual debe permanecer el eje del anteojo constantemente enfocado sobre determinado punto del cielo; en caso contrario los triángulos no serían triángulos, ni la imagen de la estrella tendría la agradable apariencia circular, sino que el elidie aparecerá sembrado de trazos y puntos borrosos, y se

habría perdido por completo el tiempo y el trabajo gastados en su obtención.

Requiere, pues, el procedimiento una paciencia á toda prueba de parte del astrónomo, el cual debe permanecer tres horas examinando la imagen suministrada por el buscador, si pretende conseguir un resultado satisfactorio. Por donde se ve que, al llegar á la más importante de las aplicaciones fotográficas, el astrónomo debe poner á prueba su paciencia, su entendimiento y su habilidad, durante sesiones muy prolongadas; lo cual pone de manifiesto que la fotografía no convierte la profesión del astrónomo en trabajo casi material, como alguien pensara en día, sino que, por el contrario, al tratarse de aplicaciones, que hayan de someterse ulteriormente al número y á la medida, el observador ha de desplegar por lo menos tanta paciencia y celo como en las observaciones de vista y oído.

Y tengase en cuenta que, en esta clase de fotografías, se trabaja muchas veces con la intranquilidad del que no sabe si está ó no perdiendo el tiempo hasta el fin de la jornada; pues, en la generalidad de los observatorios, no es muy frecuente, sobre todo en ciertas épocas del año, disponer de cielo despejado durante tres horas seguidas; antes, por el contrario, ocurre con frecuencia que las nubes, nieblas y vapores vienen á inutilizar la placa expuesta y seguida con cariñosa solicitud durante un buen intervalo de tiempo.

Cuanto llevamos dicho acerca de la exposición, y de las ventajas é inconvenientes de la tirada triple, refiérese á la cenatorial fotográfica de Henry, de 0^m.25 de abertura, por ser la que hoy se emplea

más generalmente en la fotografía estelar; si el instrumento es menos poderoso, aumenta considerablemente la duración. Claro es que también puede reducirse el tiempo en caso contrario; pero no es fácil substituir por nuevos instrumentos los recientemente adquiridos en muchos centros, para ejecutar trabajos notables con arreglo á un plan uniforme; aparte de que son voluminosos aparatos, sobre ser excesivamente caro, serían incómodos y de muy difícil manejo.

Los reflectores exigen exposición más breve, por las razones que en otro lugar hemos aducido, y producen imágenes muy bien definidas; pero los múltiples cuidados que requiere su construcción, montaje, conservación y uso, han hecho que no se les adopte para los fines de que en este artículo tratamos.

No obstante, algunos astrónomos han realizado trabajo de verdadero mérito, con el auxilio de poderosos reflectores. Isaac Roberts es acaso el que los ha utilizado con mayor éxito: en la sesión celebrada por la Real Academia de Londres el 12 de Noviembre de 1887, comparó sus fotografías de la constelación del Cisne, con las obtenidas por los tres. Henry sobre el mismo grupo de estrellas, y haciendo uso del tantas veces citado reflector de 22 centímetros. Roberts llegó á deducir que su telescopio produce unas 10 estrellas más que la cenatorial de Henry, por cada centímetro cuadrado en placas iguales, y en la citada región del cielo. Explicare este resultado, teniendo en cuenta que el reflector envía á la placa dos veces y media mayor cantidad de luz que la cenatorial de los astro-

nomos franceses, y fija, por consiguiente, una magnitud más de estrellas, y observando que el número de estas crece con rapidez, al pasar de una magnitud á la siguiente. En cambio, en las positivas del inteligente y laborioso observador inglés, no aparece la limpieza y finura de contornos, que caracteriza las fotografías de Henry, á causa, sin duda alguna, de la dificultad que existe, para fijar el eje del telescopio, durante muy largo espacio, sobre determinado punto del cielo.

A pesar de esta dificultad, y mientras las ecuatoriales de 32 centímetros funcionaban en la generalidad de los observatorios, Roberts continuó sin descanso sus trabajos sobre fotografía de estrellas, nebulosas y conglomerados, publicando la colección de positivas, citada anteriormente, que puede considerarse como el trabajo más completo sobre nebulosas, publicado hasta el día. En dicha obra figura á continuación de cada positiva el estudio detallado de la misma, y un estudio comparativo entre las descripciones anteriores de Roberts, y la que este deduce del análisis de la imagen.

Ándios y valiosos son los elementos aportados por la fotografía, para el mejor conocimiento de las nebulosas, conglomerados y estrellas dobles y múltiples. Acerca de las primeras se puede por el nuevo procedimiento realizar estudios y cálculos, antes difíciles ó imposibles, y se ha llegado á descubrir nebulosas antes desconocidas; y en la apreciación de las magnitudes relativas de las estrellas múltiples se disminan multitud de errores, que lleva

conigo la observación directa, en que la diferencia de magnitud de las estrellas aumenta con el diámetro del objetivo empleado. También puede determinarse con facilidad el ángulo de posición, deteniendo el movimiento de relojería, analizando sobre la placa sensible la trayectoria del astro, debida al movimiento diurno, y apreciando las distancias con arreglo á una escala, determinada por comparación de espacios recorridos con sus tiempos correspondientes. Permite también la fotografía de grupos de estrellas averiguar los movimientos relativos de algunas de ellas, que, por la observación directa obviamente pudieron sospecharse, y, finalmente, facilita el estudio de ciertas órbitas.

Terminaremos este artículo haciendo notar que cada una de las dos clases de aparatos fotográficos reúne condiciones especiales, que pueden hacerse preferible ó inconveniente en cada caso particular, según la índole del trabajo y los fines que se persiguen. Un detenido análisis de las pruebas obtenidas con instrumentos de uno y otro género, realizado recientemente por Comau, le indujo á declarar que los reflectores de gran potencia son los instrumentos más aptos para la fotografía de nebulosas y conglomerados, mientras los nuevos refractores, acromatizados químicamente, con montura cenatorial y construcción adecuada al objeto para que se destinan, deben emplearse con preferencia en la fotografía de estrellas aisladas ó agrupadas por regiones del cielo.

