

### NOTA SOBRE LA FOTOGRAFIA DEL COMETA B. DE 1881,

Obtenida en el Observatorio de Meudon, por M. J. Janssen.

“El año que acaba de pasar, ha visto realizarse un progreso nuevo é interesante en la historia de los cometas. En efecto, en el trascurso de él, se ha obtenido por primera vez la imágen fotográfica completa de uno de esos astros, precisamente la del gran cometa, cuya aparicion excitó durante muchos meses la curiosidad pública, y apropósito del cual se han agitado de nuevo las teorías é hipótesis emitidas hace tiempo, sobre la naturaleza de estos astros, cuya fisica está aun tan poco avanzada, y sobre cuya naturaleza tantas dudas se levantan y á las cuales la ciencia áun no ha podido dar una respuesta cierta.

“Precisamente la ignorancia en que todavía estamos sobre la naturaleza exacta de los cometas y de las causas precisas de los fenómenos tan curiosos y singulares que presentan cuando se aproximan al Sol, es la que dá un interés considerable á todo método nuevo de investigacion.

“Ahora, no vacilo al decir, que la fotografía puede constituir en esto, un medio de estudio nuevo y poderoso.

“En efecto, la fotografía no solo da como pudiera pensarse, una imágen del astro que podria obtenerse por el dibujo, y que bajo este punto de vista solo presentaria un interés de pura curiosidad, sino que, es preciso reconocer que la imágen fotográfica es impersonal, que es rigurosamente exacta, que es durable y que constituye un documento que podrá servir de base para comparaciones futuras. Todo esto es ya muy importante, pero este método manejado científicamente, puede aun instruirnos sobre detalles de estructura que los anteojos no dan, sobre ciertos puntos delicados de orientacion de la cola, en fin, y esto puede ser lo más nuevo y lo más importante; la imágen fotográfica puede prestarse á los estudios de fotometría sobre los poderes radiantes de esos inmensos apéndices cometarios, estudios que son absolutamente nuevos y que no podrian ser emprendidos por ningun otro método.

“Previendo que importantes resultados podrian deducirse de este campo inexplorado, determinamos consagrar exclusivamente nuestros estudios á este método, aplicándolo al gran cometa de 1881.

“Nos proponemos explicar en esta corta noticia, á los lectores del “Anuario,” el método que seguimos y los resultados que se obtuvieron.

“Las personas poco familiarizadas con estos estudios, difícilmente pueden formarse idea exacta de las dificultades que se presentan para tomar fotografías cometarias; dificultades que provienen tanto del poder fotográfico extraordinariamente débil de las caudas cometarias, como del movimiento propio del cometa, que es muy rápido al pasar cerca del Sol.

“En efecto, es evidente que, mientras menos luminoso sea un objeto, se necesita mayor tiempo de exposicion para que su imagen se forme, y por consecuencia que su posicion sea invariable ó al ménos varié con mucha lentitud para que la placa sensibilizada pueda seguirlo, sin que haya desalojamiento relativo respecto de esta, mientras se forma la imagen.

“Ahora bien, sucede que, el poder actínico del astro es tan débil, que, en las condiciones en que se fotografía la Luna con el colodion húmedo, se necesitarían más de tres dias de exposicion, sin interrupcion ninguna, para obtener una imagen del cometa con una porcion de la cauda que se extendería solamente á un grado ( $1^{\circ}$ ) del núcleo; y esta accion luminosa tan desmesuradamente prolongada, debería hacerse en condiciones de alta precision, apesar del movimiento diurno del cielo, complicado con el movimiento propio, muy rápido del cometa.

“Pero muy felizmente para la astronomía, se ha hecho últimamente un importante descubrimiento en

fotografía; el de las placas secas al gelatino-bromuro de plata. Estas placas reúnen á las ventajas de las placas secas, las de una sensibilidad que puede hacerse extraordinaria, con cuidados especiales de preparacion.

“El empleo de estas placas permite reducir el tiempo de exposicion á algunas horas solamente; mientras que con el colodion húmedo sería necesario para obtener el mismo resultado, prolongar la exposicion extraordinariamente.

“Sería demasiado todavía, teniendo en cuenta el movimiento tan rápido del cometa, sobre todo si se desea una imagen precisa, propia para medidas exactas, y para evidenciar delicados detalles de estructura.

