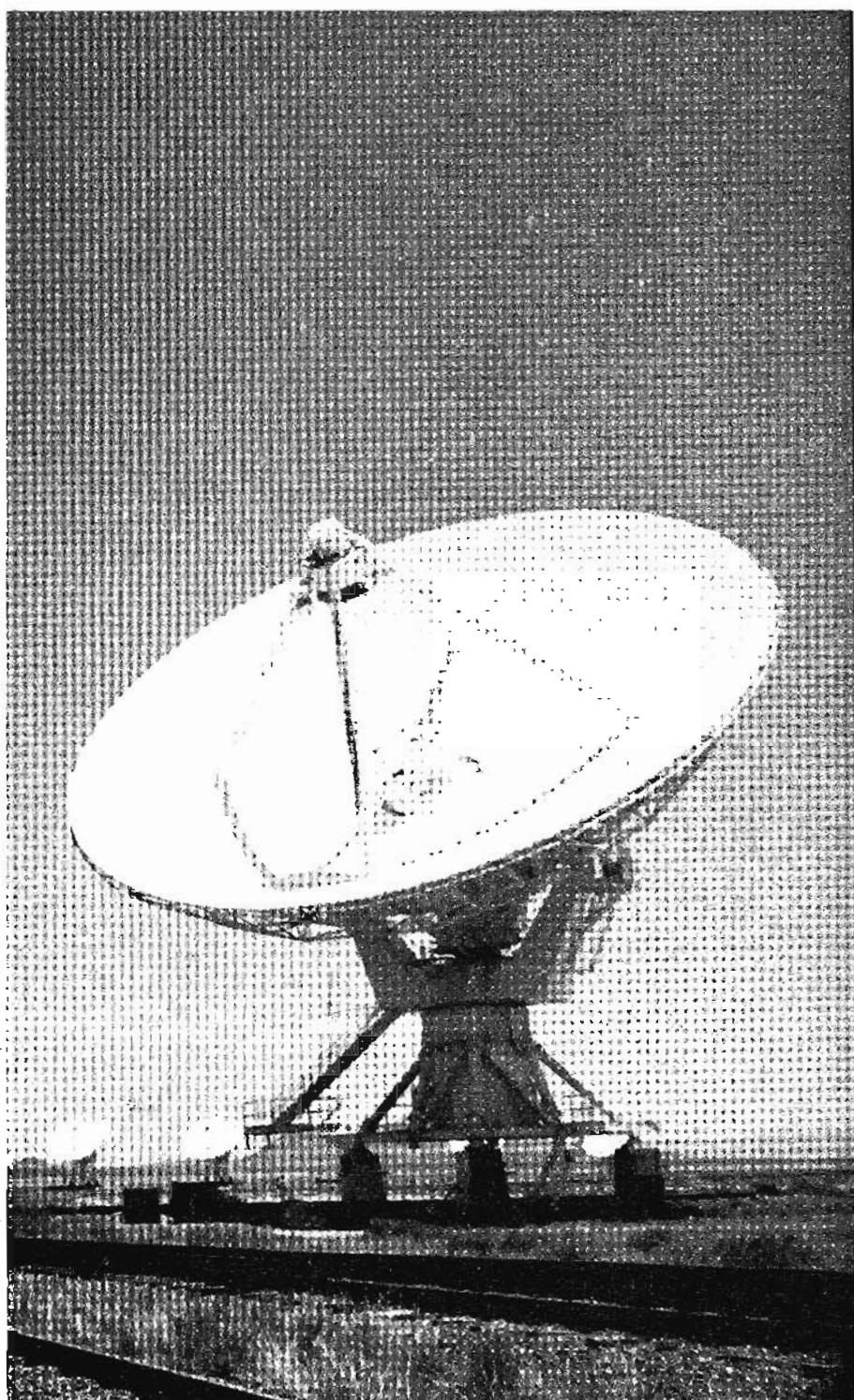


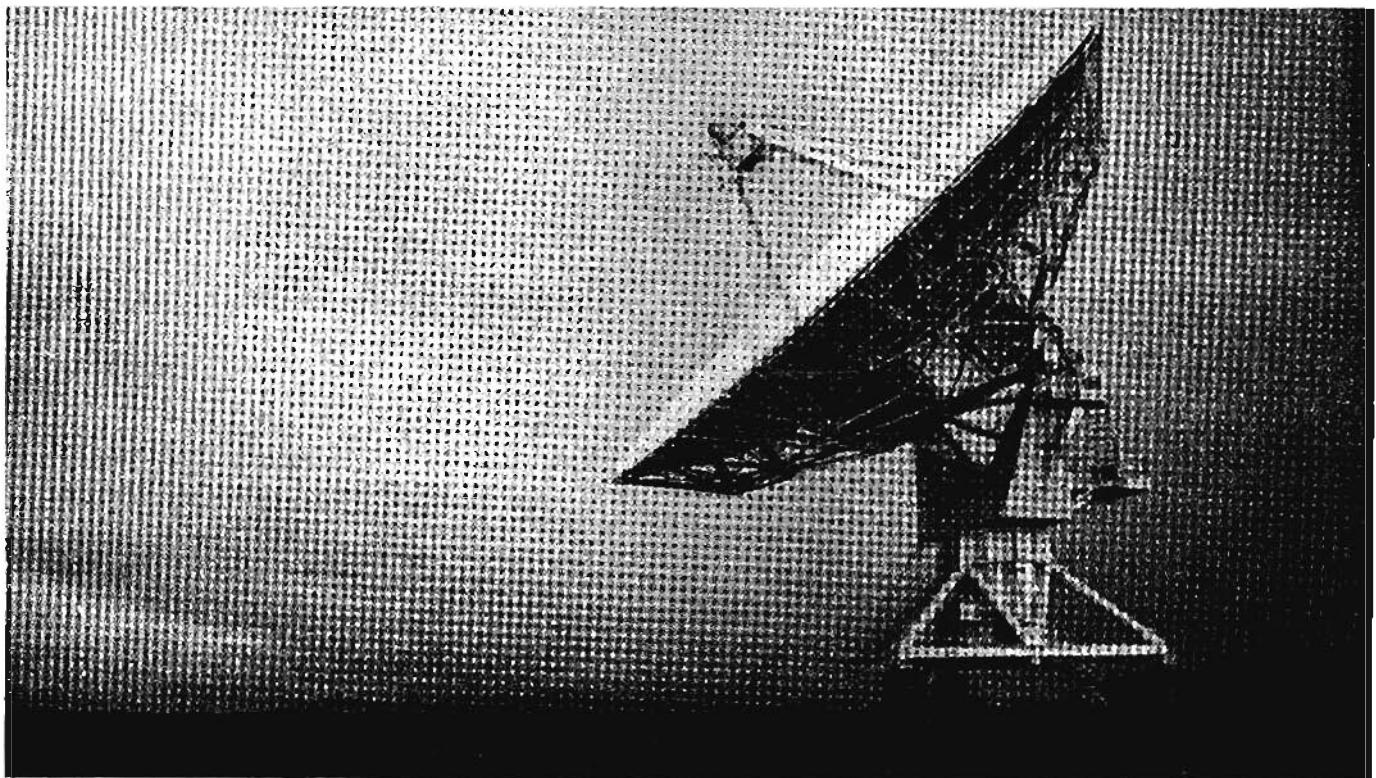
El radiotelescopio y la observación celeste

Eduardo Mendoza Torres*

Los secretos que guarda celosamente el Universo se han ido revelando poco a poco al ser humano. Gracias, en gran parte, al estudio y dedicación de hombres que intrigados por los fenómenos naturales y en su afán de explicarlos, hicieron cuidadosas observaciones o trataron de interpretarlos empleando diversos argumentos. Algunos científicos, apoyándose solamente en bases teóricas, descubrieron leyes de la naturaleza que en repetidos casos tuvieron que esperar muchos años para ser comprobadas observacionalmente. En otros casos se descubrieron fenómenos que no podían explicarse empleando alguna teoría de su época. También sucedió que al descubrirse un fenómeno cuya interpretación se podía dar a partir de una teoría ya desarrollada, faltara establecer adecuadamente la relación entre ambos (fenómeno observado y teoría). En algunos casos el lazo de unión entre la teoría y el fenómeno lo representaban ciertas condiciones cuya existencia no era evidente y debía ser comprobada mediante la observación.

Hace ya muchos años que el hombre dejó de ver el cielo sólo con admiración y respeto y comenzó a verlo, además, con la intención de entenderlo. Con la persistente observación de todo lo que le rodea, el hombre ha ido adquiriendo más y más conocimientos y al aumentar éstos, ha cambiado su concepto de las cosas. Así, la imagen de





sí mismo ha pasado de colocarse en el centro del Universo, a aceptar su lugar en la periferia de una más de las miles de millones de galaxias que habitan el Universo, aunque siga poblando su vida de preguntas: ¿es infinito el Universo?, ¿de dónde y cómo nació?

En el camino a la respuesta de estas y otras preguntas, se han podido rebasar muchas dudas, pero la disipación de éstas, plantea nuevas interrogantes. La respuesta a algunas de ellas la dan diversos modelos teóricos, pero la validez de un modelo debe también ser comprobada por ciertos resultados observacionales que sean compatibles con las características predichas por éste. Es decir, si las características predichas por el modelo difieren considerablemente de las observadas, entonces la respuesta de ese modelo no es correcta. Sin embargo, al comprobar que difieren considerablemente de las observadas debe tomarse en cuenta que tal diferencia parte de la información

que es capaz de proporcionar el instrumento de observación y, también, de la técnica empleada. Así que, para dar validez a uno u otro modelo se deben acumular una gran cantidad de datos del objeto de estudio que permitan conocerlo en detalle. Esto quiere decir que las observaciones deben ir mejorando de tal manera que ofrezcan cada vez mayores y más precisos rasgos del objeto.

