

# Astronomía

■ Texto: RAFAEL BACHILLER. Observatorio Astronómico Nacional. Subdirección General de Astronomía, Geofísica y Aplicaciones Espaciales.



Conjugación histórico-artística con investigación de vanguardia

# El Observatorio Astronómico Nacional

Los numerosos visitantes del Real Observatorio de Madrid suelen quedar asombrados por su impresionante patrimonio histórico-artístico. Pero pocos son conscientes de que, en este maravilloso enclave del Observatorio Astronómico Nacional, como también en otras infraestructuras de este, se desarrolla una labor de investigación en astrofísica de primera línea a nivel mundial. Con estudios que abarcan desde la formación de las estrellas y los planetas hasta las propiedades de los agujeros negros, en el Observatorio se conjuga hoy una fascinante tradición histórico-artística con la astrofísica más pionera.





**01.** El Real Observatorio de Madrid antes de la invasión napoleónica. | Dibujo de Isidro González Velázquez.

**02.** Observación del eclipse de 1905 en Burgos, poco después de la incorporación del Observatorio al Instituto Geográfico. | Foto: OAN.

**03.** El gran interferómetro milimétrico de Atacama ALMA es el telescopio terrestre más complejo jamás construido. Este radio-interferómetro fue construido por 16 países europeos (incluyendo España), EEUU/Canadá, y Japón/Corea/Taiwán. Está formado por 66 antenas de alta precisión. | Foto: ALMA/ESO/NRAO/NAOJ.

**04.** El radiotelescopio del IRAM sobre el Pico Veleta (Granada) tiene un diámetro de 30 metros. Fue construido por la Sociedad Max-Planck de Alemania, el CNRS francés y el IGN español. | Foto: IRAM.

## Un observatorio ilustrado

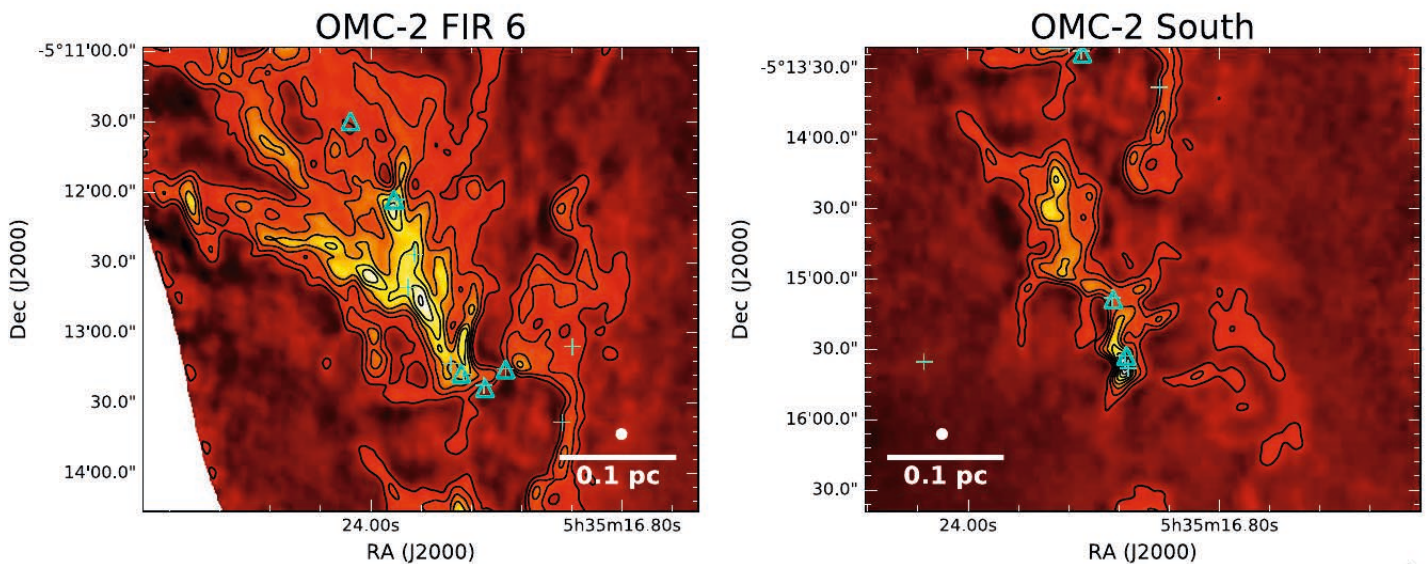
Los orígenes del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) se remontan al reinado de Carlos III quien, a propuesta del célebre marino y cosmógrafo, ilustre e ilustrado, Jorge Juan, ordenó su creación a finales del siglo XVIII (hacia 1785). Jorge Juan había participado en la gran expedición de la Real Academia de Ciencias de París que partió hacia el Ecuador en 1736 para medir la longitud de un grado del arco del meridiano. En aquella expedición que duró más de 8 años, se obtuvieron unas medidas clave para determinar que la Tierra era achatada por los polos consagrándose así la teoría de la gravitación universal de Newton. Al regresar de la expedición, Jorge Juan estaba plenamente convencido de la importancia de desarrollar la astronomía para mejorar las técnicas de navegación y, en 1753, impulsó la creación de un observatorio astronómico en Cádiz, al que debería seguir otro en Madrid similar a los que ya existían en otras capitales europeas. El proyecto del observatorio en Madrid no cristalizó hasta finales de los años 1780 cuando Salvador Jiménez Coronado fue pensionado para ir a París e inspirarse en el Observatorio que en aquella ciudad había creado Luis XIV casi un siglo antes. Así pues, si el Observatorio de Cádiz había seguido el ejemplo del de Greenwich cultivando la astronomía como herramienta para la navegación, el Observatorio de Madrid habría de seguir los pasos del de París: un centro consagrado al estudio del universo. Jiménez Coronado regresó a España en 1789, cuando ya se

