

EL OBSERVATORIO DE YEBES ACOGE EL CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS DEL IGN Y REALIZA OBSERVACIONES AVANZADAS

Escuchando el universo

JULIA SOLA LANDERO

El Observatorio de Yebes, adscrito al Instituto Geográfico Nacional, creado hace ya 38 años, se ha convertido en el principal observatorio radioastronómico nacional y en uno de los más importantes del mundo. Catalogado como Infraestructura Científica Singular, sus instalaciones acogen uno de los radiotelescopios internacionales más potentes y el Centro de Desarrollos Tecnológicos (CDT) del IGN, que participa y asesora a observatorios de otros países en la creación de instrumental y equipos de alta tecnología.

Durante la noche del 1 al 2 de noviembre de 1979, se realizó en España la primera observación radioastronómica hecha desde un centro español. Un hito que se llevó a cabo en uno de los complejos tecnológicos más punteros de nuestro país, abierto dos años antes: el Observatorio de Yebes, situado en un extenso páramo de la provincia de Guadalajara, a más de novecientos metros sobre el nivel del mar, en una zona con poca actividad eólica y escasas precipitaciones.

Aquella noche –4 grados de temperatura, cielo despejado y sin viento– dos jóvenes técnicos –el astrónomo Jesús Gómez González y el ingeniero geógrafo Alberto Barcia– fueron los primeros en usar el flamante radiotelescopio de 13,7 metros para ondas milimétricas construido por técnicos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones de Madrid. El objetivo de aquella primera observación radioastronómica era captar las ondas provenientes de la Luna para hacer una primera corrección de los errores de puntería del telescopio. Fue el comienzo del Observatorio de Yebes que, además de los instrumentos de observación, alberga el Centro de Desarrollos Tecnológicos (CDT) del Instituto Geográfico Nacional y que, casi cuatro décadas después, se ha

convertido en un centro de investigación científica cien por cien español, clasificado como Infraestructura Científica y Tecnológica Singular, siendo por tanto el principal observatorio estrictamente nacional y también uno de los observatorios radioastronómicos más importantes del mundo.

Aquel primer radiotelescopio estuvo operativo, para astronomía y geodesia, hasta el año 2000. Tras dos décadas de colaboración con instituciones internacionales –el Instituto Hispano-franco-alemán de Radioastronomía Milimétrica o el Consorcio Europeo para la Interferometría de Muy Larga Base– durante las que se llevó a cabo el desarrollo instrumental más puntero, actualmente y desde 2005, el Observatorio de Yebes cuenta con un nuevo radiotelescopio para ondas centimétricas y milimétricas, de 40 metros. Diseñado por el CDT, a día de hoy es uno de los más potentes del mundo y una pieza clave de la red europea de interferometría de muy larga base VLBI (EVN) –para observaciones astronómicas–, lo que hace de él también una estación de observación de primer orden del Servicio Internacional VLBI (IVS) –para observaciones geodésicas–.

El radiotelescopio se mantiene en funcionamiento las 24 horas del día, durante los 365 días del año, captando las ondas que provienen de los cuerpos celestes más remotos del espacio, a fin de estudiar el medio interestelar, nubes de polvo cósmico, galaxias, remanen-

tes de supernovas o estrellas en diferentes fases de su desarrollo. Algo que no es posible detectar mediante la astronomía óptica. Pero el radiotelescopio, por el contrario, sí hace posible el estudio de algunos de los procesos físicos más extremos y energéticos del universo. El impresionante ingenio, dotado de seis receptores radioastronómicos de última generación en la banda de frecuencia comprendida entre 2-140 GHz, además de sus correspondientes equipos de registro y tratamiento de datos, es capaz de realizar observaciones en solitario o formando parte de las redes europea y mundial de radiotelescopios.

