

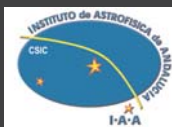
OSN

25 ANIVERSARIO DEL OBSERVATORIO DE SIERRA NEVADA

Septiembre de 2006



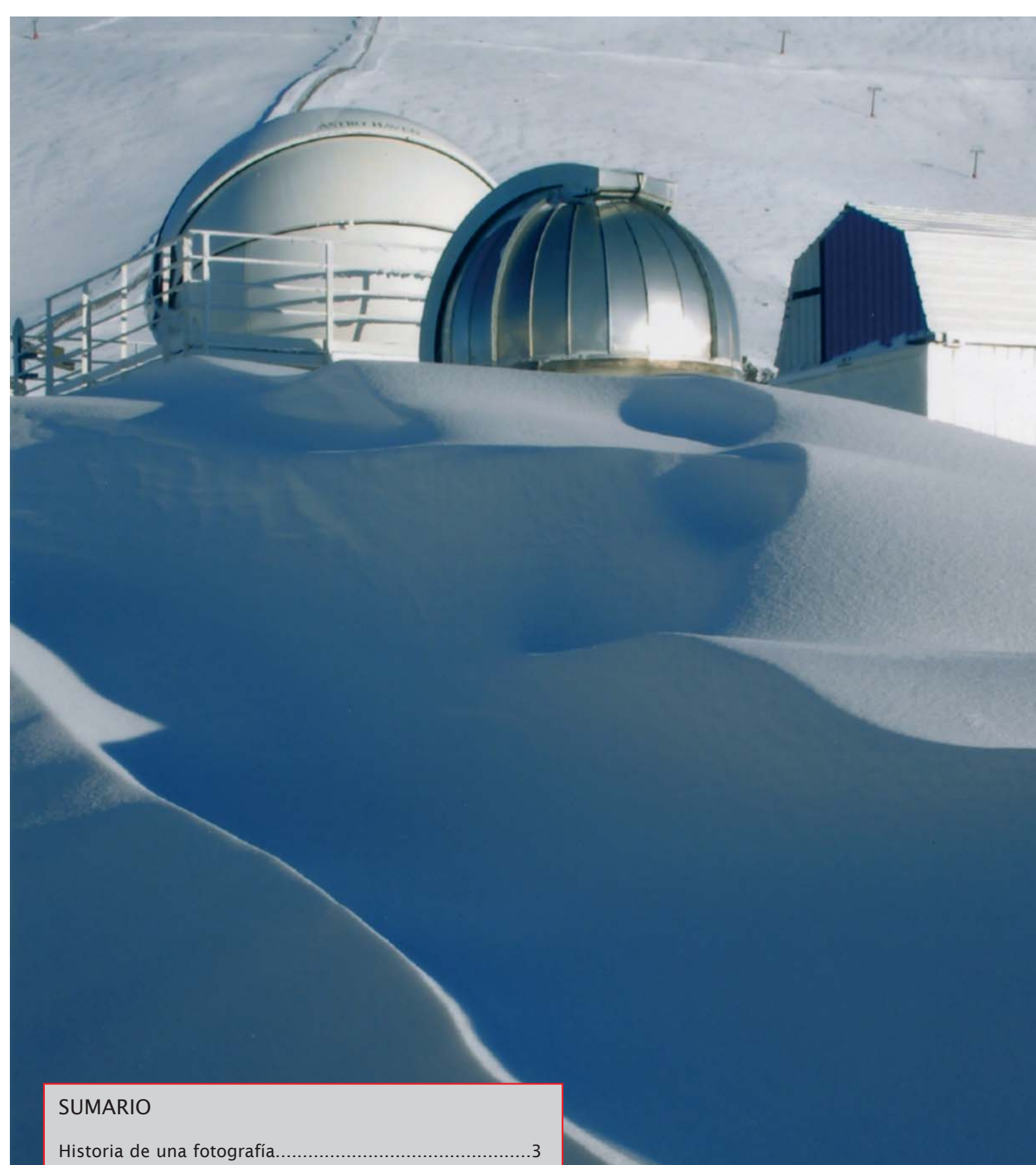
i25!



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
IIA-CSIC

<http://www.iaa.csic.es>





SUMARIO

Historia de una fotografía.....	3
Cronología de los inicios.....	6
Comienzos del proyecto de los telescopios chinos.....	8
Telescopios e instrumentación.....	10
Ciencia con el OSN.....	14
OSN: una historia de desarrollo instrumental.....	17
Contaminación lumínica en el OSN.....	19

Coordinación: Jorge Iglesias.

Edición, diseño y maquetación: Silbia López de Lacalle.

Imprime: ELOPRINT S.L.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando la fuente y el autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía
c/ Camino Bajo de Huétor 50 , 18008 Granada. Tlf: 958121311
Fax: 958814530.



HISTORIA DE UNA FOTOGRAFÍA

Estábamos preparando material gráfico para las celebraciones del 25 aniversario del Observatorio de Sierra Nevada cuando cayó entre mis manos esta fotografía antigua. En ella aparecen los tres protagonistas de esta entrevista sentados en una colina de Sierra Nevada, con el Observatorio del Mohón del Trigo al fondo: Manuel Merlo, José María Quintana y Ángel Rolland (de izquierda a derecha en la foto), impulsores del gran desarrollo que experimentó el antiguo Observatorio de Cartuja y que dio lugar posteriormente a la creación de los observatorios del Mohón del Trigo y, más recientemente, al de Sierra Nevada. Les propuse juntarnos un día para charlar y recordar los detalles que seguramente sólo ellos serían capaces de ordenar.

Por Jorge Iglesias

¿CÓMO EMPEZÓ TODO?

Manuel Merlo: El origen fue el Observatorio de Cartuja, que había fundado la Compañía de Jesús en 1902. La actividad científica que allí se desarrollaba se reducía a sismología, manchas solares y espectroscopía. La Astrofísica no empezó a tener un papel relevante hasta que llegó Teodoro

Vives en 1964, enviado por el Padre General de los Jesuitas para reforzar el observatorio y la investigación en Astronomía que allí se hacía. Vives era experto en fotometría de binarias eclipsantes y había trabajado en Irlanda, en la *Specola Vaticana* y en el Observatorio de Bamberg. A su llegada a Granada puso en marcha los dos telescopios del Observatorio de Cartuja y empezó a dar clases en la Universidad. Por aquel tiempo yo ya pertenecía al observatorio y realizaba medidas de meteorología".

Ángel Rolland: Vives ya vino con la idea de montar un observatorio de alta montaña porque se sabía que el cielo de Sierra Nevada era muy bueno y porque la calidad del emplazamiento de Cartuja iba a empeorar debido al crecimiento de la ciudad. Contactó en un congreso con Roche, del Observatorio de Pic du Midi, experto en localización de lugares de alta calidad astronómica, y le comentó que quería montar una estación de alta montaña (lo que sería el Observatorio del Mohón del Trigo) asociada al Observatorio de Cartuja.

José María Quintana: Roche eligió para el Observatorio del Mohón del Trigo un emplazamiento situado sobre la capa de inversión en una colina secundaria de la loma del Veleta (los puntos más altos no son los mejores porque suelen presentar turbulencias y fenómenos locales de acumulación de polvo y nubes). De hecho, para la localización del Observatorio de Sierra Nevada seguimos ese mismo criterio.

¿CUÁNDO EMPEZÓ A CONSTRUIRSE EL OBSERVATORIO DEL MOHÓN DEL TRIGO?

MM: El Observatorio del Mohón del Trigo empezó a construirse en 1965 y tardó mucho tiempo en terminarse porque durante el primer invierno cayó una nevada importante que generó retrasos en la obra.

AR: Durante las navidades de 1967, José María y yo hicimos un viaje relámpago a Granada para conocer las instalaciones del Observatorio de Cartuja y consideramos la posibilidad de quedarnos a trabajar en Granada. Nos instalamos al año siguiente, cuando a José María le concedieron una beca del CSIC. Entonces el Observatorio del Mohón del Trigo todavía no estaba terminado.

JMQ: En la primera época, el Observatorio del Mohón del Trigo estaba habitado por un astrónomo holandés que fue posteriormente sustituido por Eduardo Battaner, que trabajaba con el fotómetro de *airglow* de la Max Planck. En aquella época todavía no había ni luz ni agua en el OMT.

MM: Los ingleses se dieron cuenta de que la calidad del cielo era extraordinaria y decidieron pagar un tendido eléctrico desde el albergue hasta el OMT. Recuerdo que yo mismo participé en la instalación.

JMQ: En el OMT había muchas deficiencias estructurales porque no había mucho dinero. Todavía recuerdo cuando, estando el edificio terminado, nos sentamos a discutir el lugar más idóneo para ubicar la puerta de entrada. Tras una sesuda deliberación se decidió... el que resultó ser el peor de todos porque era allí donde se amontonaba toda la nieve. Así pues hubo que cambiar la puerta de entrada....

AR: Finalmente, el telescopio que se instaló en el OMT, fue el regalo que la Universidad de Georgetown hizo a Vives durante su estancia en la *Specola Vaticana*, y llegó a Rota transportado por la Sexta Flota Americana.

¿CUÁL FUE EL PAPEL JUGADO POR LA UNIVERSIDAD DE GRANADA EN EL PROCESO?

JMQ: En 1971 la Compañía de Jesús vendió los terrenos del Campus de Cartuja a la Universidad de Granada, para que esta pudiera expandirse. El Observatorio de Cartuja con todo su patrimonio fue cedido a la Universidad y pasó a denominarse Observatorio Universitario de Cartuja. El decano de Ciencias asumió el puesto de director, y yo mismo el de secretario general. La Universidad de Granada adquirió los derechos de uso del observatorio, si bien la propiedad del mismo siguió perteneciendo a la Compañía de Jesús.

MM: El OUC nació con un presupuesto de 1,5 millones de pesetas, lo cual nos permitía una autonomía económica importante.

AR: En aquella época yo me incorporé también a la Universidad, después de una estancia de año y medio en el *Royal Greenwich Observatory*, y a partir de ahí empezamos a utilizar con regularidad el OMT para programas de fotometría.

Finalmente, lo reducido del presupuesto solicitado, la posibilidad de contar con dos telescopios sin coste económico alguno y nuestra determinación convencieron a la presidencia del CSIC para financiar el nuevo observatorio

¿Y QUÉ PASÓ A PARTIR DE LA FUNDACIÓN DEL IAA?

MM: En 1975, el Observatorio Universitario de Cartuja, con todas sus extensiones, fue cedido al recién creado IAA, y sus miembros dejaron la sede Universitaria de Cartuja para instalarse en el edificio de La Madraza, que pertenecía al CSIC. La dotación inicial de fondos para el IAA se gastó en la instalación eléctrica de La Madraza y en la remodelación de los asientos del Salón de los Caballeros 24 (del siglo XVI).

