

LA CARTA FOTOGRAFICA DEL CIELO EN ESPAÑA

FRANCISCO JOSE GONZALEZ GONZALEZ
Real Instituto y Observatorio de la Armada, San Fernando

RESUMEN

El desarrollo de la fotografía durante el siglo XIX influyó decisivamente en el avance de la astronomía. La posibilidad de utilizar la fotografía en las observaciones astronómicas fue adivinada desde los primeros ensayos de los fotógrafos. Después de su aplicación en algunos trabajos aislados, surgió en Francia la idea de realizar un catálogo general del cielo mediante la impresión de placas fotográficas. Los avatares de esta importante empresa científica internacional y la participación en la misma del Observatorio de San Fernando son estudiados en este breve trabajo.

ABSTRACT

The development of the photography during the XIXth. century has influenced in the advance in astronomy decisively. The possibility to use the photography for the astronomical observations was guessed since the first experiment by the photographers. The idea to make a general catalogue exposing photographic plates appeared in France after its application in some isolated works. The events of this international scientific venture, so important, has been examined in this concise work as well as the participation of the San Fernando Observatory in this venture.

Palabras clave: Astronomía, Astrofotografía, Observatorios, San Fernando.

La aplicación de la fotografía como técnica astronómica

Hasta el siglo XVIII, las estrellas se suponían colocadas en la superficie de una esfera de radio inmensamente grande, la esfera celeste. Sin embargo, el perfeccionamiento de los métodos de observación y los continuos progresos científicos y técnicos acaecidos hasta entonces permitieron que la astronomía se encaminase, cada vez más, hacia la determinación de las distancias estelares, y hacia el recuento y clasificación de todos los astros visibles mediante los instrumentos de observación. Se puede decir, por lo tanto, que con el

desarrollo científico efectuado en el siglo XIX, los estudios astronómicos pasaron del análisis de los movimientos de los componentes del sistema solar al de los astros externos a éste.

El astrónomo inglés William Herschel destacó, a fines del XVIII, por dedicarse a la investigación sistemática sobre la naturaleza y construcción del Universo, iniciada años atrás por otros astrónomos, que habían intentado descifrar las causas de la distribución de los astros en el espacio, y las leyes a las que ésta se encuentra sometida. Este sendero fue seguido por los astrónomos del siglo XIX, que obtuvieron importantes resultados parciales, pero la gran cantidad de observaciones y cálculos que requería el conocimiento de las posiciones en el espacio de todos los astros visibles, exigía, con los métodos convencionales, un impresionante número de años de trabajo.

La fotografía, que desde su aparición había demostrado que podía convertirse en un poderoso auxiliar de la astronomía, supondría el medio técnico imprescindible para poder realizar tan magno trabajo¹. La idea de aplicar la fotografía a la reproducción de los cuerpos celestes nació el mismo día en que Niepce y Daguerre alcanzaron sus primeros descubrimientos. Desde el primer momento, se llevaron a cabo ensayos para obtener imágenes de la Luna, el Sol y las estrellas. A mediados del siglo XIX, ya era normal hacer fotografías de los eclipses de Sol, especialmente en Francia e Inglaterra. La primera ocasión en que la fotografía fue utilizada como auxiliar de la astronomía de manera generalizada, tuvo lugar en las observaciones del paso de Venus por el disco solar de 1874, en las que los astrónomos de todos los países decidieron intentar esta experiencia y las distintas fases del fenómeno fueron observadas simultáneamente de forma directa y fotográfica. Estas sirvieron para llamar la atención de los astrónomos sobre las variadas aplicaciones que podría tener para la astronomía el empleo de la fotografía durante las observaciones astronómicas.

La técnica fotográfica abrió, pues, una nueva era en la astronomía observacional, tanto en lo que se refiere a la determinación de posiciones (astrometría) como al estudio físico de los cuerpos celestes (astrofísica). Entre sus principales ventajas, pronto destacaron la posibilidad de conservar una imagen fiel y duradera en las reproducciones fotográficas, la mayor sensibilidad de las placas fotográficas respecto al ojo humano y la posibilidad de poder realizar en ellas mediciones de precisión. Gracias a estas ventajas, la fotografía astronómica pudo ser utilizada en el estudio de la física solar (especialmente en los eclipses de Sol, en conjunción con el espectroscopio), en el descubrimiento de nuevos cuerpos celestes (sobre todo pequeños satélites y asteroides), y en la determinación de paralajes estelares. La versatilidad de la aplicación de las técnicas fotográficas a la astronomía y la, cada vez más

conseguida, exactitud de las reproducciones, llevaría a decir a Tomás de Azcárate, director del Observatorio de San Fernando, a principios de nuestro siglo:

"Donde quiera que necesitemos un registro de cualquier clase, ya sea de la configuración de las estrellas, de las manchas solares, de la superficie de la Luna o de un espectro, la labor para obtenerlo se ha reducido por medio de la fotografía de un modo considerable"².