Capaz de detectar señales ínfimas procedentes del Universo, en el Observatorio la contaminación lumínica no es el problema, sino la contaminación electromagnética proveniente de la radio, la televisión, internet o de otras comunicaciones vía satélite. Todas estas fuentes emiten ondas del mismo tipo que las que se intentan recibir desde el espacio, por lo que uno de los objetivos planteados es diseñar receptores más inmunes a las interferencias. Tarea compleja, dado que se trata de receptores hipersensibles (la señal de un móvil es miles de veces más potente que la que se intenta detectar). Precisamente para poner en común los avances en este campo, en junio pasado se celebró en Yebes un congreso internacional, en el que participaron 17 países, sobre el Impacto de las interferencias de radiofrecuencia y cómo luchar contra ellas en los observatorios.

.\ En la frontera del conocimiento

En 2009, treinta años después de aquella pionera observación de la Luna, el nuevo radiotelescopio de Yebes realizó su primera conexión con otros telescopios y se incorporó a la técnica observacional más compleja de la moderna astronomía: la interferometría de muy larga base (e-VLBI), mediante la que se conectan radiotelescopios situados en distintos países para obtener observaciones espaciales de alta resolución, que no podrían ser obtenidas con una observación de antena única. Con esta técnica, con la que la Tierra puede convertirse en un inmenso receptor de ondas milimétricas, los distintos radiotelescopios observan simultáneamente la misma radiofuente y envían las señales captadas en tiempo real a los centros de procesado.

Además de las observaciones conjuntas, decididas y programadas por un comité de expertos compuesto por miembros de distintos observatorios, el Centro de Desarrollos Tecnológicos de Yebes está involucrado actualmente en los proyectos situados en la vanguardia del conocimiento: IVS, EVN, Radioastron, SKA, ALMA, NOEMA, RAEGE y BRAND, y tiene también convenios de colaboración con distintos países (Alemania, Japón, Noruega, Tailandia, Corea del Sur, Finlandia).

De todos esos proyectos destaca el denominado Nanocosmos, avalado por el Consejo Europeo de Investigación y liderado por investigadores españoles, que intenta averiguar cómo se forman las nanopartículas que forman los granos de polvo interestelar y cuáles son sus procesos químicos. Para lograrlo, se han diseñado ingenios que emulan –en sus diferentes fases– las condiciones físicas y químicas de las capas exteriores de una estrella evolucionada (una gigante roja similar al tipo de astro en el que se convertirá en un futuro remoto nuestro Sol) y son capaces de reproducir polvo interestelar. Simultáneamente, en el desarrollo de este proyecto se realizan observaciones radioastronómicas utilizando el radiotelescopio de Yebes y las 66 antenas de alta precisión de ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), en Chile, para analizar la composición molecular y los procesos químicos asociados en la zona de formación de ese “polvo de estrellas”. El objetivo final es comprender el origen cósmico de esos granos interestelares, que han podido dar lugar a la formación de planetas como la Tierra.

.\ Observando la Tierra

En el terreno de la observación geodésica, en Yebes se estudian y monitorizan los movimientos de las placas tectónicas de la corteza terrestre y se prestan servicios geodésicos a escala internacional mediante la realización periódica de los Marcos Internacionales de Referencia Terrestre (ITRF), con los que se pretende perfeccionar la red actual, que a día de hoy tiene grandes lagunas geográficas, escasas ubicaciones y una tecnología obsoleta.

Cuenta para ello con el radiotelescopio Jorge Juan de 13,2 metros –puesto en servicio en 2013–, que está adaptado a las nuevas especificaciones requeridas para la radioastronomía con fines geodésicos y forma parte del proyecto RAEGE (para una Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales), cuyo objetivo es crear una red de cuatro Estaciones Fundamentales Geodésicas en España (Yebes y Canarias) y Portugal (islas Azores de Santa María y Flores), con el fin de establecer un Sistema Global de Observación Geodésica VLBI que, integrando diferentes técnicas, proporcione la infraestructura geodésica necesaria para monitorizar el sistema terrestre y obtener información sobre la forma de la Tierra, su campo de gravedad y su movimiento de rotación.