JMQ: Tras varios años de observaciones ininterrumpidas en el OMT, se empieza a gestar

la idea de construir un observatorio propio. Los motivos que impulsaron esta idea fueron de diversa índole: nos dimos cuenta de que el OMT era un emplazamiento provisional, el telescopio era demasiado pequeño y además no teníamos el derecho de hacer cambios, todo teníamos que consultarlo.

AR: Había que arreglar el observatorio todos los años y la financiación de esos arreglos era complicada. Mientras pertenecimos a la Universidad todo era mucho más fácil pero cuando nos fuimos al CSIC empezaron los problemas. Además, estaba la posibilidad de traer dos telescopios más grandes a Sierra Nevada: teníamos contacto con los ingleses porque yo había estado trabajando en el RGO. Gracias a esto, Norman Walker se ofreció de intermediario para traer a Sierra Nevada el telescopio Steavenson de Sudáfrica".



JMQ: Además, Ángel y yo habíamos contactado con los franceses de Niza por el tema de las estrellas variables de período corto, en el que ambos trabajábamos. Ellos tenían un telescopio de 60 centímetros que podían cederlos. Así pues, decidimos intentar dar el salto a un nuevo observatorio y fuimos a Madrid a plantearlo, arguyendo que necesitábamos medios propios para entrenarnos en programas diferentes al que ya estábamos desarrollando y en tecnología instrumental. La primera exigencia del CSIC fue la necesidad de construir una estación de alta montaña más que un observatorio propiamente dicho, es decir, sin personal fijo arriba, al contrario de lo que ocurría en los observatorios de Canarias y Calar Alto, a lo cual no pusimos pegas. Finalmente, lo reducido del presupuesto solicitado -"éramos un chollo para el CSIC", dice entre risas-, la posibilidad de contar con dos telescopios sin coste económico alguno y nuestra determinación convencieron a la presidencia del CSIC para financiar el nuevo observatorio (el que actualmente hoy conocemos como Observatorio de Sierra Nevada).

*En solo treinta años
hemos asimilado modos de
comportamiento que antes
no se tenían. Es un
pequeño milagro porque la
Astrofísica era un campo
de trabajo completamente
marginal dentro de la
ciencia española*



Y ¿CÓMO SE ELIGIÓ EL EMPLAZAMIENTO DEL OSN?

JMQ: Se pensaron en varios emplazamientos para el nuevo observatorio: montes como el Almirez y, sobre todo, el Chullo, parecían idóneos pero tenían el problema de la falta de infraestructura en los alrededores, lo cual habría encarecido sobremanera el proyecto. En esas condiciones, y teniendo en cuenta que en las inmediaciones del Veleta se podía contar con la infraestructura derivada de la presencia de la estación de esquí (CETURSA), además de la presencia del radiotelescopio IRAM, se decidió instalar el nuevo observatorio (el OSN) en la Loma de Dílar, lugar que por aquel entonces no era todavía Parque Nacional.

AR: Antes de empezar a construir el observatorio hubo que desmochar la colina, pues era demasiado picuda.

¿QUÉ PASÓ DESPUÉS?

JMQ: Tras varios años de funcionamiento del OSN y de convivencia con los ingleses y franceses se empezó a pensar en la posibilidad de contar con telescopios e instrumentación propia. Los ingleses se fueron una vez acabado el convenio, pues tenían puestas sus miras en Canarias y perdieron mucho interés en Sierra Nevada. Además, confiaban más en la Compañía de Jesús que en la administración española (CSIC).

AR: Con los franceses nunca llegó a haber un acuerdo aunque sí colaboraciones científicas relacionadas con las estrellas pulsantes. El caso es que también éstos abandonaron su interés por Sierra Nevada.

¿CUÁL ES EL ORIGEN DE LOS TELESCOPIOS QUE ACTUALMENTE ESTÁN INSTALADOS EN EL OSN?

JMQ: Estando en el Comité Científico Internacional, el representante de la Academia Sueca de Ciencias, Arnold Wyller, comentó la posibilidad de instalar en Canarias un telescopio solar de 2,5 metros en el que participaran otros países y no solo europeos. Wyller tenía contacto con la academia china de ciencias y les explicó su idea. Ellos no solo se mostraron interesados, sino que se ofrecieron para fabricar el telescopio. Tras contactar con otros países (Dinamarca, Japón y EEUU entre otros) como posibles socios, el proyecto no cuajó y finalmente los suecos instalaron

de forma independiente su torre solar en La Palma.

AR: Casualmente Álvaro Giménez, miembro del IAA, estando de paso por

Copenhague coincidió con el profesor Hu (director del Centro de Instrumentación de la Academia China de Ciencias) al que comentó los proyectos de ampliación que ya se gestaban en el IAA. Se convocó una reunión en Madrid a la que asistimos José María y yo, y conseguimos una oferta de un telescopio de 1,5 metros y otro de 1 metro por 44 millones de pesetas. Cuando posteriormente el profesor Hu visitó en persona el OSN, decidió que por problemas de espacio el telescopio de un metro tendría que ser de sólo 90 centímetros.

JMQ: Para compensar el bajo precio de los telescopios, y también dado el prestigio que el IAA tenía en electrónica, ofrecimos desarrollar nosotros la electrónica y permitirles utilizar posteriormente todos los desarrollos electrónicos que se hicieran para los telescopios.

AR: También se llegó a colaborar en temas puntuales de ciencia en virtud de unos acuerdos que duraron tres años.

¿QUÉ SE SIENTE CUANDO SE MIRA HACIA ATRÁS Y SE REPASA EL CAMINO

ANDADO?

JMQ: En este proceso hemos pasado de una situación de inexistencia a una situación en la que nos hemos integrado con los países que llevan muchos años trabajando en astrofísica. Casi sin darnos cuenta hemos hecho un esfuerzo extraordinario. En solo treinta años hemos asimilado modos de comportamiento que antes no se tenían. Es un pequeño milagro porque la Astrofísica era un campo de trabajo completamente marginal dentro de la ciencia española. Hay que ser conscientes de cómo se ha logrado este cambio y no dar por hecho que las cosas han sido como son ahora. Si ignoramos de dónde venimos, nunca sabremos bien hacia dónde vamos.

UN BUEN RECUERDO O UNA ANÉCDOTA PARA CERRAR LA ENTREVISTA...

MM: Yo sigo yendo todos los días al observatorio a realizar mediciones de meteorología, pero echo mucho de menos la época del OUC, cuando estábamos todos y éramos una piña...

JMQ: Lo que ha jugado un papel muy importante en este proceso ha sido el talante de la gente: es un elemento clave en el buen entendimiento y la confianza mutua. Cada uno jugaba su papel y todos empujábamos en la misma dirección. Aunque siempre había escasez de dinero, la libertad económica de la que gozábamos se debía a que las dietas que se cobraban se ingresaban en un fondo de reserva que gestionaba Merlo y que nos daba el alto grado de maniobra que la administración no permitía. El procedimiento era completamente legal y nos posibilitaba poder acometer gastos de difícil justificación. Es decir, los trabajadores financiábamos voluntariamente a la institución. Gracias a eso se pudieron hacer cosas que no hubieran sido posibles sin contar con la solidaridad y la confianza en los compañeros.

AR: Incluso las plazas las decidíamos de mutuo acuerdo, pero claro, aquello era posible porque éramos pocos. Eran otros tiempos....

Eran, efectivamente, otros tiempos. Tras casi dos horas de charla, damos por finalizada la entrevista muy satisfechos por el buen rato pasado.



Observatorio del Mohón del Trigo.

INICIOS DEL OBSERVATORIO

Todo empezó antes que el propio Instituto. Un pequeño grupo de profesores del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, liderado por J.M. Quintana y A. Rolland, futuros fundadores del IAA, realizaban su investigación en el Observatorio Universitario de Cartuja, llevando a cabo observaciones fotométricas en el reflector de 32 centímetros que poseía el Observatorio en el Mohón del Trigo (OMT) en Sierra Nevada.

Por Pilar López de Coca

1975

Se crea el Instituto de Astrofísica de Andalucía, dependiente del CSIC, y gracias al convenio de colaboración suscrito entre la Universidad de Granada y el CSIC; seguimos utilizando las facilidades de observación del OMT, hasta que en 1980 una rotura en la línea de tensión dejó inutilizado el Observatorio. Durante aquellos años, el OMT disfrutó de un uso muy intensivo, se estableció una estrecha colaboración con el *Royal Greenwich Observatory* (RGO). Fruto de esta colaboración, en 1977 se firmó un acuerdo entre el *Science and Engineering Research Council* (SERC) y el CSIC, materializado en un convenio entre el RGO y el IAA para ubicar y utilizar conjuntamente un telescopio reflector de 75 centímetros, el Steavenson, en Sierra Nevada. El IAA solicitó al CSIC la construcción de un observatorio propio rechazándose la posibilidad de reformar el OMT por no pertenecer al CSIC.

Con gran esfuerzo, el director del IAA, Jose M^a Quintana, consigue un presupuesto inicial. Mientras se desarrolla el proyecto del observatorio, se iniciaron contactos con un grupo del Observatorio de Niza, que también trabajaban en variabilidad estelar y, fruto de ello, se firmó un segundo acuerdo entre el *Centre Nationale pour la Recherche Scientifique* (CNRS) y el CSIC, en virtud del cual el Observatorio de Niza cedió un telescopio reflector de 60 centímetros. El telescopio vendría acompañado de una cúpula de 5 metros y un fotómetro fotoeléctrico, ampliándose así el proyecto del nuevo observatorio a dos cúpulas. ■

1978

En agosto se inician las obras del nuevo observatorio de la Loma de Dílar en Sierra Nevada, y se cierran los muros de las cúpulas en diciembre. En 1979 se paraliza la obra hasta que se hace cargo el IAA, que la termina en el verano de 1980. Debido al comienzo del invierno, hubo que esperar al verano de 1981 para efectuar la instalación de los telescopios. ■

1982

El retraso en la instalación de los telescopios unido a la rotura del cable en el OMT provocan una laguna en las observaciones sistemáticas que veníamos realizando desde 1973, reiniciándose la actividad observacional en el año 1982 con el telescopio de 60 centímetros, y en 1983 con el de 75 centímetros. Se automatizó el control de los telescopios y su sistema de adquisición de datos, y se construyó una unidad horaria que suministraba el tiempo sidéreo y universal a diversos repetidores del observatorio. Incluso la transmisión de datos inalámbrica se realizaba por radio al VAX del IAA.