IX

Astronomía
Carta del cielo

Generalizados los trabajos de Astronomía fotográfica; vencidas las principales dificultades, tanto de carácter astronómico como puramente fotográfico, que surgieron al hacer los primeros ensayos; y después de las felices tentativas de Roberts para obtener la carta fotográfica del cielo en las proximidades del polo norte; de Pickering, que comenzó a ejecutar por el mismo nuevo procedimiento una carta análoga à las de Peters; de Gill, que construyó un mapa del cielo austral, comprendiendo hasta las estrellas de 10.^a magnitud, entre los 57 y 90.^o de declinación sur; cuando, además de esto, los hermanos Henry declararon que era imposible reconocer las estrellas en las proximidades de la Vía Láctea, para terminar con exactitud la Carta eclíptica de Chacornac, y apelaron al procedimiento fotográfico, hasta entonces empleado, era más fácil que en Francia, en otras naciones; cuando todas estas circunstancias concurrían, y los dos astrónomos franceses construyeron el objetivo fotográfico, de que en otro lugar hicimos mención; era desperar que un hombre ilustre como Mouchet, entusiasta de los progresos científicos, y deseoso de utilizar, en provecho de las futuras generaciones, cuantos recursos y elementos de trabajo nos suministra la ciencia del siglo XIX; pensara en la realización de

una obra gigantesca, de gran utilidad para el porvenir, prestigiosa para el presente, y susceptible de llevar a cabo, aprovechando todas las iniciativas, uniendo todos los esfuerzos, en una palabra: encaminando a un objeto común la labor de todos los observatorios, dando unidad, sistematizando y sujetando a procedimiento fijo y único, los trabajos que en todas las naciones se realizaban, por métodos distintos, y que producían resultados, aunque siempre útiles, difíciles de comparar, y sacar de ellos el mayor fruto posible.

Efectivamente: el Director del Observatorio de París concibió el atrevido proyecto de construir un catálogo y una carta fotográfica completa del cielo y reunió en la capital de Francia el célebre Congreso astro-fotográfico de 1887, al que concurren unos cincuenta astrónomos de todos los países.

No cabe en los límites de este modesto relato una reseña de las vicisitudes porque ha pasado asunto de tanta monta, ni tendría objeto alguno repetir una vez más y de muy tosca manera, lo que acerca de las sesiones del célebre Congreso, se ha publicado y se sigue publicando en libros, boletines y folletos.

En el Congreso de 1887 quedó aprobada la idea, se resolvieron algunas cuestiones previas y se hizo un programa de trabajos preliminares, que sirvieran de base para la discusión del asunto en todas sus fases, y para la formación del plan de trabajos definitivos.

En las varias sesiones, celebradas en Marzo y Abril de 1891, se resolvieron cuantas dudas se habían suscitado, para la realización

del programa definitivo, se hizo la distribución por zonas entre los 18 observatorios comprometidos y se acordó comenzar inmediatamente los trabajos.

¿Se llegará a terminar este monumento científico en el tiempo y en las condiciones calculadas por sus entusiastas iniciadores? Difícil, si no imposible, es contestar a semejante pregunta: en el presupuesto de gastos del Dr. Gill, se parte de la base de emplear un plazo de 25 años para la realización completa de la obra; y en 25 años son tantas las peripecias que pueden ocurrir, con tantos los motivos, imposibles de adivinar siquiera por la previsión humana, que pueden influir en el retraso o paralización de la obra gigantesca, que no es posible afirmar o negar rotundamente si llegará a publicarse el catálogo y carta fotográficos, en la fecha prefijada y en la forma y condiciones aprobadas en el Congreso de 1891.

Modios y valiosos son los recursos puestos a juego; innumerables y graves son las dificultades con que se lucha. El claro talento y habilidad acudida del personal encargado de los trabajos, así como los magníficos instrumentos con que se ha de operar, hacen concebir las más halagüeñas esperanzas, y con firme garantía de que cuantos trabajos parciales se han ejecutado, y continúan haciéndose sin tregua ni reposo, son otros tantos elementos del progreso científico, aún cuando se precinda del mérito extraordinario e incalculable valor del conjunto, cuando la obra se haya terminado. Pero las dificultades con que ha de luchar en el camino largo y espinoso, que cae la realización de tan ardua empresa son innumerables. Todos los peligros que

comprometen el éxito en el trabajo fotográfico ordinario, y todos los que hemos mencionado, al tratar de la fotografía estelar, subsisten en la formación de la Carta, pero en un más alto grado, por el gran número de placas que ha de emplearse y por la multiplicación en las operaciones prácticas, y en la medida y reducción de distancias, si el resultado ha de merecer la absoluta confianza que se persigue.

El conjunto de operaciones delicadas que representa la obtención de un *cliché* útil, medida y reducción de las distancias de las estrellas grabadas en el mismo á las guías fundamentales, supone en cada observatorio un personal inteligente y experimentado; por esta razón puede influir en la marcha y en el éxito de los trabajos la defunción de alguno de los astrónomos comprometidos en la formación de la Carta celeste; tal ha sucedido con la pérdida irreparable de cuatro miembros importantes del Congreso astro-fotográfico, ocurrida en otros últimos años: los Sres. Monnier, Pujaron, P. Dewar y Matrana, directores respectivamente de los observatorios de París, San Fernando, Roma y Santiago de Chile; y tal sucederá por desgracia, con otros individuos del mismo ilustre Congreso, que no tendrán el placer de ver terminada la obra en que colaboran tan dignamente. Esta es la triste condición humana, y estos son los inconvenientes de trabajo, que exigen un largo plazo con respecto á la vida probable del individuo;

Aunque hemos apuntado que, en el Congreso de París, quedaron resueltas las dudas y dificultades que acerca del procedimiento se ofrecían, en vista de los trabajos particulares, no debe olvidarse que en el encargo de esta obra, en cada localidad, habrá de luchar frecuentemente con muchos inconvenientes

imprevistos: Así, por ejemplo, la acertada elección de placas no ofrece dificultad alguna, después de haberse comprometido la casa Lumière à fabricarlas para este objeto exclusivo, empleando cristales de una pureza excepcional, y consagrando à su fabricación un personal probado y selecto. Pero, sin poner en duda la seriedad y buena fe de la acreditada casa francesa, de supeditar esa que, la acción de los agentes atmosféricos sobre la luminancia que constituye la capa sensible, acción que no puede ser nula, fuera además muy variable de unos climas à otros, y dependiera, sobre todo, del tiempo transcurrido desde la fecha de la tirada. Comprendese, pues, que, mientras en París siguen ponderando las excelentes cualidades de la placa Lumière, en Greenwich y en San Fernando hayan perdido muchas cajas en ensayos infructuosos, no hayan llegado al éxito uniforme, es decir, no hayan podido conseguir tonos idénticos en una larga serie de clichés, obtenidos en igualdad de condiciones de exposición y de operaciones fotográficas, y finalmente, hayan acudido, por su cuenta y riesgo, à buscar una nueva marca, prescindiendo de la preconizada en las sesiones del Congreso.

Ten tono idéntico al de las palabras tramitadas sobre este punto concreto, podríamos departir acerca de todas y cada una de las materias que fueron objeto de discusión en las conferencias de París; pues la diferencia de personal y la diferencia de climas pueden originar muchas causas de confusión en un asunto de suyo tan complejo y tan delicado.

No es posible fijar de un modo exacto el estado actual de los trabajos en todos los observatorios que coadyuvan à la arriesgada empresa,

pues el último número del Boletín del Comité Permanente se publicó á principios de 1892. Sin embargo, se sabe que la tirada de placas para el Catálogo adelantó rápidamente, pero que corre lo contrario con los clichés de la carta, que requieren más larga exposición.

Los observatorios de París, Greenwich y San Fernando son los que hasta hoy poseen mayor número de negativas, y los dos primeros, son los más adelantados, entre todos, en el trabajo de reducción de medidas.