En el presente siglo los adelantos en las técnicas de observación celeste han sido muchos y de considerable importancia. Dentro de estos avances se encuentran la invención del radiotelescopio y el desarrollo de la radioastronomía. En las últimas décadas la radioastronomía ha hecho interesantes descubrimientos, aportaciones que han estimulado el desarrollo de nuevos métodos de observación como, por ejemplo, la observación en frecuencias no ópticas, frecuencias del espectro electromagnético a las que el ojo humano no es sensible.

En la actualidad se siguen logrando hallazgos en estas regiones del espectro electromagnético y seguramente seguirán proporcionando más información hasta ahora desconocida. También han tenido grandes avances las técnicas de observación celeste en rayos X, ultravioleta, infrarrojas, así como en radiosfrecuencias. Pero veamos cómo nació la primera de las Astronomías cuya observación se realizó en frecuencias no ópticas.

El nacimiento de la radioastronomía

Paradójicamente el instrumento reconocido como el primer radiotelescopio no tenía como objetivo la observación del cielo mismo, pues su objetivo era encontrar el origen de la interferencia que en los primeros años de la radiocomunicación aparecía en señales enviadas desde estaciones lejanas. La compañía Teléfonos Bell, de Estados Unidos, tenía proyectado desarro-

llar la comunicación transoceánica por radioteléfono y necesitaba conocer el origen de la mencionada interferencia, que era debida principalmente a la presencia de un ruido continuo (a este ruido se le llama estática). Con ese objetivo la compañía de teléfonos comisionó al ingeniero de radio Karl G. Jansky para investigar el origen de la estática, quien construyó una antena (figura 1) con movimiento azimutal que podía operar en dos frecuencias: 20.5 MHz y 30 MHz.

Después de más de un año de observaciones, Jansky concluyó que el origen de la estática podía clasificarse de la siguiente manera:

- 1.- Ruido debido a tormentas eléctricas locales.
- 2.- Ruido debido a tormentas eléctricas lejanas.
- 3.- Ruido continuo de origen desconocido.

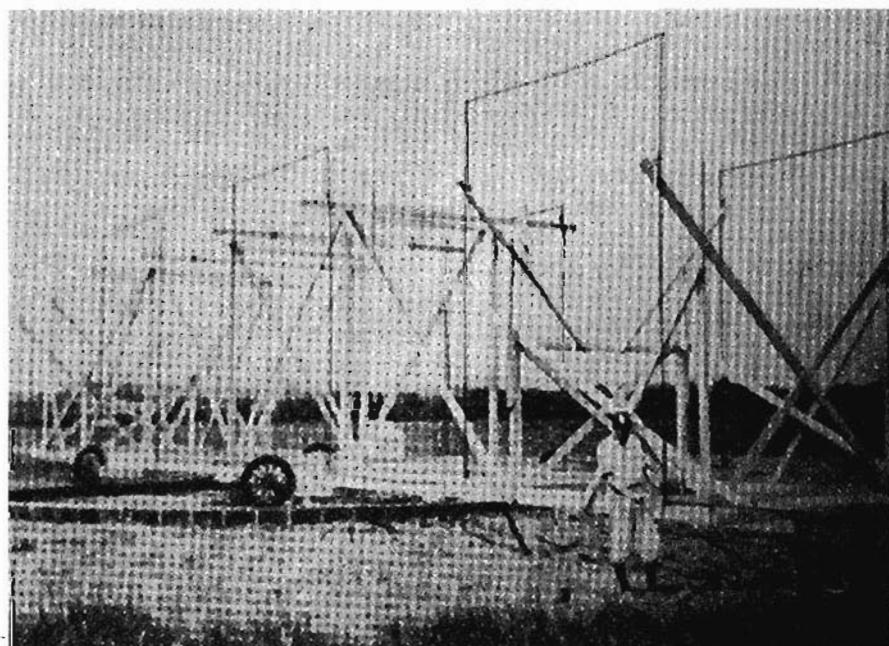
El ruido continuo de origen desconocido era similar al ruido producido por el receptor¹ pero distingüible del mismo y, además, mucho más débil que el ruido producido por las tormentas eléctricas; incluso, desde el punto de vista técnico, podía ser ignorado porque su aportación a la interferencia en las señales de radio pasaba casi inadvertida. Inicialmente Jansky no encontró explicación a la presencia de ese ruido y pudo haber dejado así el asunto, pues había alcanzado el objetivo de sus investigaciones, y ese ruido de origen desconocido no afectaba considerablemente la radiocomunicación. Pese a esto, Jansky decidió investigarlo más a fondo.

En sus observaciones Jansky había encontrado un máximo en la intensidad de ese ruido de origen desconocido que se repetía cada veinticuatro horas. Durante diciembre de 1931 dicho máximo apareció cuando el Sol se colocaba cerca de la dirección a la que apuntaba la antena. Jansky pensó que era en el Sol donde se originaba ese ruido, pero al continuar observando encontró que —en febrero de 1932— el máximo en intensidad ocurría aproximadamente una hora antes de que el Sol pasara cerca de la dirección a la que se dirigía la antena. Intuyó que esa diferencia se debía al cambio de posición del Sol en dirección Sur-Norte durante el tiempo transcurrido entre diciembre de 1931 y febrero de 1932. Entonces, en agosto del último año, observó un eclipse y al no encontrar variación, concluyó que no era el Sol el causante de dicho ruido.