Antes de la llegada de los telescopios se había firmado un convenio con la Universidad de Copenhague, para la adquisición de un espectrofotómetro con el sistema *uvby* de Strömgren o alternativamente con el sistema H β de Crawford. El OSN resultó un excelente banco de pruebas para desarrollo instrumental, y sirvió para potenciar y consolidar un gran equipo de desarrollo instrumental en el IAA. ■

1985

Llegó el proyecto SLOT de la ESA, con un telescopio, cúpula y sistema de adquisición de datos, todo automatizado. Funcionó durante tres años, se desmontó y regresó a ESTEC, excepto la cúpula. Era gemelo de otro situado en Izaña y sirvió de apoyo en tierra a la misión SOHO. Posteriormente la cúpula albergó al SATI, un interferómetro provisto de dos filtros interferenciales para medir emisiones atmosféricas. ■

1989

Terminan sendos convenios de colaboración con el Observatorio de Niza y el Observatorio de Greenwich. Los años previos tuvieron un rendimiento observacional muy satisfactorio. La automatización del apuntado y adquisición de datos, así como el alto rendimiento del fotómetro Strömgren en el telescopio Steavenson, permitieron mejorar la precisión y la resolución temporal de la fotometría hasta el punto de entrar sin mayores dificultades en el terreno de la astrosismología y la fotometría de milimagnitud.

Sin embargo, el trabajo de asistencia a los astrónomos visitantes suponía una gran carga, por lo que se planteó buscar un telescopio propio. Los primeros contactos fueron desalentadores por el precio tan elevado tanto en el mercado europeo como en el americano. En esta situación, Álvaro Giménez, de visita en Copenhague, se encuentra con el profesor Hu Ninsheng, de la Academia China de la Ciencias y director de NAIF (*Nanjing Astronomical Instruments Factory*) y sugiere un contacto con el IAA, realizándose el mismo en la central del CSIC en Madrid. Después de una visita del profesor Hu Ninsheng al IAA y al OSN nos propone la construcción de un telescopio de 1,5 metros y otro de 90 centímetros. En diciembre de 1989, se firmó el convenio entre el CSIC y la Academia Sinica en Shanghai.

En el verano de 1989 se desmontaron los instrumentos. El fotómetro Strömgren se llevó al telescopio de 150 centímetros en el observatorio de Calar Alto. El telescopio Steavenson se trasladó al Instituto y más tarde se cedió al recién creado Parque de las Ciencias. El telescopio, fotómetro y cúpula franceses volvieron a Niza. ■

1992

En agosto llegan los nuevos telescopios. El personal de mantenimiento y técnico, junto a doce ingenieros, ópticos y mecánicos chinos, con Hu Ninsheng a la cabeza, estuvieron hasta diciembre realizando la instalación. A finales de diciembre se realizaron los últimos tests por parte de los ingenieros chinos, que se despidieron antes de Navidad. ■

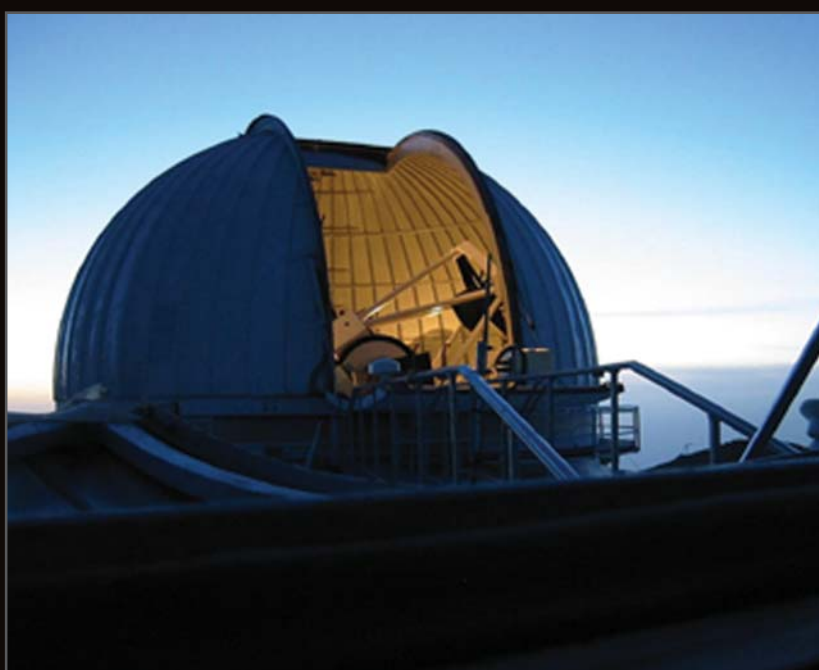


1993

En mayo, el profesor Hu Ninsheng junto con Víctor Costa realizaron la puesta a punto y la caracterización de los telescopios.

EL MINISTRO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA, GUSTAVO SUÁREZ PERTIERRA, INAUGURÓ LOS NUEVOS TELESCOPIOS EL 7 DE OCTUBRE DE 1993. ■

El OSN cuenta con dos telescopios contruidos en China que se instalaron hace quince años. El proyecto de estos telescopios, coloquialmente llamado NAIF por el nombre de la compañía que los fabricó (*Nanjing Astronomical Instrument Factory*), se puede dividir en tres fases: el inicio y definición del proyecto, el desarrollo de los telescopios en China y su instalación en Sierra Nevada, y la fase actual de explotación científica de los instrumentos. En este artículo me referiré a la primera de las fases, y trataré de recordarla desde un punto de vista personal ya que la parte oficial puede ser recogida en los documentos existentes.



LOS COMIENZOS DEL PROYECTO DE LOS TELESCOPIOS CHINOS

Por Álvaro Giménez

Cuando me incorporé al Instituto como becario, a finales de 1978, el único equipamiento con el que contábamos era un telescopio de 32 centímetros del Observatorio de Cartuja, en el Mohón del Trigo, situado a 2600 metros de altitud en Sierra Nevada. Mi trabajo se centraba entonces en una tesis doctoral basada en observaciones fotométricas de estrellas binarias eclipsantes. El telescopio del Mohón del Trigo fue toda una experiencia y con él obtuve, con la ayuda de muchos compañeros, datos suficientes para terminar la tesis sobre movimientos apsidales en binarias eclipsantes y presentarla en el verano de 1981, hace ahora 25 años, en la Universidad de Granada junto a la de otros dos fotometristas del Instituto: Emilio Alfaro y Manuel Sáez.

Durante esos años de trabajo pasé meses en la Universidad de Manchester, con Z. Kopal, y también en el Observatorio de la Universidad de Copenhague, en Brorfelde, con J.V. Clausen y J. Andersen. En este segundo centro fue donde se desarrolló una cooperación a partir de la que surgieron varios beneficios para el Observatorio de Sierra Nevada. En efecto, aparte de trabajar en distintas técnicas de fotometría Strömgren, en Brorfelde conocí a E. Hog,

que iniciaba entonces una colaboración con China aprovechando la reciente apertura de este país a la cooperación internacional.

Mientras tanto, en Granada ya se trabajaba en la construcción de un nuevo observatorio para sustituir a las antiguas instalaciones de Cartuja. Más arriba, en la Loma de Dílar, se instalaría el nuevo observatorio de Sierra Nevada. La obra se terminó en 1981 y los primeros telescopios instalados fueron uno proporcionado por el RGO inglés, de 75 centímetros y llamado Steavenson, y otro ofrecido por el observatorio de Niza de 60 centímetros. La colaboración con el Observatorio de Brorfelde en Dinamarca permitiría el desarrollo de un fotómetro Strömgren de seis canales para el telescopio Steavenson con diseño idéntico a los fabricados para el Observatorio de la Silla en Chile y de San Pedro Mártir en México. En 1981 se firmó un acuerdo entre el Director del IAA, J. M. Quintana, y el del Observatorio de la Universidad de Copenhague, H. Jorgensen, con este fin. El fotómetro se encuentra hoy día en el menor de los telescopios chinos.

Hacia 1984, cuando ya se veía que los telescopios del Observatorio de Sierra Nevada no eran suficientes para las posibilidades del

sitio, y era necesario disponer de equipamiento propio del CSIC, se empezó a hablar de la adquisición de al menos un nuevo telescopio para reemplazar el Steavenson en el entorno de un metro de apertura. Ángel Rolland fue el primer instigador de la idea y se buscaron distintos proveedores posibles. Por entonces, la colaboración iniciada por E. Hog con China estaba plenamente en marcha y varios astrónomos chinos pasaban largas temporadas en Brorfelde. La casa de los invitados del observatorio se convirtió así en una forma natural de cooperación entre España y China. Allí surgieron los comentarios sobre los nuevos telescopios y la idea de que fueran fabricados en China, en particular en la Fábrica de Instrumentos Astronómicos de Nanjing (NAIF). La primera propuesta concreta se recibió en septiembre de 1985 de un astrónomo del equipo de Nanjing llamado Yao Zhen Qiu. Posteriormente, en una reunión en Madrid con Angel Rolland y Víctor Costa, se acordó la forma de iniciar las conversaciones formales. En noviembre de 1985 tuvo lugar en Delhi (India) la reunión de la Asamblea General de la IAU en la que pudimos entrevistarnos con el director de la Fábrica de Nanjing, el Prof. Hu Ninsheng.

Este presentó una oferta económica concreta y pronto vimos que era la posibilidad más viable que teníamos de reemplazar los telescopios de Sierra Nevada. Además se acordó estudiar la instalación de un telescopio de 90 centímetros para la cúpula pequeña y otro de 1,5 metros para la mayor. El precio ofrecido, basado en la apertura al mercado occidental de la empresa china, permitió este incremento de la idea inicial.

La discusión del contrato se inició en 1986 después de una visita a Granada de Hu Ninsheng para comprobar las posibilidades del diseño inicial y las modificaciones necesarias para su instalación en el Observatorio de Sierra Nevada. Mientras tanto, José María Quintana iniciaba las gestiones en el CSIC para conseguir la financiación del proyecto que incluiría no solo la adquisición de los telescopios, sino también el desarrollo de las consolas de control en el IAA y las mejoras necesarias en el observatorio. En esta fase se solicitó la asesoría técnica de dos expertos europeos en el desarrollo de telescopios: T. Andersen, responsable del *Nordic Optical Telescope* (NOT) en Dinamarca, y R. Wilson, del *New Technology Telescope* (NTT) instalado por el ESO en La Silla. Tras una visita a sus centros de trabajo en Copenhague y Garching con Víctor Costa, no solo aceptaron ayudar a la justificación del proyecto sino que se involucraron en la preparación de los requisitos técnicos del contrato.

