LAS TAREAS DEL OBSERVATORIO RADIOASTRONOMICO DE MAIPU

Por el prof. FEDERICO RUTLLANT
Director del Observatorio Radioastronómico de Maipú

En el curso del invierno pasado se erigieron en la Estación Agronómica Experimental que la Universidad de Chile posee en la Rinconada de Maipú, a unos 25 kilómetros al sudoeste de Santiago, cinco radiotelescopios en lo que es el primer radioobservatorio construído en Latinoamérica. Un tanto tímido y vacilante en sus primeros balbuceos, esperamos que pronto adquirirá seguridad en sus propósitos e iniciará planes de colaboración internacional con observatorios similares del hemisferio boreal primero, junto con realizar programas de investigación por cuenta propia más tarde. El primer plan de trabajo se concretó gracias a las 16 antenas Yagi, receptores de radio y equipo electrónico que el Dr. M. A. Tuve, Director del Departamento de Magnetismo Terrestre de la Carnegie Institution de Washington puso a disposición de algunos institutos dependientes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. En seguida hubo que seleccionar el lugar más adecuado, en las inmediaciones de Santiago, para instalar el radioobservatorio. El sitio ideal para ubicar estos laboratorios lo constituye una meseta plana, horizontal, de grandes dimensiones, a no importa qué altura sobre el nivel del mar, alejadas de aglomeraciones humanas y de caminos y rodeada de cerros que la aíslen y protejan de los parásitos radioeléctricos que la civilización moderna implica en forma de motores, vehículos, etc. Otro factor altamente perturbador lo constituyen las tormentas eléctricas, tan frecuentes en otras latitudes y de las cuales estamos virtualmente exentos en la Zona Central de Chile. Así fue como, por eliminación, se llegó a los confines de la propiedad agrícola de la Universidad de Chile en donde la gentil cooperación de Decano de la Facultad de Agronomía nos cedió el derecho a usar unas 25 Há. de terrenos de bajo rendimiento agrícola. Fondos proporcionados por el Rector permitieron cerrar el predio, mejorar y abrir caminos, levantar una casita de madera prefabricada, prolongar instalaciones eléctricas aéreas de alta y baja tensión y conducir subterráneamente la energía hasta el radioobservatorio.

El estudio, calibración, planeamiento, construcción e instalación de las Yagi que forman en conjunto una antena de 1.200 metros de longitud ha sido una tarea laboriosa que ha requerido unos seis meses. La falta de experiencia en este tipo de instrumental exigió un esfuerzo de los ingenieros electrónicos del Instituto de Investigaciones y Ensayes Eléctricos, dependientes de nuestra Facultad que tuvieron bajo su responsabilidad desde la calibración de cada Yagi formada por un dipolo receptor, ocho elementos parásitos directores y uno reflector hasta el tendido de una antena de dimensiones tan extraordinarias, rigurosamente orientada de este a oeste y una línea de transmisión, repetida y reiterada, formada por pares de

Instalaciones en el Radio-observatorio astronómico de Maipú

alambres desnudos estrictamente paralelos, cuya distancia debe mantenerse con un error inferior al milímetro. Cuando el equipo de recepcion esté ajustado y calibrado en los alrededores de 175 megaciclos por segundo —que corresponde a una longitud de onda aproximada de 170 centímetros— el radiotelescopio estará en condiciones de iniciar el estudio del flujo electromágnetico proveniente del sol en esta frecuencia monocromática.

Radioastronómicamente hablando, el sol es un cuerpo de dimensiones considerablemente mayores que las de su congénere óptico. Cuando la radiación herziana que sale del sol es de origen térmico su estudio permite determinar la temperatura de los diferentes niveles de la atmósfera solar. Así se han medido temperaturas del orden del millón de grados absolutos en la corona. La distribución de las intensidades, después de tomar en cuenta la variación producida por la longitud de onda, permite fijar la profundidad de la atmósfera solar en la que se engendra la radiación. Además, una emisión no térmica, a menudo polarizada y aún dirigida, está generalmente asociada a manifestaciones de la actividad solar tales como manchas importantes y erupciones cromosféricas. El sol emite con bastante intensidad en longitudes de onda del orden de 50 cm. y mayores. El flujo de la radiación emitida por el sol está lejos de ser constante. Acabamos de pasar por un máximo del período undecenal que ha sido extraordinariamente activo e inquieto y ha permitido estudiar —especialmente durante la reciente campaña del Año Geofísico Internacional— el nivel más alto de la intensidad que puede alcanzar la radiación solar en toda la gama herziana y vincular, desde otros puntos de vista, las manchas, las erupciones, las protuberancias, los filamentos, etc. con las "tempestades de ruidos" y "explosiones radiales". A veces estos efectos radiales no están asociados a ningún fenómeno visible en el sol.