Amén Dios que todo veamos terminado felizmente este colosal trabajo, fruto de un esfuerzo científico universal, inventario razonado que ofrezca los astrónomos de este siglo á las edades futuras, y quiera Dios que en breve se descubran nuevos métodos, dentro del arte fotográfico, ó ajenos por completo á su dominio, en virtud de los cuales puedan llevarse á cabo empresas análogas con más facilidad, y con cuyo auxilio podamos llegar á un conocimiento más exacto y más completo que el actual de los mundos que pueblan el espacio.

X

Astronomía

Fotografías de eclipses.

La fotografía es el único procedimiento que permite fijar con exactitud fenómenos que duran muy breve espacio, y que raramente se reproducen; no es de extrañar, por consiguiente, que se haya utilizado en los eclipses de Sol y de Luna, principalmente en

los primeros, para estudiar los singulares fenómenos que se observan en los bordes de nuestro satélite.

Erataue en esta clase de fotografías de obtener documentos, que nos pongan en camino de adquirir nociones exactas, relativas á la atmósfera que envuelve al Sol, y esta indagación, relativamente fácil hoy día, ofreció graves inconvenientes en los primeros ensayos. Desde la prueba daguerriana, obtenida por Majocchi en 1842, en que no aparecía la corona, visible durante la totalidad del eclipse, hasta las modernas fotografías de Mr. de la Rue - Pluvinel, media un abismo; abismo que representa el progreso realizado en esta clase de trabajos, tanto bajo el punto de vista fotográfico, como en lo concerniente á los instrumentos astronómicos de que se ha hecho uso en épocas sucesivas.

Los primeros resultados apreciables pueden decirse que datan del eclipse de Julio de 1851, y son debidos al P. Secchi y á varios astrónomos ingleses, á quienes la Asociación Británica habia encargado un año antes la redacción de instrucciones para la observación fotográfica. Dicha comisión aconsejó á los observadores que se sirvieran de placas de distinta sensibilidad, para observar las diferentes fases; en atención á que la luz del Sol no eclipsado es intensísima, en tanto que la de la corona lunar es muy débil, como lo es también la luz de las llamas rojas que sobre dicha corona se proyectan; y aconsejó también que se diese exposición distinta, según se tratara de obtener principalmente, ó con mayor claridad la corona, ó las protuberancias coloreadas que la circundan, cuya luz es algo más fuerte que la de la primera.

Como de ordinario se proyecta sobre la placa sensible, por medio de un ocular, la imagen formada en el foco del objetivo, es preciso tener en cuenta que no debe darse á dicha imagen excesiivo tamaño, teniendo en cuenta la debilidad de la luz. En el eclipse de que hemos hecho mencion obtuvo el P. Sechi imagenes de 0.^m 075 de diametro; y tanto este observador como los astrónomos ingleses y alemanes consiguieron una bella reproducción de la corona y de las protuberancias más notables.

El eclipse del año 58 marca un notable adelanto en la fotografía astronómica. Fue visible en París, y para su observacion empleó Porro el gran telescopio de 52 centímetros de abertura y 15^m de longitud focal; obtuvo de este modo una imagen de regular tamaño en el foco del objetivo, y no necesitó recurrir al aumento por medio del ocular, que siempre perjudica á la limpieza y perfeccion de detalles de la imagen. El eclipse ocurrió en lunes, dia de sesion en la Academia de Ciencias, y Faye pudo presentar á esta docta corporacion, pocas horas despues del fenómeno, las bellas fotografías, obtenidas con relativa facilidad por los señores Porro y Guinet, recomendando las excelencias del procedimiento, y anunciando que, desde aquella fecha, podría substituirse este método al de vista y oido, en las observaciones meridianas del sol, de los planetas y de las estrellas principales. Bueno será hacer constar que no se emplean en los eclipses aparatos de tal dimension, por las dificultades que su manejo presenta, y porque con más pequeños instrumentos puede llegarse al mismo resultado, ampliando la imagen por medio del ocular; pues si bien es cierto que este produce cierta aberración

en la imagen, puede aquel defecto reducirse á su minimo valor, ensa-
yando previamente, y observando y fotografiando el sol repetidas veces
antes del eclipse, con el instrumento que despues haya de emplearse.

Muy notable fué el eclipse total del 18 de Julio de 1860, visi-
ble en España, á donde acudieron gran numero de astrónomos de todos
los países, y que fué fotografiado con admirable éxito en varias loca-
lidades de nuestra península. En esta ocasión quedó demostrado que
la luz de las protuberancias es más intensa que la de la corona, y
tambien en aquella época, comparando las diferentes pruebas obteni-
das, se abordó la cuestión del origen de aquellas, quedando estable-
cido que dichos apéndices rosáceos no son simples apariencias de
óptica, sino fenómenos reales que tienen su asiento en el sol;
y esta deducción es tan cierta que, en la actualidad, y gracias á
los trabajos de Hansen y Lockyer, se puede observar diariamente las
protuberancias sin necesidad alguna de eclipse.

No demos pasar por alto, al tocar este punto, la excelente memo-
ria del difunto director del Observatorio de Madrid, D. Antonio Aguilar,
publicada en el almanac de 1861, en que se capone con claridad y pre-
cisión la multitud de circunstancias y particularidades que
en el eclipse citado se observaron, y que no se habian apreciado pre-
viamente, bien porque en realidad no acaecieran ciertos fenóme-
nos, ó por inconvenientes del estado del cielo y de la atmósfera, ó por
deficiencia de los instrumentos, ó por falta de preparación para
anotar detalles, que aparecen acompañados de circunstancias excep-

cionales, que influyen en el ánimo del astrónomo, cohibiéndole y predisponiéndole en sus juicios y apreciaciones. Así debió comprenderlo el Sr. Aguilar, cuando, un mes antes del eclipse, repartió con profusión entre los científicos y los aficionados, entre los que buscan la explicación racional de los fenómenos naturales, y los que se conforman con la anotación de hechos, que otros se encarguen de analizar y explicar, una instrucción detallada, acerca de la forma en que dicho eclipse debiera observarse, y de la multitud de circunstancias a que se había de prestar atención en el trascurso del fenómeno. Así se comprende que, una vez pasado aquel, llegaran al Observatorio de Madrid informaciones sin cuento, completas y varonadas unas, de detalles sueltos y utilizables solo como apuntes ó curiosidades otras; y todas juntas constituyeron un conjunto de materiales, de gran provecho científico, y sabiamente condensados en la Memoria á que hemos hecho referencia.

En las fotografías, obtenidas por Warren de la Rive en Ribabona y por el Sr. Monserrat y el P. Secchi en las Palmas, puede verse con claridad la forma de las protuberancias en las diferentes fases del eclipse. El primero utilizó la imagen aumentada por el ocular, reproduciendo así las protuberancias con todos sus accesorios, pero la corona no es visible en tales pruebas más que en su parte más brillante; en tanto que los señores Secchi y Monserrat fotografearon la imagen directa, suministrada por el objetivo, obteniendo

la imagen completa de la corona, ya que este procedimiento proporciona mayor cantidad de luz y un campo mucho más amplio; y, como no es obstáculo la escasa dimensión de las imágenes, que pueden después amplificarse, este método se siguió en eclipses sucesivos, en atención á las positivas ventajas que ofrece, y á no presentar inconveniente alguno serio.