Este fue un proceso largo de intercambio de documentos entre Granada y Nanjing. Primero se estableció el pliego de condicio-

nes técnicas y, luego, el de condiciones administrativas. En el primero Víctor Costa llevo la parte fundamental y se alcanzaron acuerdos después de estudiar diferentes alternativas. En el segundo, el responsable de asuntos económicos del CSIC, Gustavo

La casa de los invitados del observatorio se convirtió así en una forma natural de cooperación entre España y China. Allí surgieron los comentarios sobre los nuevos telescopios y la idea de que fueran fabricados en China

Monge, tendría un papel destacado. En la última visita de Hu Ninsheng a Madrid antes de la firma del contrato, a mediados de 1987, se ultimaron los acuerdos y se cerraron en particular los aspectos administrativos. Para ello recuerdo una reunión maratónica sobre el plan de pagos, y las inspecciones de recepción, de un día entero sin descansos, en el despacho de G. Monge.

El contrato finalmente se firmó en Shanghai en noviembre de 1987. En este acto participaron por parte del CSIC el Vicepresidente Javier López Facal y el

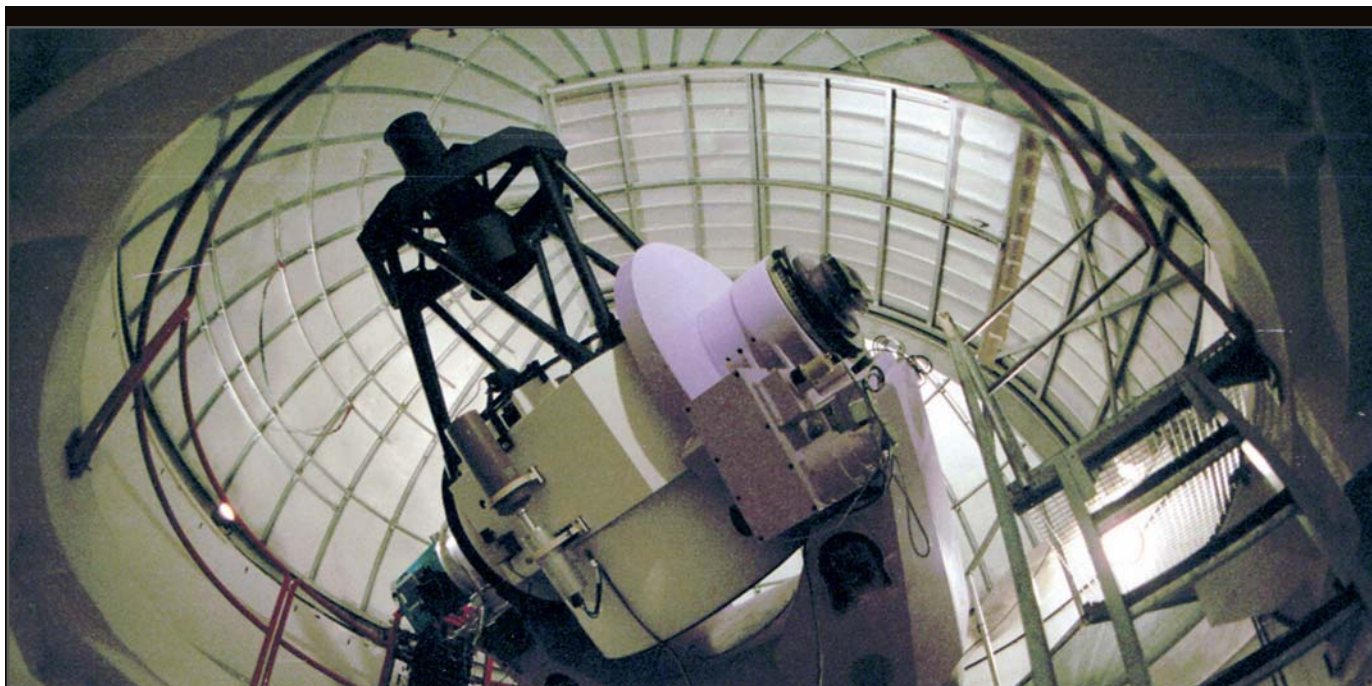
mencionado Gustavo Monge, junto con Víctor Costa y yo mismo. Hasta el último momento, Hu Ninsheng trataría sin éxito de modificar las condiciones administrativas del contrato. A partir de entonces, se inició la construcción de los telescopios. El diseño de las consolas de control se comenzó en el IAA en enero de 1988. Los telescopios se terminaron en 1991 y se comenzaron las pruebas previas a su envío a España. En medio del proceso se realizó una visita a la fábrica de Nanjing del entonces director del IAA, Mariano Moles, para comprobar el estado de los trabajos.

De forma paralela se inició en 1990 una nueva colaboración con el observatorio de la Universidad de Copenhague para el desarrollo de un instrumento de nueva generación con el nombre de ALFOSC: un espectrógrafo para objetos débiles y cámara de visión directa.

Finalmente, en abril de 1991 se llevaron a cabo las pruebas de aceptación en Nanjing con una nueva visita del director del IAA, entonces Rafael Rodrigo. Poco después se enviaron los telescopios a Granada, que llegaron en agosto de 1991, y se inició su instalación. Nuevamente, V. Costa y Hu Ninsheng tuvieron un papel especialmente relevante. Las pruebas de aceptación de los telescopios instalados culminaron satisfactoriamente en noviembre de 1992.

La inauguración del nuevo observatorio con los telescopios en funcionamiento tendría lugar en octubre de 1993; pero esto ya es parte de otra historia.





LOS TELESCOPIOS E INSTRUMENTOS DEL OSN

Por Eloy Rodríguez

PRIMEROS PASOS

Entre los veranos de 1978 y 1980 se construyeron las instalaciones del OSN, que consta de un solo edificio rectangular de diez por veinte metros, dos plantas y sótano y dos cúpulas de ocho y cinco metros de diámetro. En diciembre de 1980, ambos telescopios estaban resguardados bajo sus respectivas cúpulas, y el montaje finalizó en verano de 1981. Pero la actividad observacional a pleno rendimiento no llegaría hasta un año después para el 60 centímetros y dos para el 75 centímetros, debido a la necesidad de adecuación de las electrónicas de control e instrumentación anexa de ambos telescopios; especialmente para el 75 centímetros, donde el diseño y construcción de la consola de control fue realizado exclusivamente en el IAA. La consola de mando del telescopio de 75 centímetros constaba de varios módulos microprocesados que incluían una unidad de tiempos, un controlador de telescopio y cúpula y un controlador del fotómetro Strömgren. Todo ello gobernado por un mismo programa de control general de consola en el que se podía incluir, además, tanto el movimiento del telescopio dentro de una secuencia de observación predeterminada como la adquisi-

ción de datos, su visualización y tratamiento preliminar en tiempo real. Es decir, las observaciones podrían ser realizadas exclusivamente en modo automático de no ser por dos factores que limitaban drásticamente las prestaciones del telescopio: 1) por su configuración, no podía realizar grandes desplazamientos, para ello había que desembragar las ruedas en Delta y Alfa, mover manualmente a la zona requerida, volver a embragar, buscar los objetos problema con los buscadores y mapas estelares de ayuda, centrar en el visor de campo y volver a centrar en el visor de diafragma antes de poder iniciar una nueva medida, y 2) mecánicamente padecía de un error cíclico grande en el movimiento sidéreo que no permitía ni hacer centrados automáticos ni realizar largas exposiciones, lo cual se resolvía utilizando diafragmas relativamente grandes junto con cortos tiempos de integración (máximo 30 segundos) y estando un astrónomo a pie de telescopio toda la noche recentrando el objeto para cada medida. Bueno, lo de "pie" es un decir. La mayoría de las veces era sobre una escalera tratando de salvar el telescopio por encima a medida que avanzaba la noche. Este método de observación contrasta fuerte-

mente con el que se utiliza con los telescopios actuales en el mismo OSN, donde no solo el astrónomo no está en cúpula durante las observaciones, sino que ni siquiera es posible el acceso al telescopio durante las mismas. Solo es necesario el acceso para abrir y cerrar cúpula al principio y al final de la noche. El resto del tiempo se está calentito en la cabina de control desde la que se maneja todo el instrumental mediante paneles de control. En el caso particular del actual telescopio de 90 centímetros, al que está adosado el fotómetro Strömgren, un solo programa de control permite manejar todo el instrumental de telescopio, cúpula, fotómetro, cámara de centrado de visores de campo y diafragma, visualización de las medidas en tiempo real y reducción de los datos también en tiempo real. Es más, ni siquiera es necesario estar en el OSN. Actualmente, el astrónomo puede realizar las observaciones desde su propio despacho en el IAA, conectándose al controlador del telescopio. Este avance es aplicable también a las comunicaciones del OSN con el exterior: hace 25 años solo existía un radioteléfono conectado con el IAA que solo tenía utilidad en horario laboral (salvo muy contadas excepciones), mientras que ahora se está en

permanente contacto con el exterior mediante teléfonos fijos, móviles, IP de línea interna, Internet, comunicación en red con el IAA y comunicación en tiempo real con colaboradores en otros observatorios; además, se reciben las imágenes del Meteosat en tiempo real cada media hora, se obtienen las previsiones del tiempo para los próximos días, los accesos al OSN son mucho mejores, siempre hay al menos un miembro del personal de mantenimiento en el observatorio, y muchas otras cosas que han facilitado enormemente la vida del astrónomo en los últimos años, en la mayoría de los casos gracias al apoyo y colaboración de un gran número de compañeros cuya misión no es la de estar por la noche mirando al cielo.

LA ÉPOCA ACTUAL

En noviembre de 1987 se firmó un convenio entre el CSIC y la Academia China de Ciencias para la construcción de dos telescopios reflectores tipo Nasmyth de 90 y 150 centímetros, que serían albergados en las cúpulas Este y Oeste del OSN respectivamente. Para ello, ambas cúpulas tuvieron que ser reformadas. En verano de 1991 llegaron los telescopios al OSN y en 1993 comenzaron a estar operativos. Toda la electrónica de control fue diseñada y desarrollada en el IAA. Desde entonces, la Unidad de Desarrollo Instrumental del IAA ha llevado a cabo una constante actualización y puesta a punto del instrumental del OSN.

El hecho de disponer ambos telescopios de dos focos tipo Nasmyth permite la disposición permanente de dos instrumentos detectores en cada telescopio. En la actualidad existe una cámara CCD para imagen directa instalada en el foco Este del 1,5 metros mientras que, en el foco Oeste, el espectrógrafo Albireo puede trabajar en los modos de rendija larga, espectroscopía bidimensional (modo Argus) y opción multiobjeto (modo Medusa) que se pueden utilizar con resoluciones espectrales bajas y medias. En el foco Este del 90 centímetros está operativo el fotómetro Strömgren mientras que en el foco Oeste, actualmente libre, se prevee la instalación de otra cámara CCD con el objetivo principal de realizar fotometría bidimensional rápida de objetos variables.