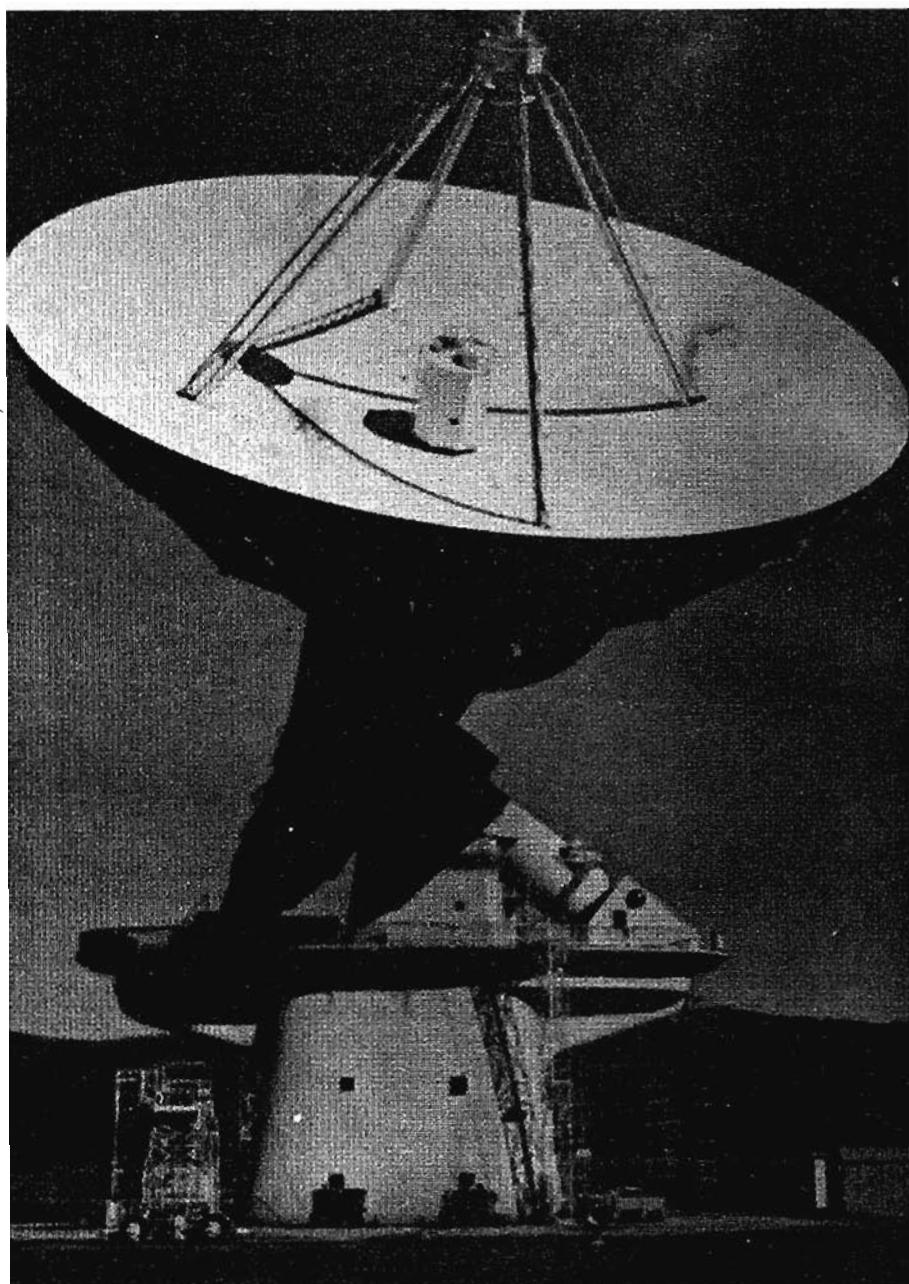
Posteriormente precisó el periodo de aparición de la intensidad máxima del ruido y encontró que no era de 24 horas sino de 23 horas con 56 minutos. Además, sa-

biendo las coordenadas a las que dirigía su antena, notó que el máximo se producía cuando la antena observaba el plano de la galaxia. Esto era congruente con el periodo que había encontrado, pues el plano de la galaxia pasaría enfrente de su antena en un periodo de 23 horas con 56 minutos (un día sideral) y no en el lapso de 24 horas (día solar).