El origen del proyecto de la carta del cielo

Unos años más tarde de la utilización de la fotografía en las observaciones del paso de Venus de 1874, dos astrónomos del Observatorio de París, Paul y Prospér Henry, fueron encargados de continuar la confección de unas cartas iniciadas años antes por Chaçornac³. Haciendo este trabajo, llegaron a regiones del cielo en las que los grupos de estrellas se presentaban tan próximos y compactos, que les resultaba casi imposible determinar sus posiciones con exactitud. Fue en este punto, cuando se les ocurrió la idea de recurrir a la fotografía y construyeron un objetivo de 16 cm., con el que en 1884 obtuvieron un interesante cliché de una zona de la Vía Láctea. El contralmirante Mouchez, director del Observatorio de París, quedó tan positivamente impresionado por los resultados obtenidos que aceptó inmediatamente una propuesta de los hermanos Henry, consistente en construir un nuevo aparato con un objetivo de 33 cm., cuya parte mecánica fue encargada al prestigioso constructor de instrumentos científicos P. Gautier. Cuando éste estuvo terminado, los resultados obtenidos con él fueron tan satisfactorios, que pronto fue tomando forma la idea de hacer algo más que la simple continuación del trabajo iniciado por Chaçornac.

Mouchez propuso entonces la idea de confeccionar una carta general del cielo por medio de la fotografía, con la colaboración de astrónomos de todos los países:

"Ce sera une date glorieuse et inoubliable dans son histoire, comme sera inoubliable dans l'histoire de l'Astronomie l'oeuvre grandiose que nous voulons léguer aux générations futures, oeuvre qu'on pourra définir comme l'inventaire exact et aussi complet que possible de l'univers perceptible à la fin du XIXe siècle"⁴.

Se trataba de un magno proyecto dirigido a catalogar completamente los astros de la bóveda celeste, visibles por medio de los más potentes instrumentos de observación de la época. Al definir el estado del cielo en los últimos años del siglo XIX, se iba permitir estudiar, además de la distribución

de las estrellas en el espacio y la construcción del Universo visible, que eran los principales motivos del trabajo, la evolución y movimiento de los astros cuando, años más tarde, fuesen analizados los cambios de posición de las estrellas fotografiadas.

Para conseguir la realización de un proyecto de tanta importancia científica, Mouchez trabajó en la organización de una reunión internacional de astrónomos, en la que se tratase sobre la construcción de una carta fotográfica del cielo, tal como él había ideado. La Academia de Ciencias de París patrocinó la convocatoria, y cursó invitaciones a diversas sociedades científicas y a los directores de los observatorios más importantes de la época, que tendrían que acudir a París en abril de 1887.

El Congreso Astrofotográfico Internacional (1887)

El Congreso Astrofotográfico Internacional, también conocido como Conferencia de Astrónomos de París, supuso para la astronomía un acontecimiento de tal importancia, que superó con creces las dimensiones y alcance de las anteriores reuniones internacionales de astrónomos. El día 16 de abril de 1887, bajo la presidencia del Ministro de Asuntos Exteriores francés, se encontraron reunidos en París cincuenta y seis científicos de todo el mundo, dispuestos a ponerse de acuerdo para la ejecución de un mapa general del cielo. Entre ellos, y ocupando un lugar importante, se hallaba Cecilio Pujazón, capitán de navío y director del Observatorio de Marina de San Fernando, enviado como representante español en tan importante foro científico internacional.

Los diversos sabios, como eran llamados entonces, asistentes al Congreso se dividieron en tres grupos de trabajo. El comité técnico, que se encargó de las discusiones sobre la elección de los elementos astronómicos y fotográficos, y las secciones astrofotográfica y astronómica, en las cuales participó nuestro representante.

El Congreso votó, a lo largo de sus reuniones, 24 resoluciones, que giraban alrededor de una serie de ideas principales, y que podrían ser resumidas de la forma siguiente⁵:

- Los progresos de la fotografía astronómica exigían que los astrónomos trabajasen en la descripción general del cielo, empleando para ello procedimientos fotográficos.

- Los trabajos deberían realizarse en estaciones convenientemente elegidas, y con instrumentos idénticos en sus características esenciales.

- Los instrumentos debían ser refractores, con objetivos de 33 cm. y con una distancia focal de 343 cm., de forma que se consiguiese que un minuto de arco en el cielo se correspondiera con un milímetro en las placas fotográficas.

- Las placas tendrían que ser hechas en tres series, dos para la formación de una carta general que comprendiese todas las estrellas visibles hasta la 14^a magnitud, y otra para la confección de un catálogo que englobase las estrellas de hasta 11^a magnitud.

- El sistema a seguir en la impresión de las placas sería el de sobreponerlas, de manera que los ángulos de una placa coincidiesen con el centro de las placas contiguas.

- Las placas llevarían impreso un cuadrículado, capaz de permitir el estudio de las deformaciones que pudiese sufrir la capa de gelatina sobre la que debía producirse la impresión luminosa.

Ante las manifestaciones de algunos de los directores de observatorios allí presentes, sobre la probabilidad de que los gobiernos de sus respectivos países concedieran los créditos necesarios para la adquisición e instalación de los instrumentos con cierta rapidez, se procedió al nombramiento de una comisión, el Comité Permanente Internacional para la ejecución de la Carta Fotográfica del Cielo, formado por los directores de los observatorios dispuestos a colaborar y algunos astrónomos interesados en el asunto. La principal misión de esta comisión sería la de impulsar los trabajos preparatorios. Por otro lado, la Academia de Ciencias de París se comprometió a publicar las actas del Congreso y un boletín destinado a divulgar los estudios relacionados con el levantamiento de la Carta del Cielo⁶.