El gobierno francés envió dos comisiones á observar el fenómeno, y los señores Foucault y Laussedat, por diferente método y con distintos aparatos, obtuvieron buenos resultados. Igual éxito alcanzaron los americanos en la península de Labrador. En suma: se reunió una colección inmensísima de observaciones, series y documentos, que ocuparon la atención de los astrónomos en los dos años sucesivos, dieron mucha luz sobre la constitución del astro luminoso, y originaron abundantes y provechosas investigaciones sobre tan interesante materia.

En los años sucesivos continuó la observación fotográfica de los eclipses, aprovechando los adelantos en la fabricación de placas, y las modificaciones en los instrumentos, que hacen los trabajos cada vez más útiles y cómodos. Aunque es imposible hacer una relación completa de los estudios, que cada año se han realizado, sobre este punto concreto de la fotografía astronómica, citaremos, como de excepcional interés el eclipse del año 87, en que Hansen obtuvo admirables pruebas de la corona y de las regiones inmediatas hasta la distancia de 15° .

En dichas pruebas no puede apreciarse transición marcada del disco de sombra de la Luna al disco luminoso del Sol, por donde la fotografía ha venido à corroborar la idea, generalmente admitida por los sabios, de que no existe atmósfera lunar, ó de que, si existe, es tan sumamente débil que no ejerce absolutamente ninguna influencia sobre la placa sensible; pues es claro que, si hubiere una atmósfera lunar de importancia apreciable, esta capa de gas ó de vapor produciría efectos de absorción y refracción, que se traducirían sobre la capa sensible en sinuosidades más ó menos marcadas, las cuales modificarían la línea de separación de los dos bordes de los astros; no existe tal imperfección, sino que dicha línea aparece completamente limpia y definida, luego queda confirmada la opinión, generalmente admitida, de la carencia de atmósfera en nuestro satélite.

Otra prueba puede deducirse de las instantáneas, correspondientes à diferentes fases del fenómeno, y en las cuales aparecen granulaciones de la superficie solar, pues, si la Luna tuviera atmósfera, dichas granulaciones aparecerían borrosas, mal definidas u obscuras en las proximidades del borde lunar; pudiendo en este caso juzgar de la intensidad de la capa gaseosa, en atención al diferente aspecto de las granulaciones, según varía la distancia de estas à la línea de sombra; pero si, como acontece, tales granos ofrecen el mismo aspecto en todo el disco del

Sol, resulta otro argumento poderoso en pro de la opinion de la ausencia de tal atmosfera.

La hora de cada contacto, ó la porcion de superficie invadida en un momento determinado, tambien pueden determinarse fotograficamente con mayor precision que por la observacion directa, valiendose del revolver fotografico ideado por Hansen, que suministra, en cada segundo, una docena de imagenes de 0.^m 05 á 0.^m 10 de diametro, sobre las cuales puede determinarse el instante con grande seguridad de acierto.

El mismo Hansen y M. de la Harpe Pluvinel han utilizado las fotografias de eclipses recientes, para estudiar la altura de ciertas montañas de la luna, y para emprender con éxito trabajos fotométricos sobre la corona solar. En la actualidad sigue siendo esta aplicacion fotografica manantial fecundo de deducciones científicas de la mayor importancia. En cambio, la fotografia de eclipses lunares no ha producido hasta hoy resultado alguno interesante.

XI.

La Fotografía en el Observatorio de Madrid.

Desde el mes de Julio de 1893 viene el que suscribe dedicándose a observar el Sol sistemáticamente, obteniendo la imagen fotográfica del astro todos los días despejados y gran número de los nubosos, por la mañana, á la misma hora aproximadamente en cada mes, y distinta de un mes á otro, según conviene á la altura del Sol y al sitio donde está colocado el aparato.

Este es una cenatorial de Stenheil, de 12 centímetros de abertura y 1^m 85 de distancia focal. Existe el instrumento en el Observatorio de Madrid desde 1860 y, á fin de utilizarlo en trabajos fotográficos, se le adaptó una armadura, contruida por el instrumentista Sr. Cobo, que permite con relativa facilidad separar ó aproximar las lentes que componen el objetivo, hasta obtener por tanteos el acortamiento quiniúo, necesario para los fines á que el anterior se dedica, siguiendo el procedimiento ideado por Cornu, y teniendo en cuenta que la distancia á que han de colocarse uno de otro los componentes del objetivo está en relación con la longitud focal del instrumento.

Claro es que, dada las pequeñas dimensiones de este, para emplearlo en ensayos y experimentos de carácter físico, la imagen formada en el foco principal del aparato es más pequeña de lo que convendría, para poder apreciar en ella los mil detalles que es preciso analizar y registrar en una observación sistemática de esta naturaleza; y aunque pudiera

recurrese a la ampliación fotográfica, no se hace así, puesto que tal proceder exigiria enorme trabajo, tratándose, como acontece, de una ó dos placas, correspondientes á cada día despejado y á la mayor parte de los nubosos, esto es: negatives, tiradas en un 80 por 100 de días del año; en vista de lo cual se ha preferido fotografíar la imagen ampliada por el ocular y proyectada sobre la capa sensible.

De este modo pueden obtenerse, y se han obtenido en efecto, imágenes de bastante tamaño, pero no exentas de defectos, pues la proyección del sol no aparece idénticamente enfocada en todos sus puntos, y si se emplean diafragmas, como en realidad conviene, para disminuir el enorme poder luminoso, y hacer que la impresión no resulte excesiva, dichos diafragmas producen cierta desigualdad de unos á otros puntos de los bordes, desigualdad que se traduce en imperfecciones del cliché, que quitan á la imagen gran parte de su belleza.

Tales desigualdades é imperfecciones son muy difíciles de corregir, pues obedecen á falta de perpendicularidad entre el plano de la placa y el eje óptico del anteojo, elementos que no pueden conservar direcciones fijas, si se tiene en cuenta que el instrumento es portátil y sufre fuertes sacudidas al arrastrarse de un lado á otro, con el fin de poder observar el sol á horas diversas ó diferentes alturas.

Hay otros dos motivos de imperfección en las imágenes: 1.º, la cámara adaptada al anteojo, que, por su peso ha de ejercer alguna acción perturbadora en la inclinación del eje y del plano de la placa, y 2.º,

el fenómeno de la difracción, originado por la abertura del diafragma, y aumentado con la deformación que experimenta el haz de rayos luminosos, que parte del foco, y es cortado por el diafragma colocado á bastante distancia del obturador.