Posteriormente, Jansky empleó otra antena con movimiento vertical y descubrió que, dirigida la antena hacia cualquier lugar del plano de la galaxia, se registraba un aumento en la señal; pero ese aumento era mayor al dirigir la antena hacia el centro de la galaxia. Estos últimos resultados los presentó con el título de "Perturbaciones aparentemente de origen extraterrestre" en una reunión de la Unión Científica Internacional de Radio (llevada a cabo en abril de 1933 en Washington). El mismo trabajo lo publicó el Instituto de Ingenieros de Radio en octubre de 1933. Jansky llamó al ruido estudiado "ruido cósmico de radio" y sabía que era de interés para la As-



¹ Las resistencias y otras componentes electrónicas del receptor, producen también ruido continuo. En cualquier receptor de radioondas (por ejemplo un radio o un televisor), este ruido es fácil de distinguir desconectando la antena o las antenas. Así, el ruido que se escuche seguramente es el que produce el instrumento mismo.



tronomía, e incluso lo comentó con Melvin Skellen, astrónomo que también trabajaba en la compañía Teléfonos Bell.

Desafortunadamente ese descubrimiento no fue tomado en cuenta por los astrónomos de la época. Por su parte, Jansky se dedicó a construir mejores receptores y diseñó mejores antenas, algunas de ellas dirigibles mediante dispositivos electrónicos, modelos que, por

falta de presupuesto, no pudo construir.

Otro persistente observador

No para todos quedó en el olvido el descubrimiento del "ruido cósmico de radio". Grote Reber, ingeniero de radio estadounidense, interesado por los resultados de Jansky, se propuso observar el cielo en frecuencias de radio. En 1937

construyó una antena, de acuerdo a un diseño propuesto por Jansky, que permite observar regiones de poca extensión angular.² Este tipo de antenas está constituido por una superficie parabólica y una base con la que se puede manipular la antena hacia diversas direcciones (como ejemplos están las antenas de las figuras 2, 3, 4, 6 y 7).

Reber creía que el ruido cósmico captado por Jansky se producía en las estrellas y era de origen térmico, por lo que debía ser más intenso en frecuencias mayores, de acuerdo a la ley de radiación de cuerpo negro descubierta por Max Planck. Entonces comenzó sus observaciones con una frecuencia de 3 300 MHz.

La radiación detectada por Jansky era de origen no térmico y contrariamente a la predicción de Reber no sería más fácil registrarla en la frecuencia que había elegido. Como consecuencia, sus resultados fueron negativos. En un nuevo intento cambió la frecuencia de observación a 910 MHz y al no obtener resultados positivos lo hizo a una frecuencia de 160 MHz, en la que finalmente captó radiación cósmica. Posteriormente hizo cuidadosas observaciones del cielo durante varios años y a partir de ellas trazó el primer mapa celeste en frecuencias de radio, publicado por la revista *Astrophysical Journal* en 1944.

Descubrimiento de radioondas de origen solar

Después de que a mediados del siglo XIX Maxwell diera a conocer su teoría electromagnética y H.

² La mínima extensión angular distingüible para un radiotelescopio está determinada por la frecuencia a la que observe y el diámetro de la antena. A esa extensión angular se le llama resolución (ϕ) y en radianes está dada por $\phi = \lambda D$ con λ = longitud de onda de la radiación y D = diámetro de la antena.

Hertz lograra producir ondas electromagnéticas mediante circuitos eléctricos (1888), muchos científicos vieron al Sol como una posible fuente de ondas electromagnéticas no ópticas, en particular de radioondas. Se hicieron muchos intentos de captar alguna señal en frecuencias de radio, por ejemplo: Tomás Alva Edison en 1890, Oliver Lodge en 1894, J. Wilsing y J. Sheiner en 1896 y Charles Nordmann en 1901, entre otros.

Pero en todos esos casos el equipo empleado no era capaz de percibir señales débiles y no registraron señal del Sol. Los últimos intentos se hicieron a principios de siglo y después casi se olvidó el asunto.

Durante la Segunda Guerra Mundial se descubrió el radar y el 26 de febrero de 1942 los radares ingleses registraron fuerte interferencia que persistía aún después de varias horas. Como era de esperarse, la idea que surgió en torno a ello fue que los alemanes la estaban produciendo. Entonces se encargó a Stanley Hey investigar el origen de la interferencia. Hey encontró que el ruido que interfería la señal de los radares no era producido por algún aparato enemigo sino por el Sol. En éste se observó un gran destello que, acertadamente, Hey asoció al ruido captado. Se había registrado lo que actualmente se llama "tormenta solar de ruido", que se produce en longitudes de onda decamétricas, entre 10 m y 100 m (correspondientes a frecuencias mayores a 30 MHz³ y menores a 300 MHz), y que puede durar varias horas e incluso días. Los radares operaban en un rango de frecuencias entre 55 MHz y 80 MHz, por lo que en todos ellos aparecía