encontraba reinando Carlos IV. Sería este monarca quien daría la orden al arquitecto de la corte, Juan de Villanueva, para que comenzase las obras del nuevo observatorio en una colina conocida como 'cerrillo de San Blas', en lo que entonces eran las afueras de Madrid y actualmente es el parque del Retiro. Las tareas encomendadas al Observatorio venían descritas en la Real Orden de constitución que fue dictada en 1790. La teoría y práctica de la astronomía, la geodesia, la geofísica y la cartografía, es decir, las propias de un observatorio de astronomía de aquella época, serían sus objetivos. Y para llevarlos a cabo se creó, en 1796, el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos.

La astronomía española había tenido su momento de máximo esplendor en la Edad Media, y muy concretamente en Al-Andalus y en la corte de Alfonso X el Sabio. Pero la práctica de esta ciencia había ido perdiéndose poco a poco, de forma que en el siglo XVIII no se poseían en el país los conocimientos astronómicos necesarios. Debido a esta carencia, los primeros astrónomos del Observatorio debieron iniciar su aprendizaje en el extranjero, desarrollando sus conocimientos, prácticamente desde cero, tanto en la construcción de instrumentos como en la realización de observaciones.

## El gran telescopio destruido por la invasión napoleónica

Los Borbones no quisieron escatimar los recursos para el nuevo Observatorio, y permitieron que sus astrónomos encargasen al célebre astrónomo William Herschel –el mejor



Imágenes de la gran nube de Orión obtenidas a partir de observaciones de emisión molecular por miembros del Observatorio Astronómico Nacional combinando datos del IRAM y de ALMA. Mapa a gran escala de la nube e imágenes que muestran en detalle algunas regiones y señalan la presencia de protoestrellas. | Foto: ALMA/IRAM/OAN.

constructor de telescopios de la época— la construcción de tres telescopios reflectores proyectados siguiendo el diseño realizado por el mismísimo Newton. Dos pequeños telescopios serían similares al utilizado por Herschel para descubrir el planeta Urano y un telescopio mayor, de 25 pies (7,6 metros) de distancia focal y espejo de 2 pies (61 centímetros) de diámetro, sería el buque insignia de los instrumentos del Observatorio. De hecho, este gran telescopio, uno de los tres mayores del mundo en su época, sería considerado por el propio Herschel como el mejor telescopio de cuantos construyó. Así comenzó un fructífero período de actividades científicas, de desarrollo de instrumentación y de enseñanza de la astronomía. De esta forma, el Observatorio de Madrid fue la primera escuela de astro-

nomía de la España moderna. Pero, desgraciadamente, vino la guerra y, como siempre sucede, arrasó con todo. La invasión napoleónica de comienzos del siglo XIX supuso la dispersión del personal del Observatorio y la destrucción de sus equipos, entre ellos, el magnífico telescopio de Herschel de 25 pies, la biblioteca y las edificaciones provisionales.