Para combatir en lo posible las causas de error, se ha construido una cámara de fuelle, de caoba, cuyo peso es insignificante; pero no ha podido prescindirse en absoluto del arrastre del anteojo, para llevarle á distintos puntos del templete donde está colocado; pues aun cuando se le sitúe en la proximidad de una ventana, con objeto de observar por ella durante un plazo relativamente largo, á hora determinada, ocurre con frecuencia que las nubes impiden la observación en el momento oportuno, y es preciso utilizar los claros que pueda haber en el transcurso del día, si se quiere que la serie de observaciones fotográficas no se interrumpa; y, al arrastrar el anteojo, compruéndese que han de ejercer perjudicial influjo sobre el mismo los bruscos movimientos á que se le somete.

Los defectos de índole óptica tampoco pueden corregirse de un modo absoluto; son tanto menores cuanto más pequeña sea la imagen solar, pues la falta de precisión y limpieza aparece á cierta distancia de la región que se enfoca preferentemente; y, como para este fin, se elige una mancha determinada, ó un segmento del disco, es claro que, en la región del astro opuesta al punto elegido, aparece la imperfección de la imagen y el borde borroso, siempre que la prueba tenga dimensiones algo considerables, como debe tenerlas,

y así se procura casi siempre; tanto para el examen detenido de las manchas, faculas, puentes, y otros detalles que aparecen en la proximidad de las primeras, cuanto para efectuar, con el menor error posible, la medida de distancias de unas manchas à otras, ó à puntos fijos en el borde, y poder contar fácilmente el número de manchas visibles, grupos y manchas de cada uno de estos se compone.

Estos defectos pueden apreciarse, por ejemplo, en las positivas correspondientes à los días 29 de Agosto de 1893 y 3 de Abril de 1894, en las cuales produce deplorable efecto la proximidad de dicho horror ó mal definido.

A fin de obtener una imagen completa y limpia por igual en todo el contorno, suprimí el diafragma coloreado entre el ocular y el obturador, con lo cual desaparece aquel inconveniente, siempre que la imagen no tenga dimensiones muy considerables; pero el enorme poder luminoso del Sol produce en este caso una impresión demasiado fuerte, sobre todo si no se consigue en el tiempo de exposición la brevedad à que se ha llegado hoy, con los modernos y más perfectos sistemas de obturadores. Operando en estas condiciones obtuve en un principio una serie de placas que no soportaban la acción del revelador, sin obscurarse por completo, formando un aspecto negro uniforme, tanto en el círculo correspondiente à la imagen del Sol como en el exterior de este. Tal parecía obedecer à que la luz difusa impresionaba la capa sensible en todo el campo del anteojito, y el revelador, compuesto con arreglo à las fórmulas usuales, atacaba toda la placa, preparás que esta no hubiese sido igualmente impresionada

en toda su superficie. Pero haciendo uso de un revelador débil en extremo, mezclando, por ejemplo, partes iguales del comúnmente empleado en otros casos y de agua destilada, aparece primero la imagen solar, destacándose del resto de la placa, y cuando las partes blancas de esta, débilmente atacadas por la luz difusa, comienzan á sufrir los efectos del revelador, y á tomar un tinte ligeramente opaco, ya el círculo correspondiente al sol está suficientemente revelado, y puede suspenderse la operación, con la seguridad de obtener un cliché de tonos bastante duros, aunque nunca tan pronunciados como los que produce la tirada con diafragma, en que la acción de la luz difusa es nula ó inapreciable, y puede prolongarse la revelación hasta llegar á un negro intensísimo en el disco solar, lo cual produce en los clichés contrastes bien marcados, en los que resalta el blanco y negro, que dan á las fotografías solares el máximun de propiedad y de belleza.

Sin diafragma, y haciendo uso de un revelador muy débil, he obtenido, durante el año 94 y parte del 95, una colección de 50 negativos, útiles en su mayor parte para poder juzgar el aspecto del sol en los días respectivos, y apreciar las faculas y manchas que en una época determinada existían en la superficie del astro. De lo anterior es que no todas las placas empleadas brayan reunido las condiciones de bondad y limpieza, indispensables en la fotografía solar; pero, sea por defectos ya existentes sobre la gelatina, sea por que la permanencia demasiado larga de una caja de placas en la garita destinada

a este servicio, perjudique ó altere la emulsion, es lo cierto que gran número de fotografías han resultado manchadas, por aparecer en los clichés motas, picaduras ó desigualdades en la finísima capa sensible; y si bien dichas imperfecciones no pueden en manera alguna confundirse con las manchas verdaderas, por su diferente aspecto, y por las penumbras que rodean á estas últimas, hay que reconocer que tales defectos de las placas dan á las positivas solares un aspecto deplorable, y amengnan el bello contraste, que debe percibirse á primera vista, entre las manchas y el resto de la superficie, blanca y limpia del disco solar. En comprobación de cuanto llevo dicho, puede examinarse el efecto distinto que producen las positivas correspondientes á los dias 22 y 16 de Marzo de 1895: limpia completamente la primera, y manchada y desagradable á la vista la segunda, á causa de las picaduras de que estaba plagada la gelatina.

Con objeto de poder apreciar los detalles existentes en la region del sol que en cada caso se considerase más digna de estudio, desde un principio, y con empleando la antigua y pequeña cámara de 9x12, aumenté el tamaño de la imagen hasta el diametro de 12 centímetros, como usual, si bien no se obtiene la imagen completa, aparece la porcion que se considere útil, con bastante extension y bien enfocada y definida, siquiera resulte algo desvanecido el extremo opuesto de la negativa.

Desde el principio del año 95, ya renovada la cámara, vengo tirando diariamente una placa de 13x18, dando á la imagen el

tamaño de 10 centímetros de diámetro, en forma que aparezca en aquella el disco completo del sol, y sirva de registro diario, formando así la colección completa de fotografías de todos los días despejados, o umbros, en que sea factible la operación. Y además, siempre que existan manchas ó grupos de alguna importancia, he decidido tirar otra negativa de mayor tamaño, 20 centímetros, que no cabe por completo en la placa, pero que comprende el sector más digno de estudiarse. Con tales dimensiones es ya posible apreciar la forma, tamaño y particularidades que en cada mancha y en sus inmediaciones aparecen, y puede también contarse el número de manchas que constituyen un grupo determinado.

Orientado el anteojo, y marcada sobre la placa la dirección N-S, sería fácil deducir la posición de cada mancha con respecto al centro del sol, fijando con exactitud la posición de una de ellas, por medio de la ecuatorial de Hertz. También es posible determinar sobre las proyecciones la posición superficial del astro, irradiada por manchas, por penumbra, ó por el conjunto de manchas y de otras.

Le considero, pues, que la colección de fotografías solares, llevada á cabo con asiduidad y verdadero empeño, podría utilizarse para los estudios estadísticos, realizados en épocas pasadas, y continuados cada día con más poderosos elementos. Y, con algunas mejoras en los materiales y en los procedimientos, de que luego hablaré, podría la colección á que me refiero ser continuación

de la notable que hoy posee el Observatorio de Madrid, debida á la inteligencia, constancia y entusiasmo con que el astrónomo primero del mismo se ha consagrado á este trabajo, por el procedimiento del dibujo, durante el largo periodo de más de veinte años.