En la búsqueda de la máxima precisión de las observaciones geodésicas, el CDT está trabajando en el diseño de una nueva estación de *Satellite Laser Ranging* (SLR) para la medición de distancias mediante la emisión de pulsos de luz –a modo de destellos muy cortos y potentes–, a través de un telescopio láser, a los retroreflectores de los satélites que orbitan a distancias de

Aprendiendo astronomía

Desde el Observatorio de Yebes, y a través de un proyecto con apoyo municipal, se lleva a cabo una importante labor divulgativa mediante el Aula de Astronomía, ubicada en el Pabellón Divulgativo del Observatorio, con capacidad para recibir visitas en grupos de un máximo de 35 estudiantes. Una edificación independiente situada dentro del complejo, donde los más pequeños y el público en general pueden acercarse a las estrellas y los planetas, o entender las estaciones del año, las fases lunares, los usos horarios, el sistema solar, el zodiaco, las constelaciones de referencia o los movimientos celestes. Pueden acercarse también a la radioastronomía, que tiene un papel protagonista en los contenidos del Aula, dado que es la principal actividad del Observatorio.

Para llevar a cabo esta labor de divulgación astronómica, el pabellón dispone de una colección de paneles de divulgación, un módulo del sistema solar, un taller de Astronomía y medios audiovisuales, y organiza visitas guiadas por el centro. Además, el Observatorio ha incorporado un pequeño radiotelescopio parabólico —el “Spider”— que permite a los visitantes operar con un instrumento de observación astronómica real. Cuenta también con un planetario digital del aula de Astronomía, dotado de un sistema de simulación astronómica en 3D y un sistema audiovisual de alta definición. Para terminar la experiencia espacial, también se ha habilitado una “escuela de cohetes”, en la que, mediante la fabricación de cohetes de agua, se aprende el principio de acción-reacción de Newton.

Además, los instrumentos que son ya parte de la historia del Observatorio, tienen paneles informativos y basta un paseo al aire libre para descubrir las funciones para las que se utilizaron en su día. Es el caso del primer radiotelescopio de 13,7 m, ahora cubierto con una cúpula protectora, y también del astrógrafo doble, formado por dos telescopios ópticos idénticos de 40X200 cm, situado en una cúpula de 8 m de diámetro e instalado en 1976. Este aparato estuvo especializado en observar objetos en movimiento, como asteroides o cometas, y también está obsoleto en la actualidad. El complejo alberga también la torre solar de 8 m de altura que se utilizó hasta el 2000 para monitorizar las manchas solares.

hasta 40.000 km de distancia de la Tierra. Estos reflejan la luz en la misma dirección de incidencia hacia el receptor del telescopio, lo que permite calcular, mediante un reloj capaz de medir picosegundos (la billonésima parte de un segundo), la distancia entre el satélite y el telescopio. Cuando esté operativo el sistema de SLR, el Observatorio de Yebes será una estación geodésica fundamental, es decir: un observatorio en el que se combinan y aplican las técnicas de geodesia espacial más importantes y avanzadas.

El objetivo es georreferenciar cualquier parámetro ambiental con la máxima precisión para obtener marcos de referencia a nivel global, continental, nacional, regional

y local; algo muy necesario, por ejemplo, para las agencias espaciales que lanzan misiones al espacio y que dependen de un marco de referencia geodésico preciso y estable, pues una desviación de un milímetro en un lanzamiento desde la Tierra puede significar un error de kilómetros en el espacio. Aunque su importancia también se mide en otros parámetros. Por ejemplo, se monitoriza el sistema ambiental de la Tierra —océanos, casquetes polares, hidrología, hielo, corteza, atmósfera—, no sólo para comprender los procesos de cambio global, sino también para poder predecir en el futuro cambios en las condiciones hidrológicas, que pueden afectar a la seguridad de la población —sísmos, aumento del nivel del mar, inundaciones, sequías, tormentas o tsunamis— y de ese modo, tomar decisiones adecuadas como la construcción de diques, estrategias de agricultura o el traslado de la población.

El espacio exterior resulta una fuente fiable para conocer los secretos de la Tierra. Por eso las observaciones geodésicas utilizan los cuásares que son los cuerpos celestes más lejanos y, por tanto, los más estables para calcular, por ejemplo, el posicionamiento preciso del radiotelescopio. Para conseguirlo, mediante la interferometría VLBI se mide la diferencia de tiempo en la recepción de la señal emitida desde el espacio y recibida en dos o más observatorios situados a grandes distancias.