### Recuperación y adscripción al IGN

Las actividades del Observatorio no pudieron reanudarse hasta 1845, finalizándose la construcción del edificio "Villanueva" al año siguiente. En 1854 instaló el meridiano Repsold y en 1858 el antejo ecuatorial Mertz, dando inicio, a una etapa de interesantes trabajos astronómicos, geodésicos y meteorológicos, así como a la participación en campañas

de cooperación internacional. Tras una primera etapa en la que el Observatorio dependió directamente del rey a través de un comisario regio y, posteriormente, del rector de la Universidad Central, en marzo de 1904 el Observatorio fue agregado al Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el que, desde entonces, se encuentra perfectamente integrado. España fue testigo privilegiado de una serie de eclipses solares que tuvieron lugar en 1860, 1870, 1900, 1905 y 1912 (los llamados eclipses españoles) y que fueron aprovechados por los astrónomos para relanzar la vida científica del Observatorio. Las actividades desarrolladas entonces por el Observatorio cubrían todos los campos de la astronomía y ciencias afines: desde la física solar y estelar a la mecánica celeste, el desarrollo de instrumentación, conservación

**España fue testigo privilegiado de una serie de eclipses solares que tuvieron lugar en 1860, 1870, 1900, 1905 y 1912. Los llamados eclipses españoles**

oficial de la hora y las aplicaciones en geodesia. El Observatorio de Madrid fue incluso encargado de realizar trabajos de meteorología (considerados entonces como un complemento de los estudios astronómicos), prolongándose la actividad en este campo hasta los primeros años del siglo XX, momento en el que se creó el Instituto Meteorológico Nacional para el desarrollo de estas funciones. A partir de ese momento, el Observatorio concentra sus esfuerzos en la investigación astronómica y en el desarrollo de instrumentación asociada.

Tras el parón que supuso la Guerra Civil, el Observatorio conoce una nueva etapa de modernización y expansión. En la década 1970 se crean el Centro Astronómico de Yebes (Guadalajara) y la Estación de Observación de Calar Alto (Almería), en la que se instala un telescopio óptico de 1,52 metros de apertura. Con ello se potencian las líneas más tradicionales de la astronomía óptica que venían llevándose a cabo en el Observatorio de Madrid (astrometría, heliofísica y física estelar). También se inicia entonces una nueva línea de investigación y desarrollo instrumental, la radioastronomía, que

será el principal campo de investigación del OAN desde entonces hasta nuestros días.

**Un centro nacional para la radioastronomía**

Al concentrarse en las islas Canarias los mayores telescopios

ópticos e infrarrojos europeos en las décadas de los años 1970 y 1980, el Observatorio Astronómico Nacional reorientó su actividad hacia la radioastronomía. El OAN y el Observatorio de Yebes, tomados en conjunto, constituyen hoy el centro de referencia a nivel nacional para la radioastro-

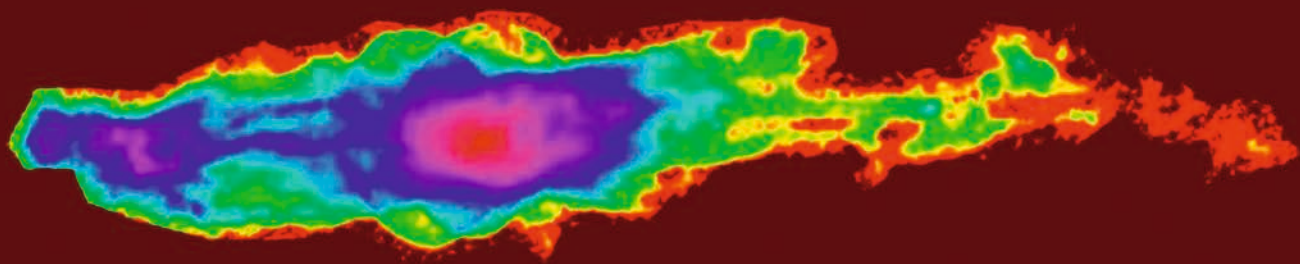
## Visitas al Real Observatorio.....

Miles de visitantes acuden cada año al Real Observatorio de Madrid para conocer la evolución de la astronomía, y de otras ciencias afines, como la geodesia, la cartografía, y la geofísica. En la Sala de Ciencias de la Tierra y del Universo, el visitante puede admirar la valiosa colección de instrumentación científica del Observatorio acumulada a lo largo de sus 230 años de historia, así como muchos instrumentos del IGN. Se visita además la réplica del Gran Telescopio de Herschel, el Péndulo de

Foucault, y la joya arquitectónica: el edificio de Juan de Villanueva (arquitecto del Museo del Prado). Así, ciencia, historia y arte se interrelacionan en la narración de las visitas guiadas proporcionando una visión amplia y didáctica del Real Observatorio, desde la Ilustración hasta nuestros días. Las visitas guiadas al Real Observatorio están abiertas tanto al público general como a centros educativos. Información y venta de entradas en la web: <http://www.ign.es/rom/visitas/index.html>



El Ministro José Luis Ábalos frente a la réplica del telescopio de 60 cm de diámetro y 25 pies de distancia focal que William Herschel construyó en 1804 para el Real Observatorio Astronómico de Madrid. | Foto: OAN.