Además de los dos telescopios principales, en el OSN se han ido gestionando una serie de pequeños telescopios con muy diversos objetivos científicos, dependiendo de las necesidades que han ido creando en el IAA los diferentes proyectos de investigación. Algunos de estos proyectos y/o telescopios tuvieron una duración que ya terminó en el pasado, como el telescopio SLOT dedicado al estudio de las oscilaciones globales de luminosidad solar que funcionó entre 1985 y 1987. Otros, como SATI, están englobados dentro de los programas internacionales de observación a gran escala de la media y alta atmósfera terrestre en estrecha colaboración con varios instrumentos similares distribuidos por nues-

tro planeta. Existe también un Tetrascopio, constituido por cuatro pequeños telescopios con cámaras CCD de gran formato adosadas, dedicado al estudio de diversos proyectos específicos dentro del Sistema Solar: búsqueda sistemática de impactos en la cara nocturna de la Luna o descubrimiento de objetos transneptunianos. Por último, y más reciente, existe un telescopio robótico infrarrojo de 60 centímetros para observaciones simultáneas en el óptico e infrarrojo, en modo completamente automático, dedicado fundamentalmente a la investigación en el campo de las explosiones cósmicas de rayos gamma (GRBs), aunque también se espera que haga contribuciones importantes en otros campos de la astrofísica. Este telescopio cuenta con una montura de horquilla altazimutal con motores de tracción directa que le permite apuntados extremadamente rápidos y responder en cuestión de pocos segundos a las alertas de GRBs dadas por los satélites científicos espaciales. Este telescopio fue instalado en el OSN en noviembre de 2004, la primera luz en el óptico se obtuvo en febrero de 2005 y las primeras observaciones infrarrojas se preveen para el otoño de 2006.

Agradecimientos.

Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración de Víctor Costa, María José López-González, José Luis Ortiz, Alberto Javier Castro-Tirado, Matilde Fernández, Jorge Iglesias y Francisco Rendón.

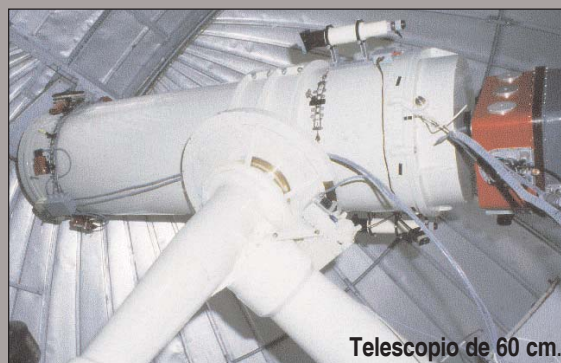
Los primeros telescopios

En virtud de los acuerdos bilaterales firmados en 1977-1978 por el IAA con el RGO y el Observatorio de Niza, dos telescopios de 75 y 60 centímetros fueron cedidos por dichas instituciones al IAA para su explotación científica conjunta en el OSN.

El **telescopio de 75 centímetros**, británico, denominado *Steavenson Telescope* en honor a su primer propietario, que lo donó al RGO, era un reflector originariamente de tipo Cassegrain que posteriormente fue transformado a Nasmyth en los talleres del RGO antes de ser emplazado en la cúpula Oeste del OSN. Este telescopio estuvo trabajando en el OSN hasta 1989, año en que finalizó el acuerdo con el RGO. Al término de dicho acuerdo fue cedido al IAA, quién a su vez lo donó al

Ayuntamiento de Granada para su instalación en el Parque de las Ciencias y ser utilizado con carácter divulgativo. Actualmente se abre regularmente al público en visitas guiadas y se realizan cursos de especialización en instrumentación astronómica.

El **telescopio de 60 centímetros**, francés, era un reflector de tipo Cassegrain puro montado sobre una mesa ecuatorial. Estaba dotado de motores paso a paso y codificadores incrementales en ambos ejes, así como de una sofisticada consola de control basada en microprocesadores. En virtud del acuerdo firmado, el Observatorio de Niza cedió, además del telescopio, una cúpula de 5 metros de diámetro y un fotómetro fotoeléctrico monocanal moderno.





Telescopio de 1,5 metros.

Los telescopios chinos

Telescopio de 150 centímetros: es un telescopio de montura ecuatorial en configuración Ritchey-Chrétien, con relación focal de $f/8$. El máximo campo útil permitido es de 20 minutos de arco. Tiene dos estaciones focales tipo Nasmyth que permiten la adaptación de dos instrumentos: una cámara CCD y un espectrógrafo. El telescopio y sus dos instrumentos asociados lo usan astrónomos de los cuatro departamentos del IAA en la observación de galaxias, estrellas y cuerpos menores del Sistema Solar.

Telescopio de 90 centímetros: es idéntico al anterior pero con un espejo primario de 90 centímetros de diámetro. Este telescopio está dedicado fundamentalmente a la observación fotométrica de objetos estelares. En la actualidad, el único instrumento disponible es el fotómetro Strömgren que está colocado en su foco. Este.

Los detectores

Los instrumentos de medida que actualmente están acoplados a los telescopios de 90 y 150 centímetros del OSN son:

Fotómetro Strömgren: está adosado al foco Nasmyth Este del telescopio de 90 centímetros. No se trata de un fotómetro monocal convencional sino de un espectrofotómetro de 6 canales para observaciones simultáneas en las cuatro bandas *uvby* del sistema fotométrico de Strömgren o, alternativamente,

en las dos bandas *n* (*narrow*) and *w* (*wide*) del sistema fotométrico H β de Crawford. Para la observación de objetos demasiado brillantes existen dos posiciones independientes para uso de filtros neutros. Fue diseñado y fabricado en Dinamarca pero la electrónica de control y adquisición de datos fue desarrollada en el IAA. Este instrumento estuvo instalado primeramente en el telescopio Steavenson (1983-1989), después en el 1,5 metros español del Observatorio de Calar Alto (1990-1992) durante las obras de reforma del OSN y, finalmente, en el

90 centímetros del OSN desde 1993.

Cámara CCD VersArray: acoplada al foco Este del telescopio de 150 centímetros. Se trata de una cámara CCD con chip Marconi-EEV CCD42_40 de 2048x2048 pixels. El sistema está acoplado a una rueda de filtros de seis posiciones para filtros cuadrados de 5x5 centímetros. El campo de visión es de 7.92x7.92 minutos de arco. Tiene dos modos de lectura: rápida (4 sg por imagen) y normal (40 sg por imagen). Estos valores se reducen sensiblemente con el uso del

modo *binning* de 2x2 pixeles.

Espectrógrafo Albireo: fue construido gracias a un acuerdo entre el IAA y el equipo EROES del *Laboratoire d'Astronomie Extragalactique et de Cosmologie* del Observatorio de París. Se encuentra permanentemente montado en el foco Nasmyth Oeste del telescopio de 150 centímetros y puede funcionar en tres modos diferentes de observación: a) Rendija larga, b) campo integral (modo Argus) y c) multiobjeto (modo Medusa). Desde 1995 se encuentra operativo en el OSN.



Dos elementos del tetrascopio ubicados en una misma cúpula.

Los pequeños telescopios

Alrededor de los dos telescopios principales, una serie pequeños telescopios adicionales han ido emplazándose en el OSN, dedicados a diversas tareas:

SLOT (*Solar Luminosity Oscillations Telescope/Experiment*): consistía en un fotómetro de alta resolución para medir oscilaciones globales de luminosidad solar en colaboración con otro instrumento similar situado en el Teide. Este experimento estuvo funcionando entre los años 1985 y 1987.

SATI (*Spectral Airglow Temperature Imager*): es un interferómetro que utiliza dos filtros interferencia-

les muy estrechos, centrados en 867.69 y 836.81nm, y una cámara CCD como detector. Mide líneas espectrales de la emisión atmosférica de la banda (0-1) del oxígeno molecular y de la banda (6-2) del sistema Meinel del OH obteniendo información sobre la temperatura atmosférica y sobre los compuestos emisores en la parte alta de la atmósfera terrestre. Este instrumento fue instalado en el OSN en agosto de 1998 y desde entonces ha estado tomando medidas de forma continuada.

Tetrascopio: se trata de un conjunto de cuatro telescopios de 36 centímetros con montura ecuatorial y cámaras CCD de gran formato. Es utilizado para dos proyectos dedicados al estudio del Sistema Solar: a) LISTOR: búsqueda sistemática de destellos de impacto en la cara nocturna de la Luna, visible desde la Tierra, b) BRITOS: rastreo sistemático en busca de objetos transneptunianos de gran tamaño. Su instalación comenzó

Telescopio robótico infrarrojo de 60 cm dedicado al estudio de explosiones de rayos gamma (GRB) en el marco del proyecto Bootes-IR.



en verano de 2001, pero hasta 2003 no estuvo plenamente operativo.

Monitor de Seeing: consiste en un pequeño telescopio de 20 centímetros de apertura dedicado al estudio del seeing atmosférico en el cielo de Sierra Nevada. Está funcionando desde 2002.

Telescopio robótico infrarrojo:

se trata de un telescopio de 60 centímetros tipo Nasmyth y diseño óptico Ritchey-Chretien. El recubrimiento de sus espejos, basado en una aleación de plata permite su utilización tanto en el óptico como en el infrarrojo. En uno de sus dos focos Nasmyth porta enfrentadas una cámara IR y una cámara óptica. Mediante

un dicróico se pueden obtener medidas simultáneas en las dos regiones del espectro. Este telescopio funciona en modo completamente automático y se diseñó en el marco del proyecto Bootes-IR para poder investigar en el campo de las explosiones cósmicas de rayos gamma (GRBs).

Fotómetro Strömgren

Probablemente sea éste el instrumento del que más orgullosos nos sentimos los usuarios del OSN. Comenzó a trabajar hace 23 años y sigue en perfectas condiciones. Si acaso algún achaque en el controlador, pero en lo que atañe al propio fotómetro es de una robustez absoluta. Y las prestaciones son de la máxima garantía, tanto en cuanto a precisión en las medidas obtenidas, como en calidad y vanguardia de sus resultados científicos.