El Centro de Desarrollos Tecnológicos trabaja en una nueva estación láser que permitirá cálculos geodésicos de máxima precisión

Para auscultar los movimientos más remotos e imperceptibles del planeta, las instalaciones de Yebes cuentan también con una Estación de Gravimetría diseñada para las intercomparaciones gravimétricas, que está siendo insertada en el Sistema Internacional de Referencia de Gravedad (IGRS). Dada la extrema delicadeza de los instrumentos que alberga y su altísima sensibilidad, el pabellón de gravímetros cuenta con doble cámara con sistema de aire acondicionado en el exterior y una estructura arquitectónica hiper estable (su envolvente exterior es independiente del volumen interior). El edificio alberga —anclados a la roca madre del terreno y con una separación de una pulgada con respecto al suelo para no recibir vibraciones— los instrumentos más potentes en su campo (gravímetro absoluto FG5 y gravímetro superconductor) con los que, formando par-

te de la red mundial de este tipo de instalaciones, se monitorizan alteraciones como las mareas terrestres (levantamientos de la corteza provocados por la atracción gravitatoria de la Luna y el Sol).

Para controlar los parámetros del medio ambiente, que pueden afectar a las mediciones, el Observatorio de Yeves dispone de una estación meteorológica SE-AC-300 que proporciona información actualizada de la temperatura, humedad y presión locales, datos que son utilizados para la calibración de las observaciones astronómicas realizadas con los dos radiotelescopios del Centro.

Tecnología punta

El CDT cuenta con un laboratorio para el desarrollo de instrumentación de alta tecnología y talleres de electrónica, microondas, criogenia, electroquímica y mecánica de precisión. En ellos trabaja hoy más de una veintena de técnicos, que también se encargan de la instalación, mantenimiento y desarrollo de toda la instrumentación científica del IGN, con la que se llevan a cabo las observaciones y medidas astronómicas, geodésicas y geofísicas.

La enorme experiencia acumulada en investigación hace que distintos países del mundo soliciten los servicios técnicos del CDT para el desarrollo instrumental de alta tecnología. Entre otras cosas, equipos para la construcción de receptores criogénicos a longitudes de onda centimétricas y milimétricas —con fines tanto astronómicos como geodésicos—, como los que actualmente se proyectan para usar por Noruega en el Polo

Norte o también para Finlandia. Se trabaja también para diversos observatorios de todo el mundo poniendo en marcha radiotelescopios, diseñando *software* de control de radiotelescopios, construyendo antenas focales y amplificadores de bajo ruido criogénicos o Sistemas RF e IF para radioastronomía. Para el montaje, integración y verificación de receptores, el CDT ha desarrollado una cámara anecóica única en España por su gran ancho de banda operativa y que, recubierta con cuñas piramidales de material aborserbente impregnado de partículas de carbono, evita el paso de cualquier onda electromagnética.

Actualmente el CDT colabora en el Square Kilometer Array (SKA), un proyecto internacional en el que participan alrededor de 100 organizaciones de 20 países, para construir el mayor radiotelescopio del mundo: una plataforma con un kilómetro cuadrado de superficie colectora, que contará con miles de antenas parabólicas de 15 metros de alta frecuencia, que serán localizadas en Sudáfrica, además de centenares de miles de antenas de baja frecuencia que se situarán en Australia occidental. Se trata de uno de los mayores retos científicos y tecnológicos de la historia, que hará posible observaciones con un nivel de detalle sin precedentes en el rango de 100 MHz y 20 GHz y con mayor velocidad que con cualquier otro sistema actual. El SKA podrá rastrear grandes áreas del cielo simultáneamente, con una altísima resolución, y será tan sensible que podría detectar, por ejemplo, el radar de un aeropuerto situado en un planeta a diez años-luz de distancia. Un proyecto, en definitiva, llamado a liderar una nueva era de descubrimientos científicos. ■