Lo más notable del sol radial es su extraordinaria variabilidad en el brillo que puede alcanzar hasta el factor de un millón. Es una estrella inusitadamente variable y estas variaciones son mayores, para las ondas métricas que para las centimétricas. Aquéllas se originan en la corona solar y éstas en la fotósfera. Estudios realizados en diferentes puntos de la superficie del disco, tanto por métodos interferométricos como durante los eclipses de sol, han permitido establecer inequívocamente que la radiación herziana se origina en todos los niveles fotosféricos, en la cromósfera superior y aún en la corona interior. Las observaciones de ocultaciones producidas por el sol han mostrado que su influencia se extiende por lo menos hasta 10 radios solares. Se supone que ello se debe a un efecto de turbulencia en la corona exterior.

El segundo programa que está en pleno desarrollo en el radioobservatorio de Maipú es el que operan conjuntamente la Universidad de Florida por intermedio de su Departamento de Física y la Universidad de Chile con su Observatorio Astronómico Nacional. Contactos directos establecidos hace casi dos años entre los Drs. A. G. Smith y T. D. Carr y el autor de estas líneas, permitieron delinear un plan de trabajo que obtuvo el apoyo moral de ambas universidades y la sustentación económica de la National Science Foundation que otorgó una subvención de 42 mil dólares para el financiamiento del programa en sus dos primeros años. Pero antes de entrar en detalles acerca de este proyecto bosquejemos brevemente cuándo y cómo nació la disciplina científica que nos preocupa y qué grandes, sustantivos descubrimientos tiene ya a su haber.

La radioastronomía —el más reciente y dramático de los capítulos de la astronomía— es un subproducto de la segunda guerra mundial. Corría el año 1931 cuando el ingeniero estadounidense, Jansky especialista en radiocomunicaciones, descubría accidentalmente que su receptor de onda corta captaba energía electromagnética de origen extraterrestre. Tanto las observaciones de éste como las de otro precursor, Reber, pasaron inadvertidas en los grandes centros de investigación. Pero el conflicto que luego convulsionó a la humanidad determinó progresos espectaculares en el campo de los descubrimientos científicos, entre ellos el radar. Terminada la contienda, las aplicaciones de esta poderosa arma bélica cambiaron de rumbo hacia fines pacíficos y un ejército de centenares, miles de expertos en la técnica del radar se volcó al estudio de las microondas en los laboratorios. En 1942 los ingleses ya habían detectado en sus instrumentos de recepción la presencia de ondas decimétricas y centimétricas originadas en el sol. En 1944 un pulso de radar era recibido de nuevo en el lugar de emisión como eco lunar después de un viaje de ida y vuelta a nuestro satélite de poco más de dos segundos de duración. En 1958 estos dos segundos alcanzaron a 300 cuando en el Instituto Tecnológico de Massachusetts se logró captar un eco de radar reflejado por la superficie de Venus a 45 millones de kilómetros de la tierra. A este propósito vale la pena recalcar que a raíz de esta experiencia, nuestra distancia al vecino planeta quedó determinada con un grado de exactitud cien veces superior al que pueden proporcionar los métodos indirectos de las astronomía clásica. Más aún, en el último Symposium de Radioastronomía celebrado en París en agosto de 1958, quedó establecida la virtual posibilidad de dibujar un mapa del relieve lunar, con un error probable de las cotas no superior a un kilómetro, mediante sondajes de radar realizados desde la Tierra.