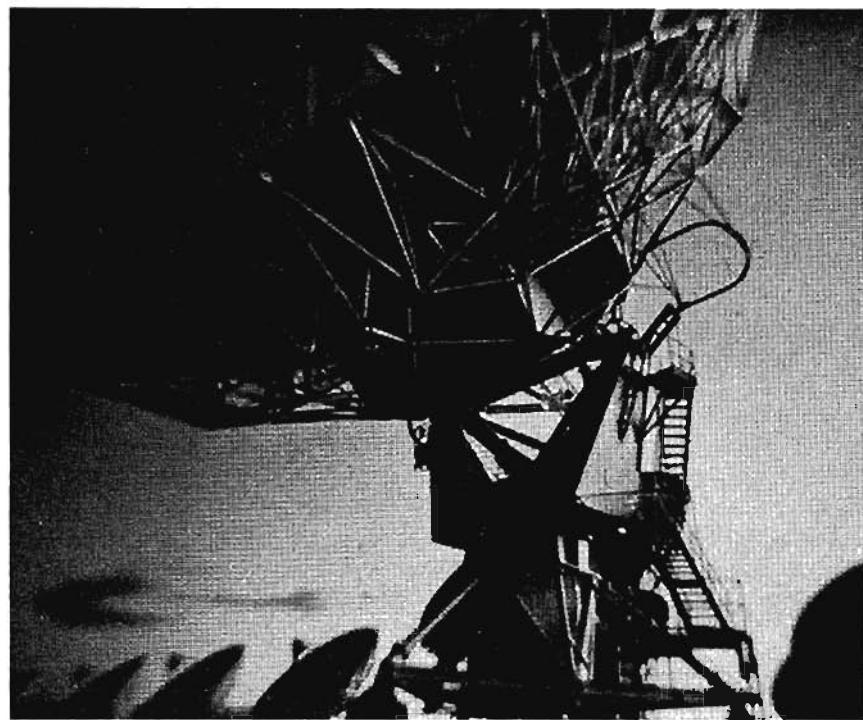
interferencia al dirigirlos hacia regiones cercanas al Sol.

Radioastronomía y nuevas áreas de la astronomía

Los resultados de Reber y Hey estimularon la observación astronómica en radiosfrecuencias y se consolidó así una nueva área de la astronomía, la radioastronomía, que

resultados obtenidos por observaciones en radio impulsaron el trabajo teórico e hicieron evidente la necesidad de experimentar en otras frecuencias del espectro electromagnético.

Para enfatizar lo anterior podemos plantear algunas preguntas a partir de los casos mencionados. Por ejemplo: Reber encontró que el ruido cósmico es de origen no



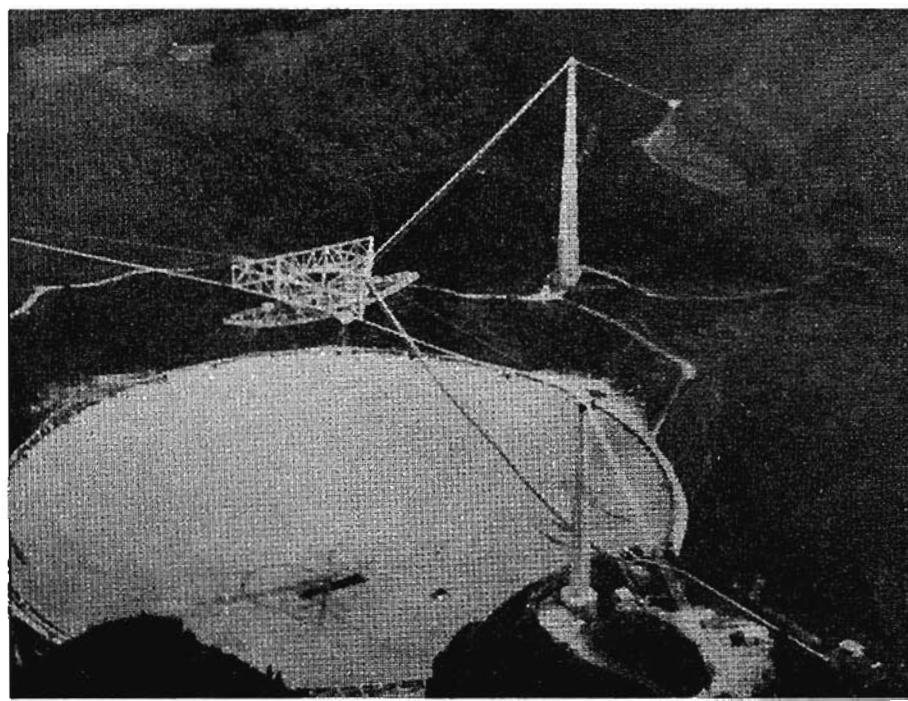
a su vez estimuló la observación astronómica en otras longitudes de onda no ópticas (como infrarrojos, en rayos X, etcétera).

Volviendo a los inicios de la radioastronomía se puede decir que el resultado de Jansky no fue fortuito, dado que él contaba con las técnicas de observación suficientes para asegurar que la estática de radio que estudió era de origen cósmico. Por otro lado, y en relación a esto, deben tenerse también las bases teóricas suficientes para responder acertadamente a las preguntas planteadas por resultados observacionales. En ese sentido, los

térmico, entonces, ¿qué mecanismo físico produce ese ruido? ¿Tiene ese mecanismo alguna relación con fenómenos observados en el visible? Si hubiera fenómenos no visibles relacionados al ruido cósmico, ¿se podría observar alguno de esos fenómenos en otra frecuencia distinta a las del visible?