“Para resolver la dificultad, nos pareció conveniente utilizar un telescopio de construccion especial, semejante al que en 1871, nos permitió descubrir la naturaleza de esa corona de los eclipses totales, cuya formacion se debe á una capa gaseosa muy rara y extensa que rodea al Sol.

“Este instrumento cuyo espejo tiene  $0^m50$  de diámetro y solo  $1^m60$  de distancia focal, dá á las imágenes una intensidad luminosa, que es más del cuádruplo del de los telescopios más luminosos y ocho á diez veces la que dan los otros.

“La combinacion de los dos medios dió la solucion de la cuestion. La imagen fotográfica de que damos

una reproduccion fotoglíptica, segun un dibujo muy exacto, se obtuvo en media hora.

“Ahora, apesar de esta duracion luminosa, relativamente tan corta, la operacion necesitó cuidados especiales para permitir al instrumento seguir exactamente al astro, durante la exposicion. Demos una idea del método empleado.

“El movimiento del telescopio estaba ya arreglado al movimiento diurno del cielo; se trataba de modificar este movimiento, de modo que se tuviese en cuenta el movimiento propio del cometa, movimiento que se combinaba con el diurno, complicándolo.

“Calculamos primero ese movimiento propio del astro para el momento de las observaciones, y lo descompusimos en dos, uno dirigido segun el paralelo celeste, y el otro segun el meridiano. Para tener en cuenta el movimiento segun el paralelo, no se necesitaba sino modificar convenientemente la marcha diurna del instrumento por medio del regulador. En cuanto al movimiento segun el meridiano, se le realizaba por medio del tornillo de aproximacion de declinacion que obra precisamente en esa direccion.

“Para lograr este último movimiento, me valí del artificio siguiente: con un alambre finísimo formé un pequeño anillo de 1' de diámetro próximamente, que se colocó en el buscador. La cabeza del cometa se llevaba sobre el anillo que se desprendia negro sobre la cabeza, y se colocaba el núcleo del astro en medio

de ese círculo ó anillo. Durante toda la exposicion no debia abandonar esa posicion.

“Despues de varios ensayos que duraron muchos dias, obtuvimos la primera imágen que fué presentada á la Academia; en la noche del 30 de Junio al 1º de Julio obtuvimos una imágen más completa, en la cual la cola se extendia 2º5 partiendo del núcleo. En esta imágen la cabeza tiene un exceso de exposicion, como era inevitable y no debe considerarse, pero la cauda del astro muestra detalles muy importantes como vamos á verlo.

“La imágen era muy delicada para que pudiera reproducirse en papel ó por el foto-grabado; los detalles de la cola no se reproducian. Lo que hicimos fué dibujar escrupulosamente el *cliché* original, y fotografiamos despues el dibujo. En éste copiamos la cabeza de fotografías originales tomadas con menor tiempo de exposicion, como conviene para no exagerar las dimensiones reales por exceso de exposicion. Pero si la fotografía original no puede reproducirse sobre papel, si es posible hacerlo sobre vidrio, y pruebas de esta clase hay en la casa de los Sres. Gauthier-Villars.

“El exámen de la cauda presenta un interés particular. Este apéndice está formado en la imágen fotográfica, por haces luminosos casi rectilíneos, divergentes, que parten de la cabeza. En la parte média, reina un gran haz muy estrecho y muy marcado que

sale tangencialmente del lado occidental del núcleo, atraviesa toda la cauda, y se prolonga más de medio grado más allá. Este gran haz parece una espina dorsal, y según nuestras medidas, fundadas en la posición de las estrellas cercanas fotografiadas al mismo tiempo que el cometa, está exactamente dirigido (con 1' de aproximación) en la prolongación de la línea que une al Sol con el núcleo del cometa; del lado Oeste parten de la cabeza otros muchos haces, cuyas longitudes aumentan á medida que se aproxima al haz central.

“Esta estructura en haces radiantes, es acusada de la manera más clara por la fotografía, y es ella la que nos la revela, porque el exámen de la cauda cometaria á la simple vista ó con un buen antejo, no lo indicaba en el momento en que se obtuvieron las fotografías.

“Un fenómeno muy interesante y que podía preverse, se presentó con relación á las estrellas. Una acción luminosa mantenida durante media hora con un instrumento extra-luminoso y con placas de una sensibilidad tan admirable, debía conducir al registro de los fenómenos luminosos más delicados de la región explorada. Es lo que sucedió. En efecto la fotografía ostenta, en la región ocupada por la cauda, muchas estrellas muy pequeñas, de las cuales muchas no figuran en ningún Atlas.