Durante los últimos quince años la radioastronomía

ha alcanzado un desarrollo progresivo abrumador como consecuencia de los descubrimientos espectaculares que realizaban los investigadores ingleses, estadounidenses, australianos, holandeses, soviéticos, franceses, etc. En 1944, desde la Holanda acupada, el joven físico teórico Van de Hulst anunciaba que en el espectro electromagnético de la radiación originada en nuestra galaxia debía ser detectable la línea del hidrógeno neutro en la longitud de onda de 21 centímetros. Basaba sus especulaciones en el hecho de que en el átomo de hidrógeno el protón y el electrón de cargas eléctricas opuestas e iguales, además de girar el segundo en torno al primero, ambos tienen un rapidísimo movimiento de rotación en torno a sus ejes. Si esta rotación se realiza en el mismo sentido, se dice que los ejes son paralelos y se habla de ejes antiparalelos si el sentido es contrario. Ahora bien, el nivel energético del átomo neutro de hidrógeno cuyas partículas tienen ejes paralelos es ligeramente superior al del átomo con ejes antiparalelos. El decaimiento del estado de paralelismo al de antiparalelismo es un proceso espontáneo que se produce en el átomo una vez cada 11 millones de años. La cantidad de energía liberada en esta transición hiperfina es infima; de aquí que la radiación correspondiente esté en la gama de las hondas herzianas centimétricas. Las consideraciones anteriores explican de inmediato el por qué la línea de 21 cm. del hidrógeno neutro no ha sido nunca detectada en los laboratorios de física terrestre. Pero en las profundas vastedades de la Vía Láctea el 50% de la materia que constituye los brazos gigantescos de nuestra nebulosa espiral es hidrógeno neutro y aun cuando su densidad es del orden de un átomo por cada decena de centímetros cúbicos el número de átomos contenidos en las inmensidades de los espacios interestelares es inconmensurablemente grande. Así, a pesar de tratarse de una transición de tan largo periodo como 11 millones de años, el número de átomos envueltos en tan prodigioso proceso que incluye volúmenes de millones de millones de años-luz cúbicos, es suficientemente elevado para que las nubes de hidrógenos neutro que pululan en nuestra galaxia den una línea detectable en los 21 cm. Siete años después de su predicción teórica los instrumentos y las técnicas de recepción habían alcanzado tal grado de sensibilidad que, con pocos meses de diferencia y en forma independiente la captaron sucesivamente los radioastrónomos norteamericanos, holandeses y australianos. Hoy día, gracias a la famosa línea de los 21 cm. se han hecho sondajes en profundidad que han revelado las formas anatómicas de la Vía Láctea —en la cual el sol es una entre 200 mil millones de estrellas— con una exactitud y poder de penetración jamás imaginados de alcanzar con las herramientas tradicionales de la astronomía clásica.

Otros métodos de investigación que en ciertos casos han puesto en evidencia las ventajas enormes que ofrece el estudio del Universo a través de la ventana radial en vez de la óptica, han conducido a la identificación de la Nebulosa del Cangrejo, en la constelación del Toro —residuo actual de una catástrofe cósmica que hizo estallar una estrella convirtiéndola de la noche a la mañana en una supernova, explosión que fue observada por los astrónomos chinos en el año 1054— con una de las fuentes radiales más intensas del firmamento.

Otro descubrimiento sensacional lo proporcionó el objeto técnicamente conocido como A del Cisne. El telescopio gigante de 5 metros de diámetro de Monte Palomar lo capta como una mancha luminosa pequeñita después de una larga exposición de la placa fotográfica; pero se trata del caso único en la historia de la astronomía que registra la colisión frontal de dos nebulosas espirales que ocurre a una distancia de unos 250 millones de años-luz. ¡Y este objeto de dimensiones ópticas mínimas es la fuente de energía radial más intensa que conocemos! Es tal la potencia de este foco que un cálculo aritmético sencillo lo equipara al de un transmisor cuya potencia expresada en kilowats se indicaría por el dígito uno seguido de 33 ceros. El hombre todavía no ha construido radiotransmisores con una potencia superior a algunos centenares de kilowats. El choque de estos dos universos-islas conpuestos de centenares de miles de millones de estrellas cada uno y cuyas dimensiones se expresan por varias decenas de miles de años-luz durará algunos millones de años y la probabilidad de que dos estrellas cualesquiera choquen entre sí debe considerarse remota, tales son las distancias enormes que separan a las estrellas y las dimensiones modestas de éstas comparadas con aquéllas.