ALMA CO 3-2



HST

Imágenes de la nebulosa planetaria OH 231,8+4,2, estudiada en el OAN, obtenidas con el telescopio espacial Hubble (abajo) y ALMA (arriba). La imagen del Hubble muestra en tonos azulados el gas atómico ionizado por los choques debidos al movimiento muy rápido del gas molecular (trazado por ALMA) y de los granos en polvo (tonos amarillentos). La estrella central no se ve debido a la existencia de un disco central muy opaco | Foto: NASA/ESA/ALMA/OAN.

nomía, una disciplina que, gracias a técnicas innovadoras, como la interferometría, tiene un gran futuro por delante, tanto a nivel científico como técnico. Además, las técnicas de la radioastronomía no son solamente de interés para la astrofísica, sino que tienen aplicación en otras competencias y actividades esenciales del IGN en el ámbito de las ciencias de la Tierra.

Durante las tres últimas décadas, el Observatorio, a través del IGN, ha participado en la creación y funcionamiento de instituciones radioastronómicas de carácter internacional como el Instituto hispano-franco-alemán de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) o el Consorcio Europeo para la Interferometría de Muy Larga Base (EVN/JIVE), en los que se llevan a cabo las investigaciones científicas y los desarrollos tecnológicos más punteros en el campo de la astronomía y en sus aplicaciones a la geodesia.

El equipo científico del OAN ha estado muy involucrado en el proyecto ALMA, el gran conjunto de 66 antenas ultraprecisas instalado en Atacama (Chile). Actualmente, está colaborando en los trabajos de preparación del Square Kilometer Array (SKA), un proyecto internacional en el que participan más de 20 países, cuyo objetivo es la construcción de un gran telescopio a longitudes de onda centimétricas. El SKA estará formado por miles de antenas parabólicas y por otras de tipo *aperture array* que simularán antenas gigantes. El objetivo final es conseguir con un área colectora de un kilómetro cuadrado, un millón de metros cuadrados.

**Investigación puntera**  
El visitante que se acerca al Real Observatorio de Madrid disfruta contemplando su patrimonio y escuchando las explicaciones sobre su historia, pero quizás no sean muchos los visitantes que sean conscientes de que, en los despa-

chos de estos edificios venerables, los astrónomos y astrónomas del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) llevan a cabo en la actualidad trabajos de investigación en los temas más candentes de la astronomía moderna.

La investigación del OAN se basa hoy en observaciones con el radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes (IGN), los radiotelescopios del IRAM del Pico Veleta

**El equipo del Observatorio Astronómico ha estado muy involucrado en el proyecto ALMA, un gran conjunto de 66 antenas ultraprecisas instalado en Atacama (Chile)**



**01.** Disco proto-planetario de la estrella AB Auriga observado en distintas longitudes de onda de radio con el interferómetro NOEMA de IRAM por un equipo del OAN. Cada color traza la emisión de una molécula distinta. El agujero que se observa cerca de la estrella ha sido creado por un planeta recién formado. | Foto: OAN.  
**02.** Recreación del anillo de gas que rodea al agujero negro que se encuentra en el centro de la galaxia activa NGC 1068 situada a 47 millones de años luz de la Tierra. Esta estructura tiene un diámetro de unos 60 años luz y ha sido estudiada con el interferómetro ALMA por un equipo del OAN. | Foto: OAN.  
**03.** Esta es la primera imagen jamás obtenida de las inmediaciones de un agujero negro supermasivo. Se encuentra en el centro de la galaxia M87, pero se cree que tales agujeros negros deben de estar presentes en todas las galaxias masivas. Personal del OAN y del Observatorio de Yebes participó activamente en la obtención de esta imagen que supuso un hito en astrofísica. | Foto: EHT.

en Plateau de Bure (Alpes franceses), y el interferómetro ALMA en el desierto de Atacama (Chile). El nacimiento y la muerte de las estrellas, la formación de planetas similares a la Tierra, la detección de moléculas prebióticas, la estructura de las estrellas evolucionadas, el estudio de la estructura de las galaxias particularmente activas, etc., son algunos de los temas de estudio que se realizan hoy en el Observatorio. Por otra parte, en estrecha colaboración con los ingenieros e ingenieras del Observatorio de Yebes (IGN), se trabaja en importantes desarrollos técnicos de interés en astronomía y ciencias afines.