En marzo de 1888, trece observatorios habían dado órdenes para la construcción de los instrumentos: Potsdam, Oxford, Melbourne, Sidney, Río de Janeiro (sustituido más adelante por Perth), Santiago de Chile, San Fernando, París, Burdeos, Tolouse, Argel, Tacubaya y La Plata (sustituido por Córdoba). El desarrollo de la empresa científica podía darse, pues, por seguro, de ahí que Mouchez se decidiese a convocar una reunión del Comité Permanente Internacional, para adquirir información sobre el estado de adelanto de los trabajos preparatorios y la discusión de algunos puntos aún sin solucionar. Esta reunión habría de celebrarse en 1889.

La participación del Observatorio de San Fernando

Ya dijimos que, como representante español en el Congreso de 1887, fue invitado Cecilio Pujazón, astrónomo relevante y director de un importante centro astronómico. Tras recibir la invitación de su colega del Observatorio de París, cursada a través de la Academia de Ciencias, fue autorizada por el Gobierno español su asistencia a la reunión. A su regreso de París, informó a sus superiores de los acuerdos tomados para la construcción de una carta fotográfica del cielo y de la conveniencia de la participación de España en los trabajos. También se encargó de presupuestar los gastos que ello suponría.

El Gobierno aprobó sus propuestas y, rápidamente, le fue comunicado que se aceptaba su proceder en lo referente a este asunto, instándole a iniciar las gestiones para la adquisición e instalación de los instrumentos necesarios para tan importante trabajo⁷. Al poco tiempo, Pujazón escribió a Mouchez para comunicarle el visto bueno del Gobierno español a la colaboración de San Fernando en los trabajos de la carta del cielo y encargo de los instrumentos. En julio de ese mismo año, el capitán de fragata Juan Montojo, jefe de la Comisión de Marina en París, firmó, en nombre del director del Observatorio de San Fernando, un contrato con Gautier para la construcción de un anteojo ecuatorial fotográfico, su cúpula y una máquina de medir placas⁸. De todas formas, la construcción de la máquina de medir no debía ser emprendida hasta que el Comité Permanente Internacional no fijase el modelo que los observatorios tenían que adoptar. Mientras tanto, los objetivos fueron encargados a los hermanos Henry, autores de los que tan magníficos resultados habían dado en el Observatorio de París. El importe total del encargo fue de 65.300 francos⁹.

La construcción de la cúpula metálica fue realizada por la firma francesa *Société Anonyme des Anciens Etablissements Cail*, que, bajo el pretexto de los posibles desperfectos que podría sufrir durante el viaje, intentó cambiar el recubrimiento interior de madera, que se había acordado inicialmente, por uno de linóleo. No obstante, la negativa al respecto de Gautier y Pujazón les hizo desistir de tal idea. La cúpula fue embarcada en el puerto francés de Le Havre el 15 de agosto de 1888, con destino a Cádiz, desde donde los 19 bultos en que venía empaquetada (aproximadamente 13 toneladas) fueron trasladados en barcos del Arsenal de La Carraca hasta la zona llamada de la Avanzadilla y, desde allí, en carretas hasta el Observatorio. Poco tiempo después, en noviembre, llegaría la madera para el revestimiento interior. Una vez instalada, la pesada cúpula habría de ser movida mediante un sistema de railes. El revestimiento interior de madera, necesario para impedir el recalentamiento en épocas de calor, dejaba una cámara de aire de 25 cm. de espesor. Cuando llegó la cúpula ya estaba construido el edificio que debía albergar al nuevo

instrumento. Situado al S.O. del edificio principal del Observatorio, estaba formado por un cuerpo central para el instrumento astrofotográfico, sobre el que iba instalada la cúpula, con un sistema giratorio que permitía observar con perfección toda la región celeste sobre la que el montaje ecuatorial podía trabajar en buenas condiciones. A ambos lados de éste, se extendían unas habitaciones en las que se instalaron los laboratorios fotográficos y las oficinas de cálculos para llevar adelante el trabajo. Cecilio Pujazón, en un informe enviado a sus superiores, describió de esta forma las obras realizadas para instalar el nuevo instrumento:

"El pabellón fotográfico mide 31'50 m. de frente por sus caras N. y S. y 11'50 m. por las E. y O.; está construido en mampostería, siendo sus muros de 0'50 m. de espesor, y de piedra labrada las cornisas en que van aseguradas las placas de hierro sobre que van los railes de la cúpula; la vigería y el portaje son de hierro.

Los pilares en que van asegurados los soportes del eje polar del instrumento, son de piedra labrada, y sus cimientos insisten sobre trozos de la roca calcárea que forma parte del subsuelo del cerro del Observatorio; y, por tanto, además de resistir los 2.000 kilogramos de peso del instrumento, dan casi la certidumbre de una firmeza, poco menos que absoluta, de los puntos de apoyo del eje polar"¹⁰.

En noviembre de 1889, llegaron a San Fernando las cajas que contenían el instrumento fotográfico, después de que Pujazón rehusara la oferta de Gautier para que un operario suyo viniese de Burdeos, donde había instalado un aparato parecido, para explicar la forma de montarlo¹¹. El instrumento, que aún se conserva y continua instalado en su ubicación inicial, se compone de:

"dos anteojos unidos, formados por un sólo tubo metálico en forma de paralelepípedo y separados por una delgada pared; uno de ellos, cuyo objetivo es de 33 cm. y su distancia focal de 3,43 m., sirve de cámara fotográfica; y el otro, destinado a la observación directa, tiene 20 cm. de abertura y 3'60 m. de distancia focal"¹².