Un aspecto que incide en los trabajos que se están realizando en Maipú ocurrió en 1955 cuando dos radioastrónomos de la Carnegie Institution de Washington descubrieron, en forma accidental, violentísimas y esporádicas explosiones radioeléctricas que se originaban en el planeta Júpiter. Luego los radioastrónomos de la Universidad de Florida, en Gainesville, los Drs. Smith y Carr repitieron los experimentos de Washington, mejoraron las antenas y los equipos de recepción de las débiles señales jovianas —débiles por la cantidad infinitesimal de flujo radiante que llega a la Tierra; gigantescas por el caudal de energía puesto en juego en el planeta equivalente a la liberada en la explosión simultánea de varios miles de bombas atómicas— y así lograron obtener resultados importantes que se publicaron en las revistas astronómicas norteamericanas. A poco andar se convencieron de que las condiciones de ubicación de un radioobservatorio en la pequeña ciudad universitaria de Gainesville

estaban lejos de ser ideales. Mala posición geográfica: están a unos 30° al norte del ecuador en circunstancias que Júpiter culmina a casi 30° al sur. Largos meses del año están invalidados desde el punto de vista observacional por las violentas tempestades eléctricas que se suceden día a día. Todavía más, un intenso tráfico de automóviles aumentaba prohibitivamente las dificultades anteriores. Estas últimas fueron en gran parte obviadas trasladando el radioobservatorio a una finca agrícola de la Universidad de Florida en las afueras de Gainesville; pero las dos primeras causales continuaron haciendo estragos. Y así aparece Santiago en este cuadro geográfico, con Júpiter casi culminando en nuestro cenit, la cordillera de los Andes aislándonos de las violentas tormentas eléctricas estivales de la pampa argentina, con Gainesville y Maipú casi en el mismo meridiano lo que permitirá que las observaciones de Júpiter desde ambos lugares sean simultáneas y la Rinconada de Maipú aislada del "ruido" eléctrico santiaguino por un cordón de cerros casi circular que enmarca la hacienda con potreros planos como la palma de la mano en uno de los cuales se levanta una casita minúscula rodeada de radiotelescopios que osados pretenden interrogar a Júpiter y la Vía Láctea.

Los Drs. Smith y Carr acompañados de un ágil estudiante de ingeniería eléctrica de su Universidad, B. Staub, llegaron a Chile con una camioneta y 42 cajones de "mercadería" electronónica surtida que iba desde unos estupendos receptores de radio Collins hasta una larga escalera de tijera enteramente de magnesio para transportarla con el dedo meñique. Nos preocupamos activamente hasta de los más mínimos detalles de la vida vegetatitva del pequeño radioobservatorio y así los radioastrónomos norteamericanos, secundados por ingenieros, técnicos y obreros chilenos cumplieron la hazaña de levantar cuatro radiotelescopios en dos meses y medio del invierno recién pasado. Volverán a comienzos del proximo año cuando se inicie la temporada de culminaciones favorables de Júpiter que permitirán "escucharlo" simultáneamente desde Maipú y Gainesville.

El futuro programa de trabajo no sólo incluye recepción de explosiones provenientes de Júpiter, Saturno y otros planetas en 18 y 22 Mc/seg sino que se harán medidas polarimétricas de las ondas radiales que provienen de Júpiter y que indican que este planeta tiene un campo magnético propio considerablemente más intenso que el terrestre. Estas observaciones revisten especial interés para los físicos teóricos que admiten que el campo magnético es una propiedad inherente de toda masa en rotación. Estas observaciones se harán con una de las antenas contruídas en Maipú y operará en 28 Mc/seg.

De las observaciones radiales recientes de Júpiter se ha deducido que la atmósfera superior del planeta está ionizada tal como lo está la de la Tierra. Queda, sin embargo, el interrogante del por qué la densidad iónica está sujeta allá a marcadas fluctuaciones, presumiblemente como resultado de la variación de las manchas solares y por qué si la luz ultravioleta de origen solar es sólo una pequeñísima fracción de la que recibe la Tierra, los efectos ionizantes son comparables en ambos planetas. Se ha logrado determinar, además, el período de la rotación del cuerpo sólido de Júpiter que resulta ser de 9 horas 55 minutos 28.8 segundos basado en observaciones radioeléctricas, en circunstancias que el período determinado por métodos ópticos es considerablemente más incierto por las capas de nubes que obstruyen la visibilidad de la superficie del planeta. Finalmente, mareas producidas en las capas superiores de la atmósfera joviana por los cuatro satélites principales del planeta podrían, presumiblemente, alterar su opacidad a las ondas radiales. Hasta ahora esta es la explicación más plausible que permitiría explicar las periodicidades de varios días observadas en la recepción de explosiones radiales de Júpiter.

Boletín de la Universidad de Chile, N° 6 – 7, septiembre – octubre 1959