Las pruebas hasta hoy obtenidas pueden considerarse por más que como ensayo, como aprendizaje en esta clase de trabajos delicadísimo, tanto bajo el punto de vista astronómico, como en el concepto exclusivamente fotográfico. Y tengase en cuenta que la época en que he realizado los ensayos es de las que se prestan á despertar el entusiasmo del observador, por el gran número de manchas que en la superficie del astro han aparecido, símbolo de grandes perturbaciones que en el mismo han debido ocurrir, y por las múltiples y curiosas modificaciones y fenómenos de segmentación, cambio de forma y desaparición que en las manchas han podido notarse en muy repetidas ocasiones.

Para dar una idea de los cambios que en el procedimiento he creído conveniente introducir, aconsejado por la experiencia ó por el resultado de mis trabajos sucesivos, nada más pertinente que indicar el camino seguido en cada caso; haciendo referencias á las pruebas respectivas, designadas por la fecha inscrita en las mismas.

Comencé los ensayos de fotografía solar en Agosto de 1899, con la cámara de 9x12, adaptada á la cenatrujal; las imágenes proyectadas por el ocular sobre la placa sensible tenían un diámetro de

0.^m 075, y á fin de disminuir en lo posible la luz difusa viene uno de un diafragma de muy pequeña abertura. La difracción y la deformación que en el haz luminoso produce el diafragma dan origen á una imagen desigual, es decir que, si aparece bien definida, por haberla enfocado preferentemente, la región que contiene las manchas, la parte opuesta resulta borrosa, como puede verse en la positiva, correspondiente al día 29 de Agosto de 1893. El papel de celrodina, de que me servía en aquel tiempo, se altera al cabo de algunos meses, y toma un aspecto desagradable, que perjudica al conjunto de la prueba.

En Octubre del mismo año opté por dar á la imagen el mayor tamaño posible, privándome de obtener el disco solar entero, y enfocando siempre la región de las manchas; resultaba así una imagen agradable, abarcando un segmento del astro muy bien definido en general, aunque algo confuso en la porción más lejana de la enfocada con preferencia; si bien esta parte mal definida coincide con el límite de la imagen ó intersección de esta con el borde de la placa, como puede apreciarse por la inspección de las pruebas tomadas en los días 7 y 9 de Diciembre de dicho año 93. Claro es que este método ofrece el inconveniente de cargar más de una placa, cuando en el Sol existen varias manchas distantes que no puedan incluirse en una negativa.

Durante el citado mes de Diciembre y en Enero de 1894 obtuve fotografías de enormes grupos y manchas que pueden dar al fenómeno el carácter de máximo en la citada época. Previamente el P. Lissie é consideró como máximo el año 92, en vez del 93; más es lo cierto

que en fin de Diciembre y en el siguiente mes de Enero aparecieron los grupos más extensos, y así resulta comprobado en las revistas de la especialidad, que han tratado el asunto en días muy recientes. Como ejemplo del detalle con que dichas manchas aparecen en las fotografías obtenidas con el instrumento de que dispongo, acompaño las correspondientes á los días 4 y 15 de Enero de 1894: notame en la primera con sobrada claridad voluminosas manchas con sus penumbras respectivas, y gran número de fáculas; y se ven muy bien en la segunda las lenguas, puentes y ramificaciones diversas que ofrece un grupo notabilísimo, indicador de gran actividad y trastorno en aquella porción del astro.

En el mes de Febrero las manchas fueron muy escasas, pero el día 16 apareció una muy notable, de la cual acompaño tres fotografías, tomadas en los días 16, 17 y 20, porque dan idea muy clara de los diferentes aspectos que una misma mancha, y principalmente su penumbra, pueden ofrecer, por efecto de perspectiva, según su situación respecto del centro y bordes solares. Estos diversos aspectos, observados por Wilson en 1767, y anotados y dibujados en revoluciones consecutivas de un mismo grupo, le indujeron á exponer su teoría de las manchas, considerándolas como enormes cavidades de la superficie solar. En el número de *L'Astronomie*, correspondiente al mes de Marzo de 1894, se consagra un extenso artículo á la descripción de la mancha, que yo fotograficé por vez primera el día 16 de Febrero, y en él se consigna que apareció el día 17, y que fué observada

y dibujada en gran número de localidades.

En el mes de Marzo intenté obtener la imagen entera del Sol, en tamaño relativamente grande, á cuyo fin hice construir y adapté al tubo del antejo una cámara de fuelle, muy ligera, para tamaño de 19×18 . Con ella obtuve imágenes de 11 centímetros de diámetro, siempre mal definidas en alguna de sus partes, por las razones tantas veces citadas; siendo de notar que la región por enfocada aparece tanto más defectuosa, cuanto más se prolonga la exposición al tirar la positiva, inconveniente que tiene muy mal remedio, pues sin una exposición demasiado fuerte ni las manchas ofrecen penumbra bien definida, ni las facetas aparecen siquiera vagamente sobre el papel. Como ejemplo de los resultados que me dió este modo de operar, pueden verse las pruebas de los días 3 de Abril y 9 y 10 de Agosto de 1894.

Finalmente: á principios del año actual traté de evitará todo trance la imperfección en los bordes, por el mal efecto artístico que produce una imagen del Sol, en que no aparezca bien delineado su contorno, y por la falta de satisfacción que produce en el espíritu la contemplación de una fotografía, en que se duda ó desconoce qué clase de detalles pueden existir en la región velada ó confusa. A este fin, y aun á riesgo de aumentar la cantidad de luz difusa que acciona sobre la placa, prescindí del diafragma y decidí tirar dos negativos enantos días lo era conveniente por la clase de manchas que aparecerían en el

hemisferio visible del sol. Y en efecto: enfocando cuidadosamente, y promoviendo con esmero la perpendicularidad de la placa, consiguese una imagen completa e igualmente clara, de 9 centímetros de diámetro, y otra parcial, de 20 centímetros, dedida á la region de mayor actividad solar. Puede formarse idea del resultado ultimamente obtenido impresionando las dos positivas del dia 23 de Marzo, la mayor de las cuales ofrece la particularidad de haberse tirado á través de celajes y nubes tenues, que velaban ligeramente el sol; y de la marcha actual de los trabajos puede juzgarse por la serie de fotografias de las manchas notables de abril, alguna de las cuales se observa hoy en su segunda reduccion.

Suprimido el diafragma, la accion de la luz es mas fuerte, y la luz difusa mas abundante, razon por la cual hebe de substituir el revelador, de que antes me servia, por otro sumamente debil, que permita suspender la operacion antes de que se ennegrezca la parte de placa exterior al diafragma.

Como consecuencia de esta rápida reseña sobre los ensayos hasta hoy practicados en fotografia solar, deduzco que el sistema actualmente seguido es el mas utilizable, tanto para el examen detenido de las multiples particularidades, que aparecen sucesivamente en la superficie del sol, cuanto para formar la coleccion necesaria en las estadísticas relativas á esta clase de observaciones.