Esta configuración permite que, al enfilar una estrella con el anteojo de observación directa la imagen de ésta se recoja simultáneamente en el plano focal del objetivo fotográfico. El anteojo está montado en sistema ecuatorial, con su eje de rotación según el eje polar. Este eje descansa sobre dos soportes fijos en pilares de piedra que aseguran su imperturbabilidad; además, como todos los instrumentos de este sistema, lleva círculos de ascensión recta y de declinación, y movimiento horario de relojería.

La R.O. de 6 de junio de 1887 había aprobado un presupuesto total para los gastos de la colaboración española en la ejecución de la carta de cielo de 90.000 pesetas, que, a la entrega del instrumento astrofotográfico en 1889, habían sido empleadas de la siguiente manera:

- antejo ecuatorial fotográfico 44.000
- cúpula metálica 15.000
- obras e instalación 24.000

Quedaban todavía 7.000 pesetas que habían de ser utilizadas para pagar las 6.300 que costaba la máquina de medir placas, que aún no había sido encargada, en espera de que el Comité Permanente Internacional decidiera qué sistema habría de emplearse en la medición de las placas fotográficas.

La reunión del Comité Permanente Internacional en 1889

Por iniciativa de Mouchez, como anteriormente se dijo, el Comité Permanente Internacional para la ejecución de la Carta Fotográfica del Cielo, se reunió en París a fines del verano de 1889. En esta reunión, los directores de los observatorios presentaron informes sobre la situación de los trabajos previos en sus respectivos centros. La existencia de 19 observatorios comprometidos a colaborar en el proyecto, dió lugar a que se decidiese hacer una distribución provisional del cielo, asignando a cada uno de ellos una zona de superficie parecida, comprendida entre dos paralelos de declinación. Como el Observatorio de París tenía un instrumento fotográfico bastante experimentado, se le encargó que preparase unos clichés-tipo de determinadas regiones celestes, que sirviesen para establecer unos baremos de igualdad en la apreciación de las magnitudes estelares, por medio de su comparación con los realizados en los distintos observatorios.

Otros puntos ultimados en esta reunión fueron especialmente técnicos: fijar el tamaño de las placas fotográficas en 16 cm., el de los cuadrículados en 13 cm., la equidistancia entre las líneas del cuadrículado en 5 mm., la construcción de chasis metálicos para las placas, etc. Todo quedaba preparado para que, a partir de 1890, se iniciaran los primeros trabajos de observaciones preparatorias en una gran parte de los observatorios.

Cecilio Pujazón, que había estado presente en todas las sesiones celebradas en París, comunicó a sus superiores que el Observatorio de Marina de San Fernando se encontraba preparado para comenzar los trabajos definitivos

en cuanto se recibiesen el chasis metálico y los cuadrículados adoptados en la reunión del Comité, manifestando la opinión de que su observatorio sería uno de los primeros en emprender las observaciones¹³.

Durante todo el año 1890 continuaron los preparativos y ensayos, mientras se instalaban los instrumentos en los observatorios más retrasados. En San Fernando, Pujazón, dedicado casi exclusivamente a este asunto, conseguía impresionar placas fotográficas de muy buena calidad, enviando los primeros clichés a sus superiores y a París, para dar conocimiento del estado en que se encontraban los trabajos por él dirigidos¹⁴. Se iniciaba, de esta manera, una tradición que sobreviviría durante el periodo de realización de los trabajos de la Carta del Cielo, la de que fuesen los sucesivos directores del Observatorio quienes se encargasen personalmente de las observaciones y de la dirección de las tareas. En agosto, se recibió una carta del almirante Mouchez convocando la siguiente reunión del Comité Permanente Internacional, que se había de celebrar en París a partir del 31 de marzo de 1891¹⁵. Esta sería la última reunión celebrada antes de la ejecución definitiva de los trabajos, y en ella se discutieron todos los problemas y dudas surgidos en los observatorios durante los ensayos realizados con los instrumentos astrofotográficos.

La reunión del Comité Permanente Internacional en 1891

Dado que la mayor parte de los observatorios participantes en el proyecto, tenían preparada la instalación de los instrumentos y podían comenzar el trabajo a lo largo de 1891, esta tercera y última reunión preparatoria se dedicó a resolver las cuestiones que habían planteado dudas, teniendo en cuenta las experiencias acumuladas desde la anterior convocatoria. Durante cuatro sesiones plenarias, y numerosas reuniones de comisiones especiales, se discutieron las cuestiones de un programa que había sido preparado por algunos miembros del Comité, que se habían visto en París días antes del inicio de las sesiones, y se decidió dar comienzo a los trabajos definitivos.