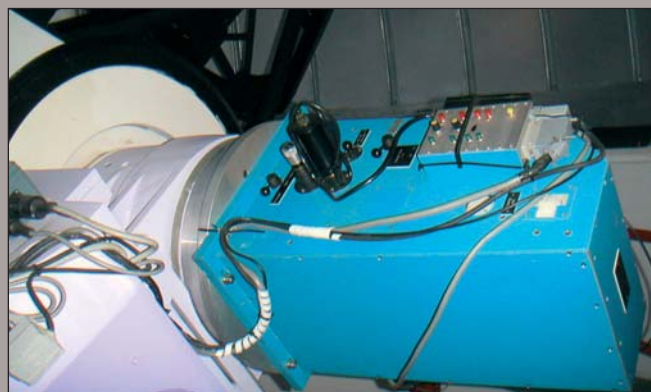
De diseño original, a principios de la década de los 80 fueron construidos tres fotómetros idénticos por el grupo danés del Observatorio de la Universidad de Copenhague. Uno de ellos vino a Sierra Nevada, los otros dos siguen trabajando en la actualidad en el telescopio automático

de 50 centímetros danés en el Observatorio de la Silla, Chile, y en el 1,5 metros del Observatorio de San Pedro Mártir, Baja California, México. La homogeneidad de los datos que se obtienen con dichos tres instrumentos es casi perfecta. Constancia de ello tenemos los usuarios del OSN cuando realizamos observaciones coordinadas con el Observatorio de San Pedro Mártir.

La simultaneidad de las medidas en diferentes bandas espectrales provee al astrónomo de grandes ventajas en cuanto a rapidez y precisión. Se evitan así problemas de interpolación. Las turbulencias atmosféricas y pequeños cambios de transparencia del cielo tienen efectos despreciables. Además, los pasos de banda en el sistema fotométrico

de Strömgren-Crawford fueron definidos de forma tal que los correspondientes índices de color están directamente relacionados con parámetros astrofísicamente fundamentales: enrojecimiento, temperatura, luminosidad, gravedad superficial y metalicidad. Ello ha permitido la obtención de resul-

tados muy interesantes, fundamentalmente concernientes a variabilidad y evolución estelar o estructura y dinámica galáctica. También es una de las fuentes principales desde Tierra para la calibración y caracterización homogénea de objetos diversos en la preparación de misiones espaciales.





CIENCIA EN EL OSN

Desde antes de su construcción, el Observatorio de Sierra Nevada ya estaba produciendo resultados científicos. Me explico: hay proyectos a los que primero se dota de estructura física y administrativa, un nombre y una sede, posteriormente de personal, y finalmente de objetivos. Y otros que surgen porque ya hay personas y trabajo que necesitan, que empujan, la creación de una infraestructura. El OSN es de este segundo tipo.

Por Antonio Jesús Delgado

mutua, que pueden incluso eclipsarse en sus giros alrededor del centro de masas común. Podemos observar variaciones debidas a la rotación de una estrella con zonas de menor brillo en su superficie, al modo de las conocidas manchas solares. Podemos estar en presencia de estrellas que sencillamente emiten distintas cantidades de luz en diferentes momentos, como un globo que oscila por alguna perturbación que lo distrae del equilibrio. Todas estas variaciones se relacionan con alguna de las propiedades que deseamos conocer de las estrellas, su masa, su composición, su edad, o la distancia a la que se encuentran, cómo se formaron y los detalles de su estructura interna, a la que no tenemos acceso directo.

Sin embargo, la puesta en práctica de esta idea está muy lejos de ser simple. Implica el desarrollo de medios técnicos para llevarla a cabo, el diseño de observaciones diferentes para estudiar los diferentes tipos de variabilidad que pueden producirse, y el desarrollo de técnicas para analizar la información que se obtiene. El camino que va desde la idea simple a la obtención de conocimiento científico sobre la naturaleza física de las estrellas es el que los científicos del OSN han recorrido con imaginación y esfuerzo.

En este recorrido reseñamos dos aspectos de especial relevancia. Por un lado, los resultados obtenidos en el OSN en la investigación de las estrellas variables pulsantes. En estas estrellas la variación de la luz está causada por la competición que se establece entre la generación de desequilibrios en ciertas capas del interior, con peculiares propiedades térmicas o químicas, y la tendencia global de la

Durante las tres últimas décadas, los astrónomos del IAA, con proyectos propios o en colaboración con científicos de otras muchas instituciones, han estado haciendo ciencia en Sierra Nevada, y promoviendo con sus ideas y resultados la creación del observatorio y su crecimiento en telescopios y en instrumentación.

Las regiones astrofísicas visitadas por los observadores desde el OSN abarcan desde las más cercanas, situadas en nuestro entorno directo, hasta las más ignotas y de más difícil acceso, a distancias apenas imaginables para nosotros.

¿Cuales son los resultados más importantes que se han obtenido con estas observaciones? Me costaría trabajo destacar tres, o cinco (números usuales en este tipo de listas), resultados importantes obtenidos en el OSN. Pero si me piden uno, la respuesta es evi-

dente. Más que un resultado se trata de una línea de trabajo: el estudio observacional de la variabilidad estelar. Esta línea de trabajo ya era una especialidad para los pocos astrónomos que impulsaron la construcción del OSN. Lo era antes de su construcción, fue el germen científico más importante para impulsar el desarrollo de la investigación astrofísica en Granada, y durante los 25 años de existencia del OSN ha venido siendo la principal fuente de resultados científicos del observatorio. Veamos en qué consiste este trabajo.

VARIABILIDAD ESTELAR

La medida continuada de la luz estelar permite detectar sus variaciones temporales. Es una idea extremadamente simple. Las variaciones pueden deberse a varias causas: podemos encontrar estrellas dobles, en órbita

estrella a preservar un balance estable entre la gravedad y la presión interna. El conocimiento detallado de las oscilaciones de tamaño y luz que se producen en este proceso proporciona información sobre el interior estelar, y constituye una herramienta básica para comprobar la validez de las teorías sobre la estructura y evolución de las estrellas.

COLABORACIÓN INTERNACIONAL

Por otro lado, quiero destacar un aspecto que no se refiere a la investigación de una cuestión astrofísica concreta, sino a una forma particularmente fructífera de organizar las observaciones de variabilidad estelar. Me refiero a las campañas de observación en colaboración con observatorios situados en diferentes longitudes. Con una adecuada distribución de telescopios alrededor de la Tierra, una campaña semejante permite la observación ininterrumpida de las estrellas en estudio, sin las obligadas pausas diurnas. El seguimiento continuado de las variaciones

produce una enorme mejora en el conocimiento de sus características y, por tanto, de las propiedades de las estrellas en las que se observan. Desde las primeras campañas "multi-observatorio" que se pusieron en marcha hace más de 25 años, el OSN ha estado regularmente incluido en esta suerte de observatorio global. En los tiempos mas recientes, las capacidades del observatorio se vienen utilizando para el apoyo a otros proyectos internacionales, entre los que destaca el satélite COROT. La puesta en órbita de COROT está prevista para el final de este año, y está destinado a la investigación exhaustiva de variaciones estelares y a la detección de planetas que giran alrededor de otras estrellas.

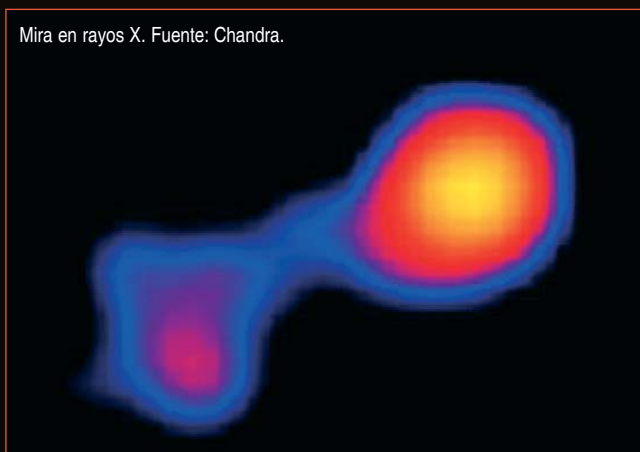
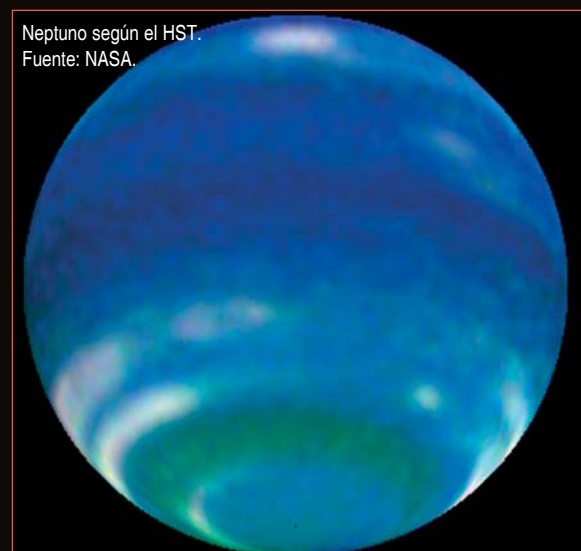
DE PLANETAS A GALAXIAS LEJANAS

El conocimiento y la experiencia sustentados en esta línea de trabajo produjeron el afianzamiento técnico del observatorio, y abrieron caminos para el abordaje de nuevos proyectos observacionales, dedicados a áreas

muy diversas de la investigación en Astrofísica.

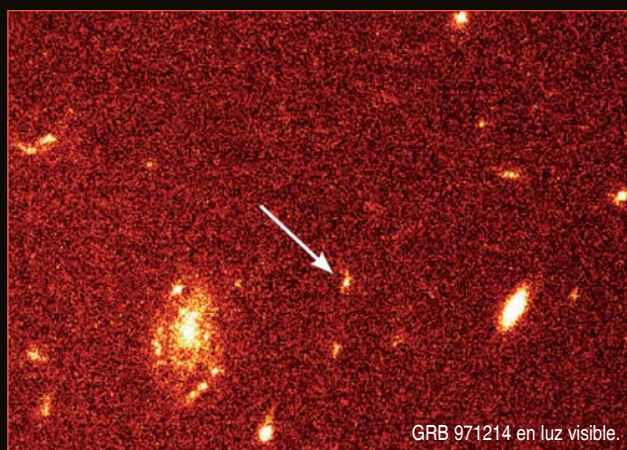
Desde el OSN se han realizado observaciones de la parte en sombra de nuestro astro más cercano, la Luna, para estudiar el número y tamaño de los meteoritos que chocan con su superficie. Se han vigilado los movimientos de otros cuerpos del Sistema Solar, y se ha contribuido a la búsqueda de posibles objetos desconocidos más allá de Neptuno, los llamados de forma autoexplicativa "transneptunianos", de los que el planeta Plutón es el primer ejemplo. Se contribuyó al seguimiento y análisis científico de la caída hacia Júpiter del cometa Shoemaker-Levy, o a las observaciones del experimento *Deep impact*, evento que ocupó este año las primeras páginas de periódicos y programas informativos.