Como segundo caso podemos ver el descubrimiento de Hey y preguntarnos: ¿Qué produce esas poderosas tormentas de ruido en el Sol? ¿Se producen por el mismo fenómeno que originó el destello observado ópticamente? ¿Habrá algún otro fenómeno relacionado con

³ En realidad estas tormentas sólo son visibles desde la Tierra a longitudes de onda menores a 40 m, pues a longitudes de onda mayores la atmósfera terrestre no es transparente.



los dos anteriores (destello y tormenta de ruido) que no sea observable ni ópticamente ni en frecuencias de radio?

La radioastronomía ha participado productivamente en el proceso observación-interpretación y además ha seguido aportando interesantes descubrimientos.

Las aportaciones de los radiotelescopios y la observación actual

Algunos de los descubrimientos radioastronómicos más sobresalientes, tales como los cuasares, los pulsares, los máseres, las radiogalaxias, la radiación fósil de 3°K,⁴ etcétera, se hicieron durante los años 60 y 70 (menos de 30 años de vida). Actualmente se observan diariamente muchos objetos celestes con decenas de radiotelescopios situados en diversos lugares de la superficie terrestre (Méjico cuenta

con un pequeño interferómetro instalado en Tonantzintla, Puebla, y actualmente el Instituto de Astronomía de la UNAM construye otro en Ciudad Universitaria, DF).

En un principio el diseño de los radiotelescopios, aun los más potentes, se basó en la construcción de platos parabólicos, como el de 43 m de diámetro de Green Bank, Estados Unidos (figura 2); el Mark I de Jodrell Bank, Inglaterra, de 76.2 m. de diámetro (figura 3) o el de Arecibo, Puerto Rico, de 300 m de diámetro (figura 4).

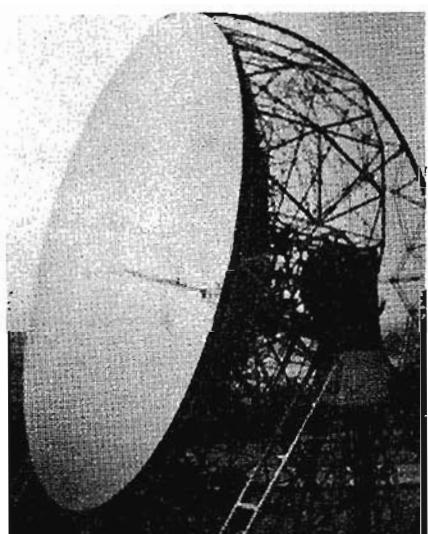
Otros modelos, como el de 300 m de Nancy, Francia o el de Rattan 600, en la URSS (figura 5) son sólo una fracción de una superficie parabólica. Ahora, la optimización de un radiotelescopio se basa principalmente en técnicas interferométricas⁵ y se han cons-

⁴ Esta radiación merece especial atención porque concuerda con una de las predicciones del modelo cosmológico de la gran explosión.

truido redes interferométricas hasta de varios kilómetros de longitud y distintas geometrías, como el interferómetro de Culgoora, Australia, constituido por 96 antenas parabólicas dispuestas en círculo, o el Very Large Array (VLA) de Nuevo México, Estados Unidos, formado por 27 antenas parabólicas colocadas a lo largo de tres ejes que forman una "Y" (figuras 6 y 7). Una de las más modernas técnicas interferométricas es la llamada VLBI, siglas en inglés de Very Long Baseline Interferometry (interferometría de base muy larga).

Este tipo de interferometría se hace con radiotelescopios separados por miles de kilómetros que observan simultáneamente hacia la misma dirección. Como ejemplo podemos citar el instalado en Holanda, Alemania Federal e Inglaterra, capaz de separar la señal de dos fuentes separadas angularmente unas cuantas milésimas de arco. Para darse una idea de lo que esto significa, veamos el siguiente caso.