Una comisión especial se encargó de tratar, en el caso de las series de observaciones destinadas al Catálogo, sobre la necesidad de que existieran seis estrellas de referencia por cliché, estrellas que debían ser determinadas por el concurso de varios observatorios. Sin embargo, la confección de un catálogo de este tipo, con 60.000 ó 70.000 estrellas, suponía una acumulación de trabajo y de observaciones de precisión tan grande que podría retrasar bastante el comienzo de la ejecución de la Carta. Esta cuestión fue la más polémica de la reunión, y en ella tomó parte Mouchez, que se mostró partidario de no llevar a cabo dos series simultáneas de observaciones -una para el Catálogo y otra para la Carta-, pues ambas necesitaban tiempos distintos de exposición en

las placas, de tal forma que la ejecución de la correspondiente a la Carta (una hora de exposición), mantendría atrasada a la del Catálogo (sólo quince minutos). Mouchez propuso hacer en dos años todas las placas del Catálogo, en las que se recogerían las estrellas de hasta 11^a magnitud, y expresó su confianza en que, durante este tiempo, los progresos técnicos lograsen reducir el tiempo de exposición de las placas necesarias para los clichés de la Carta, cuya ejecución sería emprendida en buenas condiciones tras la experiencia adquirida con el Catálogo. A estos motivos hubo que añadir el de la propia supervivencia del Congreso Astrofotográfico, ya que si emprendían la realización de un trabajo científico práctico y de gran envergadura, como era el Catálogo, tenían asegurado el apoyo de sus respectivos gobiernos para continuar con el trabajo, más lento y duradero, de la construcción de un mapa fotográfico del cielo que sirviese de testigo a los astrónomos del futuro.

Además, las reuniones sirvieron para adoptar numerosas resoluciones, casi todas de carácter técnico, entre las que destacó aquella que recomendaba a todos los observatorios participantes en la empresa iniciar, con la mayor celeridad posible, la ejecución de los clichés destinados a la construcción del mencionado catálogo. Por otro lado, otra de las resoluciones estableció el reparto definitivo de las zonas del cielo entre los dieciocho observatorios que se decidieron a colaborar en el proyecto.

| <i>OBSERVATORIOS</i> | <i>ZONA EN DECLINACION</i> | | <i>Nº DE PLACAS</i> |
|----------------------|----------------------------|---------|---------------------|
| Greenwich | + 90° | a + 65° | 1149 |
| Roma | + 64° | a + 55° | 1040 |
| Catania | + 54° | a + 47° | 1008 |
| Helsingfors | + 46° | a + 40° | 1008 |
| Potsdam | + 39° | a + 32° | 1232 |
| Oxford | + 31° | a + 25° | 1180 |
| París | + 24° | a + 18° | 1260 |
| Burdeos | + 17° | a + 11° | 1260 |
| Toulouse | + 10° | a + 5° | 1080 |
| Argel | + 4° | a - 2° | 1260 |
| San Fernando | - 3° | a - 9° | 1260 |
| Tacubaya | - 10° | a - 16° | 1260 |
| Santiago | - 17° | a - 23° | 1260 |
| La Plata | - 24° | a - 31° | 1360 |
| Rio de Janeiro | - 32° | a - 40° | 1376 |
| El Cabo | - 41° | a - 51° | 1512 |
| Sidney | - 52° | a - 64° | 1400 |
| Melbourne | - 65° | a - 90° | 1149 |

El comienzo de los trabajos definitivos

El marino y científico de San Fernando que había impulsado la participación española en el proyecto, tenía por entonces 57 años y una salud bastante delicada¹⁶. Después de varios meses haciendo pruebas con el astrógrafo y pasando noches enteras observando, Cecilio Pujazón emprendió el viaje a París, durante el cual contrajo una neumonía que se le agravó en el viaje de vuelta. Tres días después de su regreso a San Fernando, murió rodeado de sus familiares y subordinados. No tuvo tiempo para poder comunicar a éstos las decisiones tomadas en la reunión del Comité.

Su muerte, ocurrida el 15 de abril de 1891, causó una gran impresión entre sus colegas del Comité Permanente Internacional para la ejecución de la Carta Fotográfica del Cielo, hasta el punto de que, en la presentación de las actas de las sesiones, se hizo mención expresa del sentimiento de dolor que este acontecimiento había provocado en París:

"Peu de jours après la séparation du Comité, nous avons reçu la douloureuse nouvelle de la mort presque subite de notre excellent collègue M. le Capitaine de Vaisseau Pujazón, qui venait de prendre une part si active à tous nos travaux. Par l'affabilité de son caractère et son devouement à la Science, il s'était attiré l'estime et l'affection de tous ses collègues; c'est une perte très sensible pour notre oeuvre et pour la Science espagnole, mais nous avons la ferme espoir que M. le Capitaine de Vaisseau Viniegra, très hereusement nommé pour le remplacer à la direction de l'Observatoire saura accomplir, dans les meilleures conditions possibles, la tâche si bien préparée par son prédécesseur"¹⁷.

Se puede decir que Cecilio Pujazón murió dejándolo todo preparado para el inicio de la empresa. A fines de 1891 se empezaron en San Fernando los trabajos definitivos, una vez recibidos el retículo del cuadrículado (*reseau*), construido según las indicaciones del Comité, y los catálogos de estrellas guía para la orientación de las placas.

El método de trabajo

El método empleado en las observaciones necesarias para el proyecto de la Carta del Cielo era bastante complejo¹⁸. Mediante el antejo visual del instrumento astrofotográfico se fijaba en la cruz filar una de las estrellas guías seleccionadas para cada placa, manteniéndola en esta posición para asegurar una buena exposición fotográfica. Con la intención de no confundir las estrellas con posibles manchas de la placa, se realizaban tres exposiciones sobre la misma, cambiándola ligeramente de posición en cada una de ellas.