Pero ni los elementos de trabajo hasta hoy puestos en juego permiten llegar á los resultados que en la actualidad se obtienen

en otros observatorios, ni del perfeccionamiento de los aparatos, de que dispongo, más o menos modificados, puede esperarse gran mejora.

El resultado de la observación depende de tres factores, todos importantes y por igual dignos de tenerse en cuenta: el cielo, el observador y el instrumento. Respecto del primero nada tenemos que envidiar à ninguna otra localidad: según el resumen publicado en el libro "Cincuenta años de observaciones meteorológicas", hay en Madrid, por término medio, 130 días despejados 179 nublados y 62 cubiertos; y, como en la generalidad de los días nublados es posible fotografiar el sol, bien sea durante un claro en que el astro aparezca brillante y limpio de toda clase de nubes y velajes, ó ya entrevelado por ligeras nubes, á través de las cuales pueda enfocarse con precisión, aun cuando en la placa aparezcan ligeras ráfagas que siempre permiten distinguir los detalles existentes sobre la superficie solar; resulta un número muy crecido de días hábiles para el trabajo.

Más, si bajo este punto de vista, es posible acometer con éxito toda suerte de observaciones, no sucede lo propio en lo concerniente à los otros dos factores: à la impericia y habilidad escasa del observador sumase la deficiencia del instrumento principal y de los accesorios, tanto en la parte astronómica como en la fotográfica ó puramente de laboratorio; y esto hace que, à mi juicio, se pueda esperar muy poco más de lo hasta hoy obtenido, y que tengamos que renunciar à comparaciones entre las fotografías de nuestra colección y las de otros observatorios importantes del extranjero.

Con la antigua cenatorial de Stenheil, fabricada para la observación directa, nunca podrá obtenerse una imagen tan bien definida como las suministradas por las cenatorias fotográficas, expresamente contruidas para este género de trabajos. Además, dicha cenatorial está colocada en el templete del Observatorio, habitación que no permite ajustar en todas las posiciones del astro, y es preciso con frecuencia arrastrar el aparato de uno à otro lado, con detrimento del mismo, deterioro de las partes que le componen, y desgaste de la tuerca ó empujame de la cámara con el anteojo. Tampoco es posible orientar una placa con precisión, ni fotografiar un astro que, por su escaso brillo, exija algunos segundos de exposición.

Al pequeño buscador que lleva consigo el instrumento le he unido una pantalla metálica cuadrada, que sirva de referencia para encontrar la imagen, y tener seguridad de la existencia de esta sobre la capa sensible en el momento de la tirada; pero la dirección del eje del buscador no solamente se altera al trasportar el instrumento, sino también al ejercer sobre el cuerpo de este el más ligero esfuerzo, cosa que acontece todos los días al introducir y sacar el diáfragma y el cristal delustrado; pues si se tiene en cuenta el sitio donde tales objetos se guardan, se comprenderá fácilmente que en épocas de lluvia ha de aumentar su tamaño por efecto de la humedad, lo cual dificulta las operaciones.

Y, por último, la garita, que sirve de laboratorio fotográfico, es deficiente para el objeto; puesto que en tan reducido espacio de terreno hay que colocar los vidrios, placas sensibles, papel, cubetas y líquidos

empleados en la tirada de positivas y negativas; los cuales es prudente tener guardados á cierta distancia, por la facilidad con que pueden mezclarse al salpicar un líquido cualquiera, durante la revelación o fijado, ó en el lavado de las cubetas.

No hay que perder de vista los extremos de frío y calor que en invierno y verano se sienten en tal casilla, y que, aparte de su influencia sobre los materiales, han de influir fatalmente en el encargo de las operaciones fotográficas, obligándole en ciertos casos, aun ó tu pesar ó inconscientemente, á acelerar ciertas operaciones que caen tiempo porarcado, antes de cual la operación queda incompleta ó defectuosa. Por otra parte, la humedad excesiva que necesariamente ha de invadir la pequeña estancia, puesto que el agua abundante entra como base en toda labor de esta índole, perjudica notablemente á las placas, dando lugar á deformaciones en la gelatina, que llevan consigo una desigual sensibilidad, y haciendo que en muchos casos aparezcan en las negativas picaduras manchadas y pecas, que destruyen la limpieza de la imagen y la quitan toda su belleza y valor artístico. Las imágenes solares, dice Mr. Fauser, exigen procedimientos fotográficos de gran perfección; los más pequeños defectos aparecen con tenacidad implacable, y, como los detalles que se trata de evidenciar son en extremo delicados, es preciso proceder con exagerada cautela, con cada uno de los instrumentos, con cada uno de los materiales, en cada una de las operaciones.

El malogrado P. Deura, al recibir el gran instrumento de Fauser, mandó construir tres estancias contiguas, y exclusivamente con-

sagradas á la fotografía solar; una para el instrumento, montado en ecuatorial, con su cripsula giratoria; otra para placas y tirada de negativas, y otra para vitiles y tirada de positivas. Jam cuando nadie deba entregarte á ilusiones tan halagüeñas como inalcanzables, sino conformarse con lo que á su alcance tiene, y con decidido empeño buscar el modo de sacar de ellos el mayor partido posible, bien podré expresar mi deseo de montar aquí en Madrid una sección análoga, aunque en otra escala, con más modestos elementos; no sería muy difícil consagrar á este objeto la ecuatorial de Stenheil, idéntica á la hoy empleada, pero montada en medio del campo, en su casilla con cripsula giratoria; y, á muy escasa distancia de ella, construir dos barracas, ó una de gran estension, destinada á la práctica de todas las operaciones fotográficas.

En tales condiciones sería relativamente cómodo continuar la colección de fotografías solares, orientando las placas por medio de uno ó dos hilos, colocados en el foco del antepecho, y la limpieza de los clichés y de las positivas ganaría extraordinariamente, siendo, en consecuencia, factible continuar, por el nuevo procedimiento, la serie de observaciones sobre manchas solares, hace tantos años comenzada en el Observatorio de Madrid. Mas nunca, con el actual instrumento, podemos aspirar á obtener resultados idénticos á los que continuamente se obtienen en la mayoría de los observatorios, pues para los fines fotográficos disponen de instrumentos más poderosos que la modesta ecuatorial con que yo trabajo; instrumentos expresamente contruidos para estos fines en un parte

óptica y mecánica; elementos, en una palabra, que permiten operar con toda clase de comodidades, y dan de sí fotografías admirables del Sol, de las estrellas, planetas y nebulosas.

XII

Conclusion

Es doloroso en extremo que el Observatorio de Madrid, cuyo cielo se presta como ninguno á la realizacion de observaciones sistemáticas de cualquier género, no pueda, hoy por hoy, llevarlas á cabo en tan buenas condiciones, con tan buenos aparatos como los empleados en casi todos los centros análogos. Pero es así en efecto: pensar en la adquisicion de una cenatorial fotográfica, idéntica á las empleadas en otros observatorios, no para de ser una aspiracion generosa, difícil á mi juicio de realizar.