Desde el OSN los astrónomos han estudiado las estrellas de la Vía Láctea, estrellas individuales o dobles, o agrupadas en cúmulos estelares. Han indagado en las propiedades de estrellas envueltas en gas y polvo en las

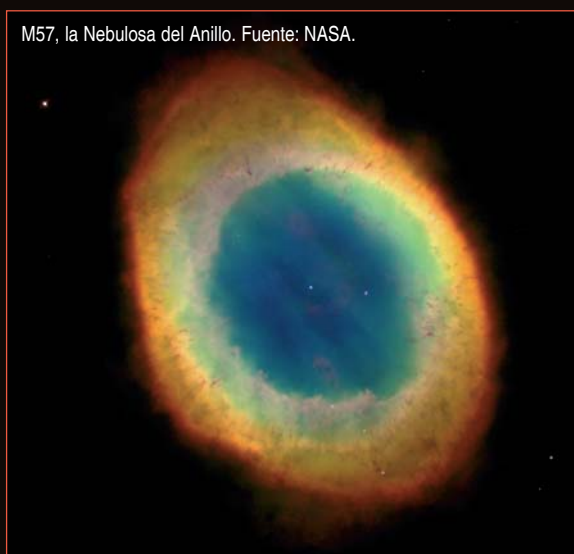




La galaxia de Andrómeda con sus satélites. Fuente: NASA.



GRB 971214 en luz visible.



M57, la Nebulosa del Anillo. Fuente: NASA.



M39, cúmulo estelar en Cisne. Fuente: NASA.

primeras fases de su evolución o cercanas a su final. Y han realizado estudios físicos y morfológicos de detalle de las llamadas nebulosas planetarias, en las que observamos los restos de gas y polvo de estrellas parecidas a nuestro Sol, después de que hayan finalizado su ciclo evolutivo.

Las observaciones desde el OSN se han extendido a otras galaxias. Galaxias aisladas, que, al menos en apariencia, no sufren la influencia gravitatoria de compañeras, o la ca da sobre ellas de nubes externas que alteren su composición o su capacidad para formar estrellas. Pero también galaxias en interacción extrema, en las que justamente son los procesos de interacción e intercambio los que regulan la evolución. Galaxias cercanas a la Vía Láctea, y también las casi inalcanzables por nuestros telescopios, que se manifiestan por la emisión ocasional casi instantánea de ingentes cantidades de energía, pueden detectarse y estudiarse en esa ocasión única y vuelven a oscurecerse.

PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

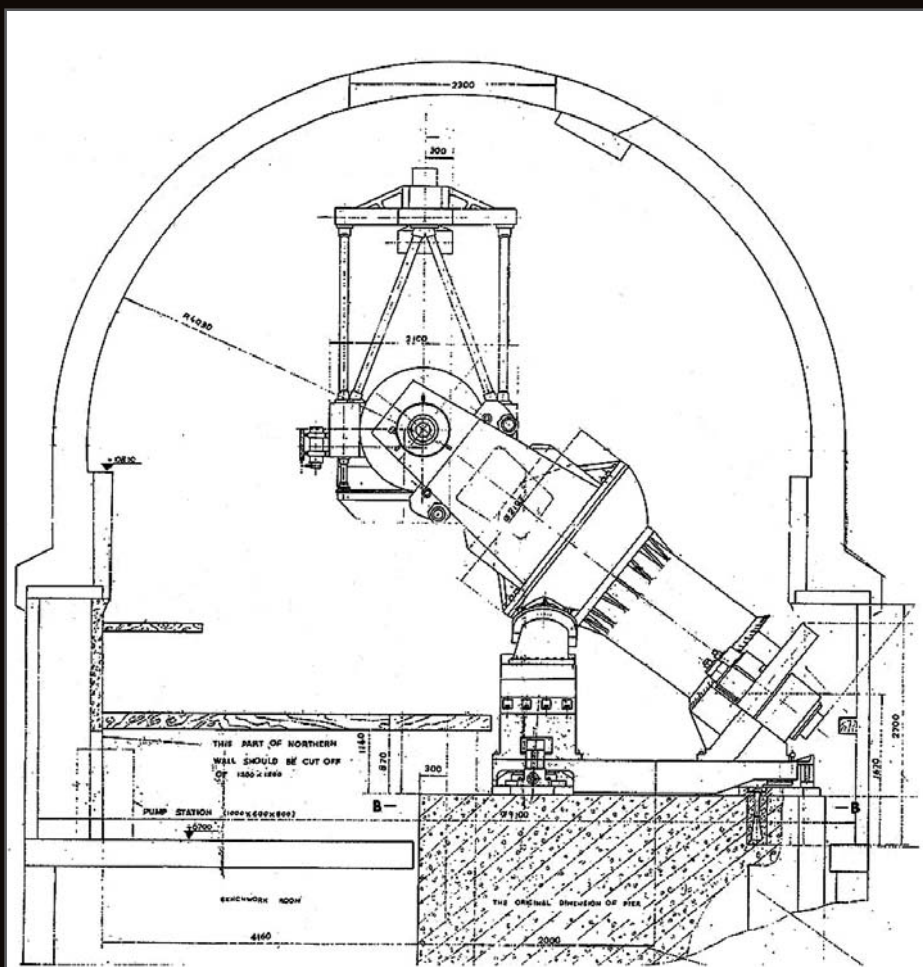
Toda esta actividad científica se mide, tanto

en los tiempos de la creación del OSN como ahora, por la producción de resultados que se hacen públicos en revistas y libros especializados. Las observaciones realizadas con los telescopios del observatorio, desde las primeras en el telescopio del Moh n del Trigo hasta las programadas en los actuales telescopios de la Loma de Dólar, han dado lugar a más de 160 publicaciones en revistas incluidas en el *Science Citation Index* (SCI) y casi el doble de contribuciones publicadas en actas de congresos y reuniones, y comunicaciones o notas en otras revistas periódicas. Cerca del 90% de los trabajos publicados en revistas del SCI han aparecido en revistas europeas, principalmente en *Astronomy and Astrophysics*, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* (recientemente agrupadas bajo una sola cabecera con el primer nombre), y *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. La mayoría de las restantes fueron enviadas a las revistas americanas *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, *The Astronomical Journal* y *The Astrophysical Journal*. Anotemos final-

mente que las publicaciones directamente basadas en observaciones en el OSN constituyen aproximadamente el 12% de la producción total del IAA. Es un buen resultado, si consideramos los medios materiales y humanos con los que el OSN ha contado durante su existencia.

Todos recordamos las noticias sobre fenómenos astronómicos que han venido ocupando cada vez más espacio en los medios de información. Eclipses, ocultaciones, y tránsitos planetarios como el de Mercurio sobre el disco solar. Cometas que sorprenden o decepcionan. Explosiones cósmicas y conjunciones excepcionales de planetas. B lidos, meteoritos y lluvias de estrellas. Sin duda, el futuro traer  nuevos fenómenos singulares a los que prestar atención, y todos ellos servirán para hacer llegar ecos de ciencia y de sorpresa a los oídos del ciudadano atento. Pero entre cada par de hechos llamativos, de esos que acontecen una vez al año, seguirán transcurriendo días de trabajo consistente y profesional en el OSN: trabajo de investigación en Astronomía y Astrofísica.

Uno de los primeros objetivos que se plantearon los fundadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) fue la construcción de un observatorio astronómico propio. Este reto supuso un giro significativo en su recién estrenada historia. El observatorio implicaba la creación de toda una estructura institucional y tecnológica para poder construirlo, mantenerlo y actualizarlo. Debido al escaso presupuesto del que se disponía, cada integrante abordó diversas tareas a realizar, mientras se creaba el entramado científico, técnico, administrativo y de servicios necesario.



OSN: UNA HISTORIA DE DESARROLLO INSTRUMENTAL

Por José Luis Ramos

Desde el punto de vista tecnológico, la ciencia se presenta como un excelente entorno creativo. La ciencia plantea una demanda tecnológica, y en su desarrollo se abre un nuevo abanico de posibilidades de estudio. Igualmente, en el progreso de las distintas especialidades de instrumentación aparecen nuevas "fronteras" tecnológicas para las demás especialidades. Así por ejemplo, la mejora de un proceso de fabricación mecánico implica la posibilidad de mejora en un proceso de control electrónico, y viceversa.

El observatorio de Sierra Nevada (OSN) ha conocido durante su historia toda una serie de telescopios e instrumentos de medida. Cada uno representaba una nueva frontera científica y tecnológica que se debía de superar con el fin de "arañar" un poco más allá. Esta serie se inicia con dos telescopios dotados de instrumental apropiado a sus características técnicas y a las líneas de investigación que se proponían en el IAA. El primero fue un telescopio reflector de 75 centímetros de apertura (Telescopio

Stevenson), procedente del Royal Greenwich Observatory, adaptado específicamente para el OSN con el fin de presentar un espejo terciario basculante que permitiera la instalación simultánea de dos instrumentos. El segundo fue un telescopio reflector de 60 centímetros de apertura, procedente del Observatorio de Niza.

Eran los inicios de la década de los 80 y del desarrollo de la electrónica digital microprocesada para automatización, y el observatorio se convirtió, en su origen y



en su primeras instalaciones, en un excelente marco de trabajo para estudiar, desarrollar y cuantificar hasta qué punto ciencia y técnica tienen un lugar de encuentro en la astrofísica.

Es una época de gran actividad, muchas inquietudes por desarrollar y un gran número de proyectos en paralelo. Una semilla perfecta para que creciera, dentro del IAA, la Unidad de Desarrollo Instrumental y Tecnológico (UDIT) y el Centro de Cálculo (CC), unidades tecnológicas en el seno de un instituto científico.

PRIMEROS TELESCOPIOS

Para el telescopio Steavenson, el IAA desarrolló un sistema de control para los ejes de movimiento y para la cúpula. También desarrolló una unidad de tiempos que generaba una señal patrón para el observatorio. Para sus instrumentos, dos fotómetros (People's Photometer y Strömgren), se hicieron simultáneamente trabajos de motorizado y automatizado, desarrollándose sistemas que permitían digitalizar los datos astronómicos que iban obteniendo dichos instrumentos.

A partir de estos primeros telescopios e instrumentos surgieron las primeras necesidades tecnológicas: fueron sin duda alguna un magnífico campo de experimentación

El telescopio de 60 centímetros se instaló ya automatizado en su origen. Poseía control microprocesado, motores paso a paso y codificadores en ambos ejes. El instrumento con el que se dotó, un fotómetro fotoeléctrico de integración procedente de Ginebra, entregaba datos en un registro gráfico (analógico) y se le diseñó un sistema electrónico de adquisición de datos para digitalizarlos.