Las placas para la Carta eran sometidas a tres exposiciones de treinta minutos, mientras que las del Catálogo sólo necesitaban tres exposiciones de seis minutos, tres minutos y treinta segundos, respectivamente. Una vez obtenidos los clichés y admitidos como buenos, tras un cuidadoso examen, se procedía a impresionar en las placas el cuadrículado del que se habló con anterioridad. Tras ser revelados, los clichés aparecían divididos en pequeños cuadrados de cinco milímetros de lado. A partir de entonces, las operaciones eran distintas para los clichés, según perteneciesen al Catálogo o la Carta. Los primeros eran utilizados para medir, con la máquina adquirida al efecto, las coordenadas de las estrellas correspondientes. Mientras tanto, los clichés de la Carta eran ampliados al doble, para después proceder a su heliograbado y a su tirada en papel.

La evolución de los trabajos en San Fernando

Durante 1892, el capitán de navío Juan Viniegra, sustituto de Pujazón en la dirección del Observatorio de Marina, fue autorizado por sus jefes a viajar a París, donde debía tomar contacto con los miembros del Comité Permanente Internacional, y a visitar los observatorios de Potsdam, Oxford y Greenwich. El origen de este viaje ha de situarse, sin duda, en el hecho de que el anterior director no hubiera tenido tiempo de comunicar al personal del Observatorio las resoluciones de la última reunión del mencionado Comité. Desde entonces, Mouchez había insistido varias veces en la necesidad de que el Observatorio de San Fernando no quedase aislado de los demás, en la evolución general de los trabajos que se estaban llevando a cabo¹⁹.

Tras este viaje, quedaron establecidos definitivamente los trabajos a los que se comprometía el observatorio español en la empresa internacional de la Carta del Cielo²⁰:

1º Obtención de 1.260 clichés de tres exposiciones cortas para levantar un Catálogo con las estrellas de hasta 11ª magnitud.

2º Obtención de 1.260 clichés de una hora de exposición para la confección de la Carta del Cielo.

3º Medición de los primeros, para obtener las coordenadas rectangulares de las estrellas cuyas imágenes quedaban grabadas en las placas.

4º Reducción de estas medidas, para obtener las ascensiones rectas y declinaciones medias de las estrellas en 1 de enero de 1900.

5º Obtención de ampliaciones y reproducciones de los clichés destinados a la Carta, para estudiar el mejor medio de reproducción definitiva.

De todas formas, la escasez de material y de personal provocaría un importante retraso en las acciones derivadas de la puesta en marcha de los tres últimos puntos, mientras se desarrollaba con cierta regularidad la obtención de las placas.

Conforme iban llegando a San Fernando los catálogos de estrellas guía correspondientes a su zona de trabajo, que habían sido encargados a los observatorios de Leyden y Greenwich²¹, se avanzaba en los trabajos a tan buen ritmo que, en junio de 1895, el director del observatorio comunicaba a sus superiores el hecho de que, según los resultados publicados en el Boletín del Comité Permanente Internacional, el de San Fernando era el único centro que había completado todas las observaciones necesarias para el Catálogo, además de llevar realizado un importante número de placas para la Carta del Cielo²².

No obstante, la participación española en este gran proyecto científico atravesó por importantes dificultades. Al retraso en la llegada de los catálogos de estrellas guía, habría que añadir especialmente las causadas por problemas materiales. En 1893, las dificultades económicas del país afectaron directamente a la Marina y, por tanto, al Observatorio, haciendo peligrar la continuación de los trabajos de la Carta del Cielo. La gravedad de asunto fue tal, que el director del Observatorio llegó a proponer que, en caso de no poder consignarse al presupuesto de la institución las cantidades necesarias, se suprimiese una de sus dependencias, el Centro Meteorológico, pasando sus partidas económicas a los trabajos de la Carta del Cielo²³.

"Una ligera variación de personal podría bastar para eludir el compromiso internacional, pero a pesar de lo mucho en que disminuirían los trabajos y gastos de Observatorio si declinásemos ante el Comité el encargo de cooperar en la empresa del levantamiento de la Carta del Cielo, los gastos algo considerables ya efectuados para la construcción del edificio y adquisición de instrumentos, máquina de medir, etc., y lo poco satisfactorio que resulta obligar a los extranjeros a repartirse el trabajo del que ya nos habíamos encargado, parecen aconsejar vencer las dificultades que se presenten"²⁴.

Aunque no se produjo la renuncia a la colaboración por parte española, durante algunos años las tareas relacionadas con el proyecto se fueron desarrollando con cierta lentitud, y continuamente supeditadas a las dificultades presupuestarias de la economía nacional. Prueba de ello podrían ser los sucesivos aplazamientos de la asignación de fondos para la ampliación y tirada de los ejemplares impresos de la Carta del Cielo. Decía Tomás de Azcárate,

sucesor de Viniegra en el cargo de director, en una de las propuestas no aceptadas:

"Publica ahora sus reproducciones el Observatorio de París, que sigue siempre a la cabeza de la empresa, y lo que empieza a repartir es igual a lo que nosotros pudimos hacer ya en 1897"²⁵.