### Nacimiento de estrellas y planetas

La radioastronomía es la técnica observacional principal utilizada en el Observatorio para la obtención de los datos y así estudiar las regiones donde nacen estrellas, y la interacción de estas con el medio interestelar. La comprensión

de las causas que llevan a que se forme una estrella en una región dada y no en otra, sigue siendo un reto para la astronomía actual. En el inicio de la formación de una estrella, se producen eyecciones de gas a gran velocidad que golpean el medio interestelar. Ya en la fase madura, las estrellas como nuestro Sol emiten una intensa radiación ultravioleta capaz de calentar el medio y destruir las moléculas. Es necesario comprender todos estos procesos para poder determinar el origen de las estrellas.

La utilización de grandes interferómetros permite estudiar los pequeños discos de gas y polvo que rodean las estrellas jóvenes y en los que se forman los planetas. El gas de estos discos es la materia prima a partir de la cual se formarán las atmósferas planetarias y, en su caso, la vida. El conocimiento detallado de su composición química es una condición indispensable para de esa forma entender la formación

de nuestro sistema solar y la emergencia de la vida.

### Así acabará sus días el Sol

En el OAN también se estudian las últimas fases de la vida de

El interior estelar se comprime y calienta enormemente (las temperaturas alcanzan allí varias decenas de millones de grados) y, como reacción a este proceso, las capas exteriores se expanden y enfrían y la estrella se convierte en una 'gigante roja'

las estrellas, como son las envolturas de las estrellas evolucionadas, las nebulosas protoplanetarias y las planetarias. Estos estudios nos aportan muchos detalles sobre cómo sucede la evolución tardía de las estrellas, y en particular sobre los procesos que el Sol y su sistema planetario experimentarán dentro de miles de millones de años. En la evolución estelar tardía, llega un momento en el que la energía desencadenada por las reacciones nucleares no es suficiente para contrarrestar el propio peso de la estrella. Entonces el equilibrio se rompe. El interior estelar se comprime y calienta enormemente (las temperaturas alcanzan allí varias decenas de millones de

grados) y, como reacción a este proceso, las capas exteriores se expanden y enfrían y la estrella se convierte en una 'gigante roja'. Las gigantes rojas son estrellas sumamente inestables que pulsán (aumentando y decreciendo de tamaño) con periodos del orden de cientos de días. Tales pulsaciones se acentúan y aceleran progresivamente ocasionando, al final, una gran explosión con la eyección al espacio de la mayoría de la masa estelar.

### Galaxias y agujeros negros

Los equipos de investigación del OAN también dirigen los radio-telescopios más allá de nuestra galaxia. Se estudia así la distri-

**El OAN estudia la distribución, condiciones físicas, cinemática, composición y cantidad del gas molecular en las galaxias, desde Andrómeda hasta las más lejanas**

bución, las condiciones físicas, la cinemática, la composición y la cantidad del gas molecular en los diversos tipos de galaxias, desde las más cercanas, como Andrómeda, hasta grandes galaxias lejanas que se formaron en la infancia del universo. Los grandes interferómetros actuales nos permiten distinguir nebulosas de un tamaño parecido al de la nebulosa de Orión en otras galaxias.

El OAN participa muy activamente en el desarrollo, tanto técnico como científico, de la Interferometría de Líneas de Base muy Grandes (VLBI por sus siglas en inglés). En el primer aspecto destaca su participación en las redes mundiales de VLBI astronómico y geodésico mediante la antena de 40 m de Yebes, así como en institutos y consorcios, como el JIVE (Instituto Europeo de VLBI ERIC) y la EVN (Red Europea de VLBI), que coordinan la actividad VLBI a nivel internacional. En el aspecto científico, el personal del Observatorio es experto en la utilización de las técnicas del VLBI para el estudio de emisiones muy energéticas, como la asociada a los agujeros negros. ■

## Astronomía para todos

El Observatorio Astronómico Nacional viene publicando, cada año desde 1860, un excelente Anuario Astronómico. Este libro contiene las efemérides de los astros del sistema solar, las explicaciones de cómo hacer uso de tales efemérides y



Portada de la edición del Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 2020.

catálogos sucintos de astros de interés para el observador aficionado. Completan esta información varios artículos de divulgación. Es un magnífico volumen que, en los últimos años, supera las 450 páginas de contenido.

Desde la publicación del primer Anuario, en 1860, tan solo dejó de publicarse de manera excepcional durante unos pocos años: en 1867, 1874, 1875 y desde 1881 hasta 1906. A partir de 1906 se ha publicado ininterrumpidamente, siendo la edición del año 2020 (año en que se cumplió el 160 aniversario de la publicación del primer ejemplar) la edición número 132.