La juntamente ponderada cenatorial fotográfica de los hermanos Henry, de 22 centímetros de abertura en el objetivo fotográfico y 20 en el astronómico cuesta 45.000 pesetas, y necesita, para observar en condiciones una cúpula que vale unas 15.000, y una máquina para medir distancias sobre los diques que no baja de otras 6.000. Total: 66.000 pesetas costaría una cenatorial idéntica á las que hoy funcionan en los observatorios de París, de El Vaticano, San Fernando, y otros diversos puntos, sin que hagamos mencionada los gastos á que daría lugar su instalacion: es evidente que tal instrumento

no admite comparación con el modestísimo de que hago uso, ni como hoy se encuentra, ni modificado en cuanto se era susceptible de alguna mejora.

Si bien es cierto que la citada suma no es elevada, si se tienen en cuenta los fines científicos que con tal instrumento se persiguen, los resultados prácticos que proporciona, y la necesidad apremiante de seguir el camino obligado que á la ciencia señalan los nuevos descubrimientos; es en cambio cantidad ardua para invertirla en un objeto científico, si se atiende á las tradiciones de nuestro país. Y sin embargo, los recientes progresos de la Astronomía reclaman con urgencia un instrumento de este orden. Fácil, muy fácil es que dentro de algunos años acudan á nuestro país astrónomos de todas las naciones, y traigan consigo aparatos modernos, distintos é infinitamente mejores que los de la Nación en cuyo suelo ha de observarse un importante eclipse.

Ojala nos encontremos en condiciones de obtener resultados comparables con los ajenos, de observar con tan buen éxito como nuestros colegas de otros países; para que los trabajos del Observatorio de Madrid figuren en primera línea, al estudiar y describir las circunstancias y consecuencias del eclipse, como, felizmente, ha sucedido en otras ocasiones.

Madrid 1.º de Mayo de 1845.

Antonio Vela y Fernán,

Indice.

Página.

I.-	Invencion de la Fotografia; su importancia y rápidos progresos - - - - -	1
II.-	Aplicaciones á la Meteorología.- Registradores fotograficos - - - - -	7
III.-	Fotografias de nubes, tormentas y paisajes lejanos . . .	11
IV.-	Aplicaciones á la Astronomía.- Dificultades de la cronometria - - - - -	21
V.-	Helio-fotografia - - - - -	29
VI.-	Espectro-fotografia - - - - -	34
VII.-	Selene-fotografia - - - - -	37
VIII.-	Fotografia estelar - - - - -	44
IX.-	Carta del cielo - - - - -	53
X.-	Fotografia de eclipses - - - - -	58
XI.-	La Fotografia en el Observatorio de Madrid - - -	66
XII.-	Conclusión - - - - -	82

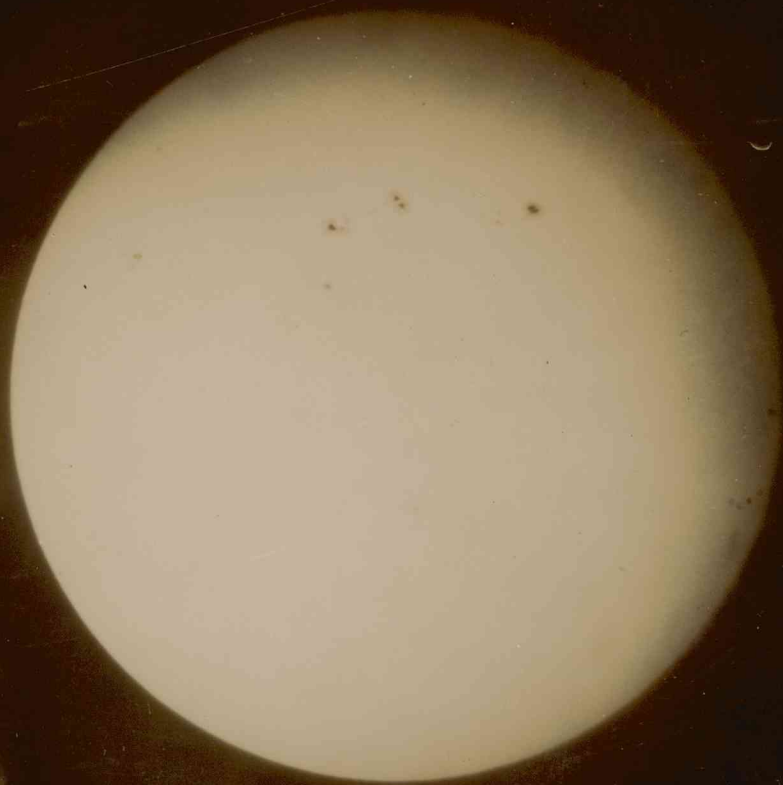
24

Fotografías que se citan en la

Memoria

↳

OBSERV^o DE MADRID-3 ABRIL-1894



9 AGOSTO - 94



10 AGOSTO-94



16 - MARZO - 95



23-MARZO-95



23 - MARZO - 95



22 - ABRIL - 95



25 - ABRIL - 95



26 - ABRIL - 95



27-ABRIL -95



28-ABRIL-95



29 - ABRIL - 95



22 - ABRIL-95



25 - ABRIL - 95 3



26 - ABRIL - 95



27-ABRIL-95



28 - ABRIL - 95



29 - ABRIL - 95





7 Dicembre, 93.

✓



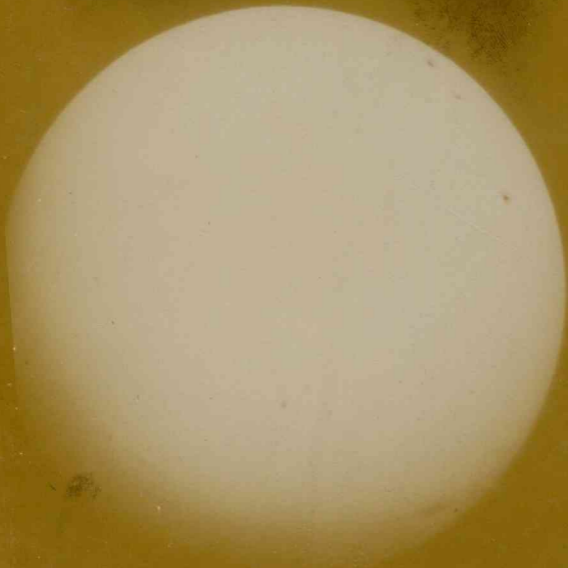
9 Dicembre 93.

5

15 - ENRO - 94

OBSERV^o DE MADRID-16 DE FEBR. 1894





29 de Agosto de 1893

323

W

OBSERV. DE MADRID - 17 DE FEBR. 1894



OBSERV^o DE MADRID - 20 FEBR. 1894





OBSERVATORIO DE MADRID.

4 Ser. 94