Las reuniones del Comité Permanente Internacional celebradas en París en el año 1900²⁶, estuvieron marcadas por las discusiones sobre la utilidad del descubrimiento del asteroide Eros, en relación con los trabajos que se llevaban a cabo. De ellas surgió la organización de una serie de tareas que habrían de añadirse a las que ya se venían realizando en todos los observatorios que colaboraban en el proyecto. Se propuso un programa de observaciones del mencionado astro²⁷, compuesto por tres tipos de observaciones que incidirían directamente en el retraso de las tareas de la Carta del Cielo, sobre todo en los observatorios menos dotados de material y de personal:

1. Observaciones meridianas de Eros y de algunas estrellas próximas a su trayectoria (Observatorios de Abbadia, Greenwich, Konisberg, Lisboa, Lick, París, Roma, San Fernando, Toulouse y Washington).

2. Observaciones fotográficas del astro (a cargo de casi todos los observatorios del proyecto de la Carta del Cielo, además de los de Cambridge, Córdoba, Lick, Borthfield, Pulkova, Taskhent y Upsala).

3. Observaciones micrométricas para fijar la posición de Eros con respecto a estrellas próximas (en las que participarían más de cuarenta observatorios de todo el mundo).

Durante el primer cuarto del siglo XX, fueron finalizando todos los trabajos del proyecto que había ideado Mouchez en 1887. En San Fernando, siguiendo la información reseñada en las memorias anuales del Observatorio, se puede constatar cómo en 1894 ya estaban terminadas las 1.260 placas correspondientes al Catálogo²⁸. Sin embargo, el trabajo correspondiente a los clichés de la Carta no sería terminado hasta 1923, al mismo tiempo lo hacían Greenwich y Oxford. El Catálogo, que recogía más de 400.000 estrellas comenzó a ser publicado en 1921, mientras iba saliendo de la imprenta una buena cantidad de ejemplares impresos de los clichés de la Carta. En 1929 fue publicado el sexto, y último, volumen del Catálogo Astrofotográfico de San Fernando, culminando así un trabajo que había ocupado a una parte importante del personal del Observatorio durante cerca de cincuenta años.

El proyecto emprendido en 1887 tenía tal magnitud y debía utilizar unas técnicas tan nuevas y poco experimentadas, que su finalización en poco tiempo habría sido imposible. Hizo falta más de medio siglo para completarlo definitivamente, pero los resultados están ahí, cinco millones de estrellas contenidas en los catálogos de los diversos observatorios. Una fotografía del cielo, en una época determinada, que sigue siendo fuente importante para numerosas investigaciones actuales. Los trabajos del Catálogo Astrofotográfico y de la Carta de Cielo fueron, en su época, la principal manifestación de colaboración astronómica internacional a nivel institucional, siendo uno de los antecedentes directos de la creación de la Unión Astronómica Internacional en 1919, surgida de la reunión de conferencias internacionales como la *International Geodetic Union*, la *Carta del Cielo* y la *International Solar Union*²⁹.

NOTAS

1 Véase, Mouchez, R.: *La photographie astronomique a l'Observatoire de Paris et la Carte du Ciel* (París, 1887).

2 Azcárate, T. de: "Aplicación de la fotografía a la astronomía", manuscrito conservado en San Fernando, borrador de la ponencia presentada en el II Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Valencia en 1909. Biblioteca del Real Observatorio de la Armada (B.R.O.A.), *Astrofotografía*, Caja 1.

3 Jean Chacornac (1823-1873), fue astrónomo del Observatorio de París, conocido por sus extensas observaciones y por sus minuciosos y exactos levantamientos de cartas de diferentes regiones estelares.

4 Discurso del almirante Mouchez en la apertura del Congreso de París. *Congrès Astrophotographique International tenu à l'Observatoire de Paris pour le lèvé de la Carte du Ciel (avril, 1887)* (París, 1887).

5 Pujazón, C.: "La carta Fotográfica del Cielo", en *La Naturaleza*, tomo I, nº 14 (1890), 209-213.

6 *Bulletin du Comité International Permanent pour l'execution photographique de la Carte du Ciel*, 5 tomos (París, 1892-1909). En el prólogo dice Mouchez: "Este Boletín aparecerá cada vez que la oficina del Comité Permanente tenga alguna memoria que publicar o algún informe útil que aportar al conocimiento de los sabios y de los observatorios que se ocupan de la ejecución de las decisiones tomadas por el Congreso Astrofotográfico..."

7 C. Pujazón a Mouchez, 6-6-1887. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

8 La correspondencia entre C. Pujazón, J. Montojo y P. Gautier (entre el 17 de junio y el 29 de julio de 1887) y el contrato para la construcción del instrumento, su cúpula y la máquina de medir, pueden verse en B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

9 En agosto, Pujazón comunicaría a Mouchez la firma del contrato con Gautier para la construcción de un aparato igual al instalado en el Observatorio

de París, con el compromiso por parte del artista de tenerlo terminado en el plazo de 16 meses. Pujazón a Mouchez, 18-8-1887. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

10 C. Pujazón a Capitán General, 8-11-1889. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

11 Dice Pujazón a Gautier: "Estoy muy agradecido por vuestra oferta de hacer venir a San Fernando al obrero que debe ir a Burdeos para el montaje de la ecuatorial semejante a la nuestra; pero teniendo el Observatorio un buen artista para cuidar nuestros instrumentos que ha trabajado ya en su montaje, y conociendo por mi parte el instrumento habiéndolo visto en París, no encuentro necesario molestarlos con el viaje de un obrero que podrá seros necesario en París". B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1, 7-8-1889.