Las automatizaciones que se realizaron en estos telescopios y sus instrumentos permitían cuantificar, o más bien vislumbrar, la importancia de la ingeniería de control en la automatización como ayuda a la labor de campo del científico. La

introducción de lectores electrónicos de posicionado en el instrumento, de un adecuado control de tiempos, de elementos de seguridad y de motores precisos evitaba un gran número de horas de supervisión humana que podían ser utilizadas para la obtención de datos, con lo cual podían abordarse nuevos estudios científicos.

A partir de estos primeros telescopios e instrumentos surgieron las primeras necesidades tecnológicas: fueron sin duda alguna un magnífico campo de experimentación. Algunas conclusiones se tenían que abordar con una línea instrumental más amplia pues el control sobre telescopio, cúpula, instrumentación, adquisición y cálculo de datos se resolvían en procesos paralelos; en el caso del telescopio Steavenson el diseño mecánico de uno de sus ejes impedía el control automático en todo su recorrido y, en general, la labor de supervisión humana sobre el sistema era todavía muy elevada.

AUTOMATIZACIÓN

El nuevo enfoque de observatorio integralmente automatizado se abordó con los siguientes telescopios, de 90 y 150 centímetros de apertura, procedentes de un acuerdo con la empresa Nanjing Astronomical Instruments Factory (NAIF), perteneciente a la Academia China de las Ciencias.

Dichos telescopios estaban preparados en su origen para la automatización, y esta se realizó completamente en el Instituto. Esto supuso de nuevo asumir un enorme trabajo, pues se rediseñó la electrónica de control, pero también permitió asumir en un sistema integrado la instrumentación, el telescopio, la cúpula y la adquisición de datos.

Dicha automatización se realizó con la electrónica más destacada de la época (sistema modular VME, Motorota). Se avanzó significativamente en la electrónica periférica distribuida en la instalación y en la integración de los instrumentos. Asimismo, el desarrollo informático, en pleno apogeo, se impuso en los sistemas de control y de tratamiento de datos. Paso a paso, el astrónomo dejaba su posición a pie de instrumento para ubicarse en una situación más reservada que permitiera el análisis.

Paralelamente se fueron desarrollando otros proyectos instrumentales, como la automatización de un espectrógrafo de fibras, Albireo, desarrollado por el obser-

vatorio de París-Meudon, o la instalación de cámaras CCD de especificaciones técnicas adecuadas, siempre integrándolas en el sistema global de control; y surgieron otras experiencias instrumentales, como por ejemplo SATI, un fotómetro para medir la emisión nocturna, en colaboración con otros cinco observatorios y aún en funcionamiento.

OBSERVACIÓN REMOTA

Otro reto tecnológico destacable que se presentó, siguiendo en la línea argumental de las mejoras técnicas-operativas del observatorio, es la implantación de la observación remota. En ella, el conjunto de instrumentos es supervisado por el científico, situado en la sede del IAA en Granada, vía radio-enlace. En este caso, la incorporación de operadores especializados en la instrumentación del observatorio ha supuesto una mejora notable en la obtención de datos de estos instrumentos y un apoyo signi-

*Paso a paso, el
astrónomo dejaba su
posición a pie de
instrumento para ubicarse
en una situación más
reservada que permitiera
el análisis*

ficativo para la observación remota. El relato de las experiencias tecnológicas en instrumentación que han tenido lugar en el observatorio en estos últimos años habría de ser más extenso, pues la existencia de un laboratorio de investigación en alta montaña, como es el Observatorio de Sierra Nevada, propicia la instalación de proyectos internos y externos al Instituto, de gran relevancia en muchos casos. Podríamos resaltar el monitor Seeing (instrumento para medir

la calidad de cielo), los Tetrascopios (cuatro telescopios de 30 centímetros en trabajo coordinado), o el recién llegado Bootes-IR, un telescopio de 60 centímetros de apertura para la observación en el infrarrojo cercano, con un apuntado ultra-rápido y que se presenta como telescopio completamente robotizado y que muy pronto estará operativo.

Siempre tenemos la idea de la meta como un límite fijo, pero en un observatorio esta idea se transforma en la de una frontera parcial. Cuando se termina un proyecto surgen nuevos objetivos, tanto técnicos como científicos, y para cumplirlos tal vez se incluirán análisis de funcionamiento para conseguir un mantenimiento predictivo del sistema y la autocalibración de la instrumentación, se diseñará para la observación infrarroja, se introducirá la globalización de datos astronómicos.... Se presentan ante nosotros una amplia gama de posibilidades y desarrollos.

Contaminación lumínica en el OSN

Por Jose Luis Ortiz



Fotografía del área metropolitana de Granada vista desde el observatorio de Sierra Nevada. Autor: Jose Antonio Ruiz Bueno.

La contaminación lumínica es la alteración de los niveles naturales de luz en el medioambiente exterior debida a la iluminación artificial. El observatorio de Sierra Nevada, por la proximidad de la ciudad de Granada, recibe una cantidad nada despreciable de luz directa, y parte de la luz que la urbe emite hacia arriba contamina una buena fracción del cielo visible desde el observatorio. Esto también ocurre, en menor medida, por la luz procedente de Prado Llano, la localidad más cercana y la base de la estación de esquí de Sierra Nevada. Otras fuentes de luz asociadas a la

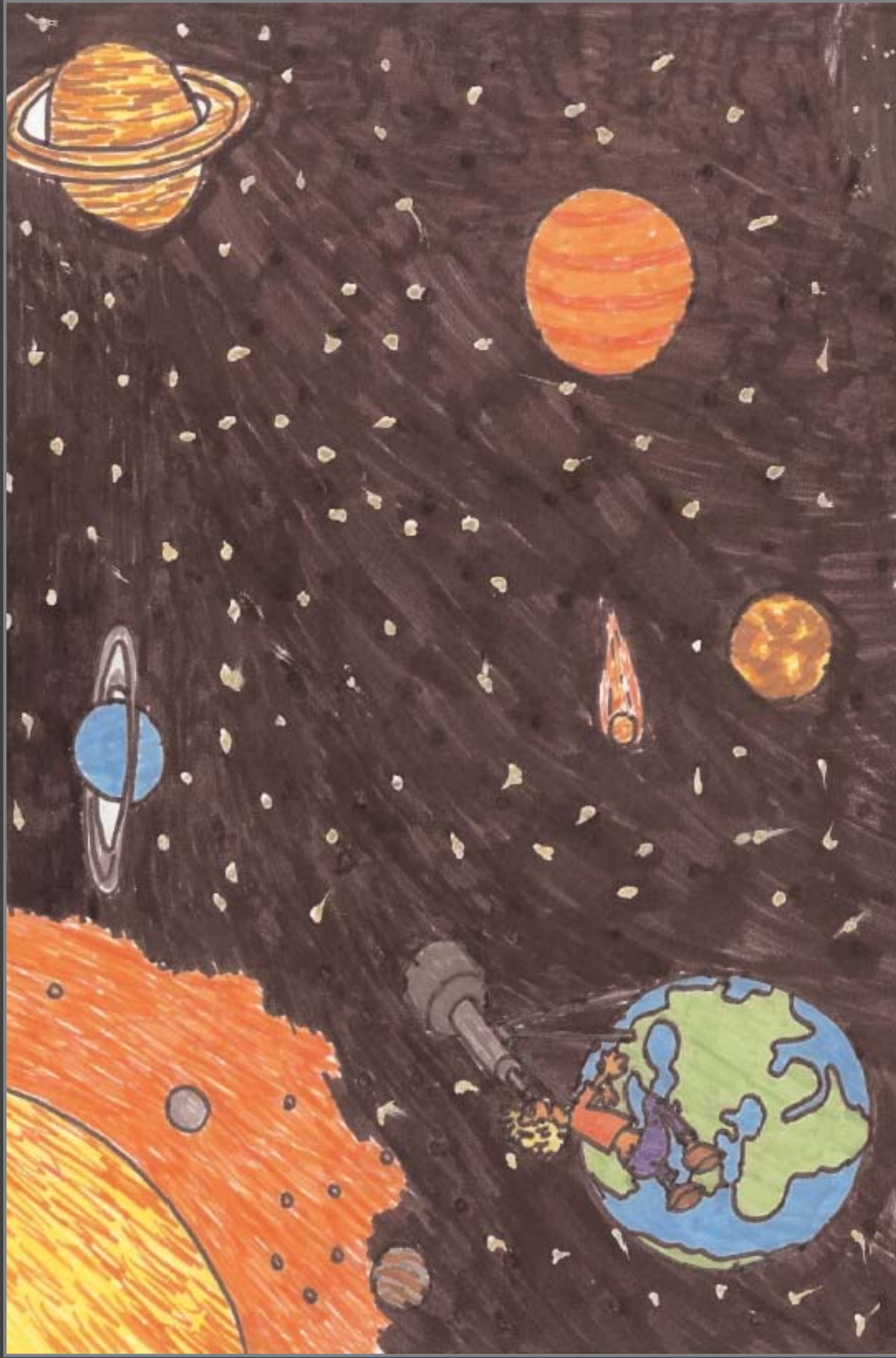
estación de esquí también perturbaban las actividades del observatorio, en particular los vehículos pisa-nieve, que trabajan de noche: con sus potentes faros a menudo nos deslumbran. Incluso la luz de la costa malagueña tiene un ligero efecto, al igual que la de algunos pueblos fuera del área metropolitana de Granada. Como es natural, esta contaminación nos impide trabajar, o hacerlo adecuadamente, en las zonas del cielo que están afectadas. Es fácil entender que si queremos estudiar objetos muy débiles con los telescopios, no debemos ser deslum-

brados por otra luz.

Afortunadamente, la gran altitud del observatorio hace que la atmósfera justo por encima de él esté muy limpia de partículas de polvo, que son las que reflejan o difunden la luz en mayor grado. Por esto y por algunas otras razones el observatorio de Sierra Nevada aún dispone de una buena franja de cielo relativamente libre de contaminación, sobre todo en la parte más oriental del cielo, que esperamos poder preservar.

El problema de la contaminación lumínica no solo atañe a los astrónomos, sino a la población

en general. Por citar unos pocos ejemplos podemos decir que representa un gasto energético superfluo de varias decenas de millones de euros al año en Andalucía porque la luz que se emite hacia el cielo se desperdicia completamente. Además, la iluminación exterior inadecuada supone en muchas ocasiones una invasión en la intimidad del vecino, que recibe luz dentro de su habitación, impidiéndole dormir o mostrando detalles del interior que pertenecen a su privacidad, etc. También perturba a la fauna y flora de una forma considerable.



Ganadora del Concurso Escolar de Dibujo: Beatriz Zagaza Asensio. 5ºB CEIP García Lorca, Granada.