“Así, la fotografía nos revela una estructura que

hay que tener en cuenta en la discusión de la naturaleza de las caudas cometarias; ella, permite medidas rigurosas sobre la dirección de los elementos de este apéndice, y así dará un elemento para llegar al conocimiento de la naturaleza de las fuerzas cuyas acciones combinadas han determinado su figura. Pero además, y éste es un terreno enteramente nuevo, la imagen fotográfica puede permitir (con los principios de fotografía de que hablamos á la Academia el 4 de Abril de 1881) medidas y estudios de fotometría que conducen á deducciones enteramente nuevas.

“Desde luego, puede uno tratar de comparar la intensidad luminosa de la cauda, con la de otro astro, para formarse una idea de su magnitud. Dicha comparación es muy instructiva. La hemos obtenido tomando una serie de imágenes de nuestro satélite en su oposición, con el mismo telescopio, las mismas placas sensibles, y empleando duraciones de acción luminosa muy variadas.

“Ahora, si se busca en esta serie la imagen lunar que corresponda como intensidad media, <sup>1</sup> á la intensidad de la imagen cometaria fuera del haz central, y hácia un grado de distancia del núcleo, se ve que una exposición de  $\frac{1}{150}$  á  $\frac{1}{160}$  de segundo, para la Luna, corresponde á la de media hora para el cometa. La

<sup>1</sup> La imagen fotográfica de la luna presenta diferencias considerables de intensidad. Se ha tomado para la comparación, una intensidad media.

relacion de las duraciones de accion luminosa que han producido la misma intensidad en la imagen, es superior á 300,000.

“Nuestros lectores comprenden perfectamente el espíritu del método. Admitimos que dos focos ó manantiales luminosos de desigual potencia están entre sí en razon inversa de los tiempos que necesitan para producir el mismo trabajo fotográfico, es decir, para producir el mismo depósito de plata ó dar la misma opacidad de tinte. Por ejemplo, cuando una luz necesita un tiempo doble del que necesitó otra para producir el mismo fenómeno, en las mismas condiciones experimentales, la potencia fotográfica de esta segunda luz, es la mitad de la otra. Se necesitaba pues colocar á nuestros dos astros en estas condiciones de comparacion, es decir, obtener una imagen de la Luna que pudiera ser igualada á la del cometa, y para esto se ha tomado con el telescopio que habia servido para el cometa y con las mismas condiciones experimentales una série de imágenes de la Luna llena.

“El telescopio de que hemos hablado es tan luminoso, que la Luna dá una imagen sensible en una placa gelatinada en 0°02. Ahora, se ha encontrado, como acabamos de decirlo, que la imagen lunar obtenida en  $\frac{1}{160}$  á  $\frac{1}{180}$  de segundo, tenía una capacidad media sensiblemente igual á la de la cauda cometaria á 1° del núcleo. Obtenida esta base de comparacion,

solo faltaba encontrar la relacion numérica de los tiempos de exposicion, que era de 30<sup>m</sup> á  $\frac{1}{170}$  de segundo, relacion igual á 306,000. La luz de la cauda cometaria en el punto indicado tenia pues necesidad de un tiempo cerca de 300,000 veces mayor que el que necesitaba la Luna llena para producir el mismo trabajo fotográfico: era pues fotográficamente 300,000 veces más débil.

“Así, aun considerando una region de la cauda tan próxima á la cabeza del cometa y que parecia tan brillante, su luz activa era más de 300,000 veces menor que la que refija la luna llena en un punto de iluminacion média. En su oportunidad deduciremos de este hecho imprevisto muchas consecuencias importantes. Pero podemos ir más léjos investigando cuál es aproximadamente la ley de decrecimiento de la luz en la cauda, en funcion de la distancia al núcleo. Para resolver esta nueva cuestion, hemos producido artificialmente imágenes de caudas cometarias en las cuales el decremento de la intensidad luminosa era proporcional á una potencia determinada de la distancia al núcleo.

“El decremento de la luz en algunas partes de la cauda era más rápido que en una imagen cometaria artificial en la que el decremento de opacidad era proporcional á la cuarta potencia de la distancia al núcleo. Por el contrario, el decrecimiento dado por una parábola de sexto grado parece más

rápida. Es pues preciso colocar entre estos límites la ley de decrecimiento de la luz en la cauda cometaria.