12 Pujazón, C.: "La Carta Fotográfica del Cielo", en *La Naturaleza*, tomo I, nº 14 (1890), p. 213.

13 C. Pujazón a Capitán General, 8-11-1889. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1. Sobre lo tratado en las reuniones de París puede consultarse el "Extracto de la Memoria del Director del Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando, sobre las reuniones científicas a que concurrió en París...". en *Revista General de Marina*, 26 (1890), 199-210.

14 C. Pujazón a Capitán General, 22-4-1890. Además, en la Sección de Astronomía de Real Observatorio de la Armada se conservan los cuadernos de observaciones del trabajo de la Carta del Cielo. El número 1, titulado "Observaciones con la ecuatorial fotográfica", comprende las realizadas desde diciembre de 1889 a marzo de 1891.

15 Mouchez a C. Pujazón, 1-8-1890. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

16 La actividad profesional y científica de C. Pujazón puede ser seguida en su Hoja de Servicios, conservada en el Museo Naval de Madrid. Además, puede consultarse GONZALEZ, F.J.: *Cecilio Pujazón y el Observatorio de Marina (1869-1891)*, Memoria de Licenciatura (Cádiz, 1986).

17 *Reunión du Comité International Permanent pour l'execution de la Carte Photographique du Ciel à l'Observatoire de Paris en 1891* (Paris, 1891). Como anexo a dichas actas fueron publicadas las cartas de Mouchez, director del Observatorio de París, a Miguel García Villar, subdirector del de San Fernando; de éste a Mouchez, agradeciéndole sus testimonios de dolor y solicitándole información sobre las recientes reuniones, cuyas decisiones no pudo comunicarle Pujazón; y de Viniegra a Mouchez, participándole su nombramiento como director del Observatorio de San Fernando.

18 Azcárate, T. de: "Aplicación de la fotografía a la astronomía". B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

19 J. Viniegra a Capitán General, 4-2-1892. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

20 J. Viniegra a Capitán General, 9-1-1895. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

21 Aunque el catálogo encargado a Leyden llegó en 1891, la parte correspondiente a Greenwich no fue recibida en San Fernando hasta mayo de 1893. Nota del Royal Greenwich Observatory a J. Viniegra, 4-5-1893. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.

- 22 J. Viniegra a Capitán General, 15-6-1895. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.
- 23 J. Viniegra a Capitán General, 29-8-1893. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.
- 24 *Ibidem*.
- 25 Director Observatorio a Capitán General, 4-8-1899. B.R.O.A., *Astrofotografía*, Caja 1.
- 26 *Procès-Verbaux de la réunion du Comité International Permanent pour l'exécution de la Carte Photographique du Ciel, tenu à l'Observatoire de Paris en 1900* (París, 1900).
- 27 Eros, asteroide nº 433, fue descubierto en 1898 por Witt. Por su proximidad a la Tierra ha servido para medir la paralaje solar.
- 28 "Memoria de las actividades del Instituto y Observatorio de Marina durante el año de... (1900-1925). B.R.O.A., *Memorias-Informes*, Caja 1.
- 29 Doig, P.: *A concise history of astronomy* (Londres, 1950).

BIBLIOGRAFIA

- BAILLAUD, E.B. (1938?): *Pour l'histoire de l'astronomie stellaire de position*. París, Observatoire.
- Bulletin du Comité International Permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel*, 5 vols. (1982-1909). París, Gauthier-Villar.
- Catálogo Astrofotográfico para 1900.0. Sección del Observatorio de Marina de San Fernando. Declinación de -30° a -90°*, 6 vols. (1921-1929). San Fernando, Observatorio.
- Congrés Astrophotographique International tenu à l'Observatoire de Paris pour le levé de la Carte du Ciel (avril 1887)* (1887). París, Gauthier-Villar.
- GARCIA FRANCOS, S. (1921): *Apuntes relativos a la práctica del cálculo del catálogo astrofotográfico*. San Fernando, Observatorio.
- GARCIA FRANCOS, S. (1921): *Introducción al Catálogo Astrofotográfico y apuntes relativos a la práctica de su cálculo*. San Fernando, Observatorio.
- GONZALEZ, F.J. (1986): *Cecilio Pujazón y el Observatorio de Marina (1869-1891)*. Memoria de Licenciatura inédita.
- MOUCHEZ, E. (1887): *La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la Carte du Ciel*. París, Observatoire.
- ORTE, A. (1987): "La astrografía internacional en su primer centenario", *Astrum* nº 74, 17-19.
- ORTE, A. (1988): "The *Carte du Ciel* instrument of San Fernando: A century of activity", *Mapping the Sky*, IAU, 65-74.
- PUJAZON, C. (1890): "La Carta Fotográfica del cielo", *La Naturaleza*, nº 14.
- PUJAZON, C. (1890): "Extracto de la Memoria del Director del Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando, sobre las reuniones científicas a que concurrió en París...". *Revista General de Marina*, 26, 199-210.

RICART GIRALT, J. (1893): "La carta del cielo. Fotografía astronómica", *Revista de Navegación y Comercio*, nº 117.

WEIMER, TH. (1987): *Brève histoire de la Carte du Ciel en France*. París. Observatoire.