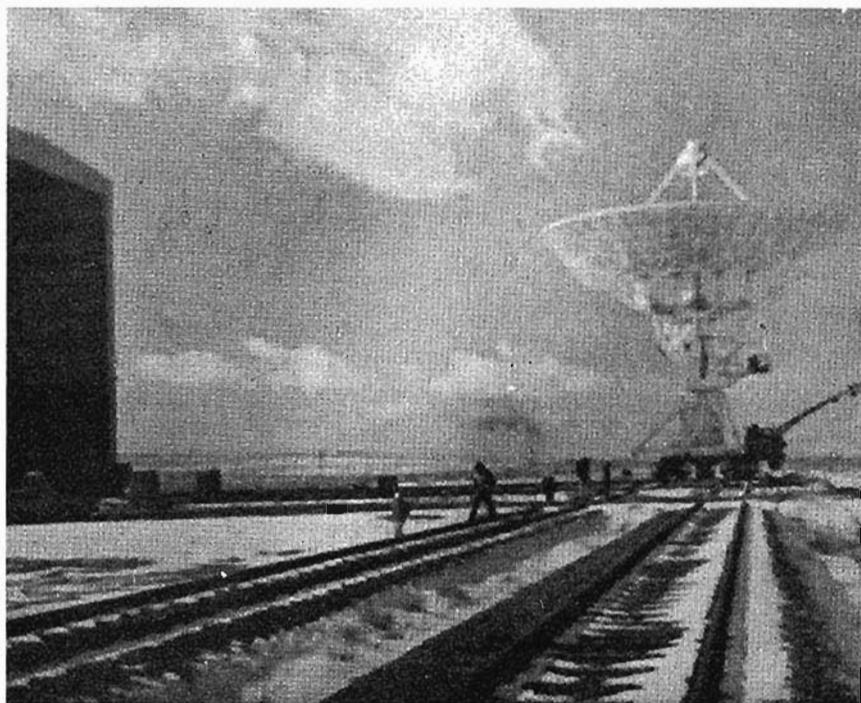
Si una persona pudiera distinguir dos objetos distantes angularmente diez milésimas de arco, podría distinguir a una distancia de 20 000 km la luz de dos focos separados un metro. Claro que esto actualmente es imposible y seguramente aun la persona de mejor vis-



ta, con el mejor telescopio óptico, no vería que la luz proviene de dos focos, sino distinguiría sólo un punto luminoso. Se debe tomar en cuenta, además, que la atmósfera terrestre no permite separar ópticamente la señal de dos objetos separados angularmente menos de cinco décimas de segundo de arco.

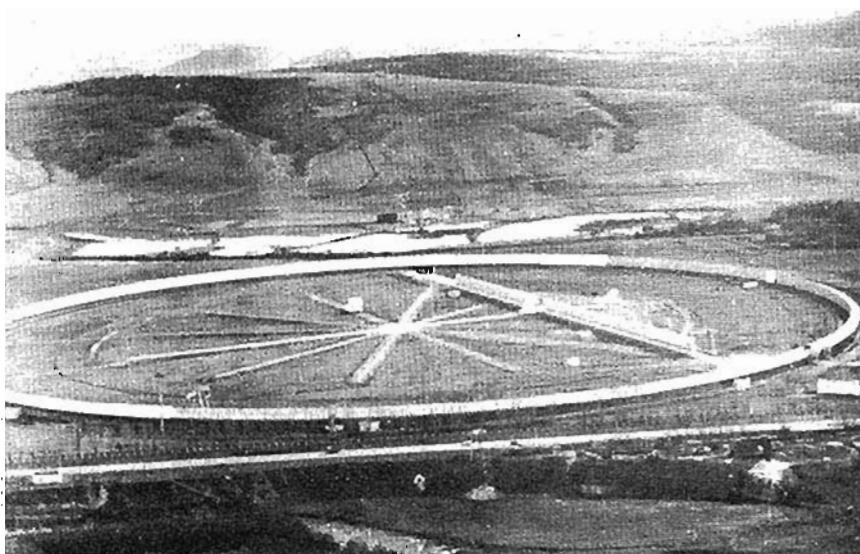
Por otro lado, como la atmósfera terrestre no permite la observación de objetos celestes en frecuencias bajas (menores a 75 MHz, es decir, longitudes de onda mayores a 40 m) se han enviado satélites equipados con instrumentos que observan a esas frecuencias en las que se ha estudiado principalmente un tipo de ráfagas solares llamadas explosiones Tipo III. Dentro de esos satélites podemos mencionar el Alouette-1, el Zond-3, el Venera-2 y el OGO-III, que han aportado valiosa información sobre los fenómenos solares.

Desafortunadamente algunos proyectos similares se han visto truncados por diversas causas, como el satélite lanzado en 1964 que



transportaba un radiotelescopio solar cuya antena era una larga cinta metálica que no se extendió como debía hacerlo ya estando en ór-

bita; además, el satélite adquirió un movimiento anómalo que finalmente produjo el fracaso del proyecto. Seguramente otros programas de observación correrán mejor suerte y conducirán a proyectar los resultados a niveles ahora inimaginables que ayudarán a despejar algunas de las muchas incógnitas que obstaculizan al hombre el entendimiento del universo.



Bibliografía

1. J.S. Hey, *The evolution of radio astronomy*, Science History Publications, 1973.
2. J.L. Steinberg y J. Lequux, *Radio Astronomy*, capítulo IV, Mc Graw Hill, 1963.
3. John D. Krauss, *Radio astronomy*, capítulos I y IV, Mc Graw Hill, 1966.
4. Alex G. Smith, *Radioexploración del Sol*, capítulo I, Editorial Reverté/Centro Regional de Ayuda Técnica, México-Buenos Aires, 1967.
5. K. Kellerman y B. Sheets, *Spectacular discoveries in radio astronomy*, NRAO, Green Bank, EU, 1983.
6. Bernard Lovell, *Conocimiento actual del universo*, Labor, 1975.