“El método experimental para hacer estas comparaciones tambien es muy sencillo. Sobre la placa fotográfica colocada en un *châssis*, se coloca una pantalla con una abertura que figure la cauda del cometa. Delante del aparato se coloca un obturador en el cual se ha abierto una abertura triangular, cuya base es rectilínea y cuyos lados son curvas semejantes que, partiendo de las extremidades de la base, se reunen en el vértice. Se concibe que cuando esta ventana triangular pase delante de la placa sensible, la luz actuará sobre cada uno de los puntos de la placa, durante intervalos de tiempo determinados por el ancho de la ventana á la altura del punto de que se trata. En la base del triángulo la duracion de la exposicion será más larga; es la que determina la formacion de la cauda cerca de la cabeza. En el vértice por el contrario, la accion luminosa será nula; será el punto en que la cauda desaparezca. En los puntos intermedios la duracion de la accion luminosa dependerá del ancho de la ventana en esos puntos, es decir, de la forma de las curvas laterales. Ahora, como acabamos de decirlo, hemos partido de la parábola general  $ay=x^m$ , y escogimos las curvaturas convenientes para obtener una série de cometas artificiales en los cuales la accion luminosa decrecía, primero en razon

inversa del cuadrado de la distancia al núcleo, despues en razon inversa del cubo, etc., etc.

“En la física de los cometas es tambien una cuestion muy importante y que ha suscitado muchas controversias sin resolverse aun definitivamente, sobre todo bajo el punto de vista numérico, el reconocer y medir las cantidades de luz directa y reflejada que puede contener la que rádan estos astros. Ahora, puesto que podemos introducir elementos de medidas en las imágenes fotográficas, estamos en estado de abordar esta cuestion. No he podido hacer la aplicacion del método del cual doy el principio y lo recomiendo para las próximas apariciones.

“Supongamos pues, que un cometa no envía sino luz directa, y que tomamos imágenes en distintas épocas, miéntas se aleja de la tierra. Todas estas imágenes de distintas magnitudes segun las variaciones de distancia, tendrán la misma intensidad (admitiendo que no ha habido modificacion en la emision luminosa del astro.)

“Pero si por el contrario no envía sino luz reflejada, entonces las imágenes no solo disminuirán de magnitud, sino tambien su intensidad decrecerá, como los cuadrados de las distancias crecientes del astro al Sol.

“Si nos imaginamos ahora los dos casos reunidos, consideraremos entonces la imagen del cometa tomada en una posicion determinada del astro como re-

sultando de la superposicion de dos imágenes, la de la luz directa y la de la luz reflejada: y la comparacion de las intensidades de las imágenes obtenidas en dos posiciones del astro, mostrará no solamente el caso á que pertenecen, sino permitirá aun medir con mucha aproximacion la proporcion de las luces mezcladas.

“Si por ejemplo, para cierta distancia del cometa al Sol, la proporcion de la luz reflejada era la cuarta parte de la luz total, para una distancia doble, esa cuarta es convertida en la cuarta de sí misma, es decir en la  $\frac{1}{16}$  parte; y la intensidad de la imagen á esta distancia doble, habria disminuido  $\frac{3}{16}$  ó cerca de un cuarto, cantidad muy fácil de comprobar y de medir. No insistimos más, solo hemos querido demostrar, cuantos datos nuevos suministra la fotografia manejada científicamente, en los problemas tan complejos de la física celeste que presentan los cometas.

“El objeto de esta corta noticia, era el patentizar la utilidad de este nuevo método de investigacion y euan digno es de que le dediquemos nuestros estudios.

### FOTOGRAFÍAS DE LAS NEBULOSAS.

“En la penúltima sesion hice algunas observaciones sobre la fotografia de la Nebulosa de Orion. Voy á precisar hoy las ideas que emití al tratar de aquel comunicado.

“Ante todo debo decir á la Academia que yo antes que nadie, aplaudo el interesante resultado obtenido por el eminente Sr. Draper, cuyos magníficos trabajos son tan bien conocidos á la Academia. Pero creo que las reflexiones que voy á hacer son indispensables para precisar bien las dificultades de la cuestion é indicar con qué precauciones, á mi juicio, deben emprenderse estos estudios.

“Uno de los más importantes problemas que tiene que resolver ahora la Astronomía Física, consiste en obtener imágenes inalterables y fieles de las nebulosas, para legar al porvenir términos seguros de comparacion. Además esta cuestion es de absoluta actualidad, puesto que estamos en condiciones de abordar