

GALILEOS DEL SIGLO XX

LUIS FELIPE RODRÍGUEZ JORGE

Miembro de El Colegio Nacional

Centro de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM

INTRODUCCIÓN

Cuando Galileo apuntó por primera vez un telescopio hacia los cielos, no sólo descubrió un buen número de fenómenos astronómicos hasta entonces desconocidos, sino que también consolidó un nuevo modo de hacer investigación científica. Este nuevo modo de interrogar a la Naturaleza, que la ciencia adoptaría de manera entusiasta, consistía en usar ya no sólo los sentidos humanos sino ayudarse con un instrumento, un dispositivo que extendía y amplificaba la potencia de nuestros sentidos mucho más allá de su capacidad normal.

El primer telescopio que Galileo construyó, siguiendo la información que le había llegado de Holanda, proporcionaba una magnificación de sólo tres (o sea que las cosas se veían tres veces más grandes que a simple vista). Pero para fines de 1609 le había hecho varias mejoras que permitían una magnificación de aproximadamente 20. Con esto logró ver cosas que el ojo desnudo simplemente no alcanza a discernir, como los cráteres de la Luna o los satélites de Júpiter.

Hasta la época de Galileo había habido muy poca actividad que pudiéramos considerar equivalente a lo que es la ciencia actual y cuando la había se había realizado sin ayuda de instrumentos equivalentes al telescopio. El trabajo de Vesalio sobre la anatomía humana se hizo a simple vista, durante autopsias y vivisecciones. Las observaciones del astrónomo danés Tycho eran también a simple vista, si bien él se asistía de cuadrantes (una especie de transportadores gigantes, para medir ángulos con precisión) y de tubos, aunque sin lentes o espejos. En este sentido, las observaciones de Tycho eran similares a las de las antiguas civilizaciones mesoamericanas, que no contaban con telescopios, pero que usando alineaciones naturales (detalles en cerros y montañas) y artificiales (estelas y edificios construidos para este propósito) lograron determinar con mucha precisión los ciclos de varios astros.

Unas décadas después de los descubrimientos de Galileo, el holandés Anton van Leeuwenhoek comenzó a utilizar el microscopio para descubrir las formas diminutas de vida que pululan en una gota de agua. Así, de manera complementaria, el telescopio y el microscopio permitieron el estudio del macrocosmos y del microcosmos, hasta entonces desconocidos al ser humano.

LAS OTRAS FORMAS DE LUZ

Lo que no sabían los pioneros en el uso del telescopio y del microscopio es que la luz, la forma de energía que ellos amplificaban con sus instrumentos, es sólo un componente de algo mucho más amplio, más general. La luz es parte del llamado espectro electromagnético, que incluye a otras formas de energía, o radiaciones como a veces se les dice, como las ondas de radio y los rayos X. Para aclarar

el significado del espectro electromagnético, usemos la analogía del sonido, que es también un fenómeno ondulatorio, como lo son las radiaciones del espectro electromagnético. El oído humano capta ondas sonoras que tienen frecuencias (número de picos de la onda que pasan por segundo por un punto fijo) entre 20 y 20,000 ciclos por segundo. A la unidad del ciclo por segundo se le conoce también como un Hertz, en reconocimiento a Heinrich Hertz, un físico que hizo grandes aportaciones al estudio de las ondas electromagnéticas, y que volveremos a mencionar más adelante. Un piano cubre de 27.5 Hertz (la primera tecla del extremo izquierdo) hasta 4,186 Hertz (la última tecla del extremo derecho). Todas estas notas las puede escuchar una persona con oído normal. Pero supongamos ahora un piano que se extiende infinitamente hacia la izquierda y hacia la derecha. Si tocamos teclas muy afuera del intervalo de un piano normal, nuestro oído ya no escuchará el sonido si éste tiene una frecuencia que cae fuera del intervalo de 20 a 20,000 Hertz.

Esta analogía nos sirve para entender al espectro electromagnético y al sentido de la vista. El ojo humano detecta sólo ondas electromagnéticas que tienen frecuencias en un cierto rango de valores, mucho más altas que las que caracterizan al oído. Estos valores son tan altos que tenemos que utilizar la notación exponencial, en la que 10^x significa un 1 seguido de x ceros. Así, el ojo capta ondas electromagnéticas con frecuencias que van de 400×10^{12} Hertz (que el ojo identifica con el color rojo) hasta 790×10^{12} Hertz (que el ojo identifica con el color violeta). Pero afuera de este rango de frecuencias (ver figura 1) hay otros "colores" que son invisibles al ojo humano pero que se pueden detectar con un instrumento adecuado. Además de la parte visible del espectro electromagnético, existen otras cinco ventanas: los rayos gama, los rayos X, el ultravioleta, el infrarrojo, y las ondas de radio.

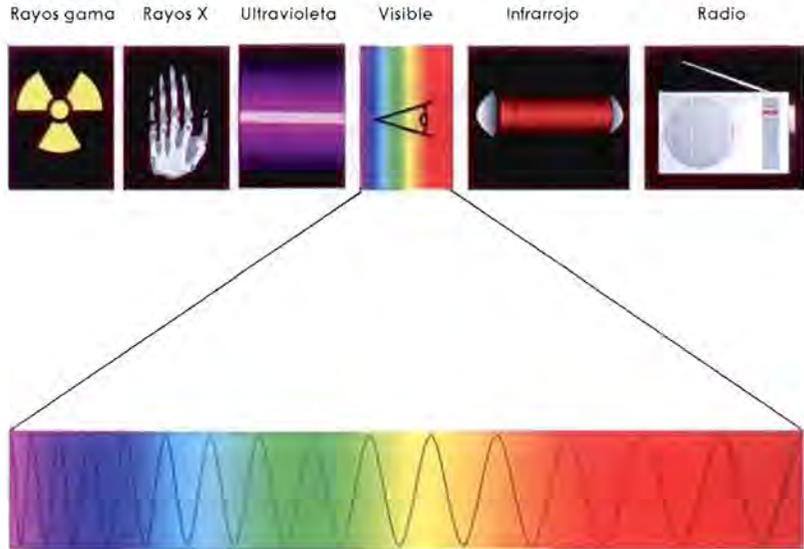


Figura 1

Las seis ventanas del espectro electromagnético: rayos gama, rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo y ondas de radio. La parte visible a su vez se muestra subdividida en los colores del arcoiris.

El descubrimiento de que la luz era parte de un fenómeno más general lo realizó desde el punto de vista teórico el físico escocés James Clerk Maxwell, quien en 1864 unificó a la electricidad y al magnetismo en el llamado electromagnetismo. Encontró que dentro de esta teoría era posible producir ondas electromagnéticas que se desprendían del cuerpo emisor (por ejemplo, el Sol) y que viajaban libres por el espacio. Todas las ondas electromagnéticas obedecen las cuatro leyes de Maxwell y se mueven en el vacío a la velocidad de la luz. Pero no las podemos detectar a todas con el mismo aparato (recordemos al ojo humano, que sólo ve a las ondas visibles). Es necesario construir aparatos especiales para detectar las radiaciones de cada ventana del espectro electromagnético. La comprobación experimental de la teoría de Maxwell la realizó

Heinrich Hertz en 1888, construyendo aparatos transmisores y receptores de ondas de radio (ver figura 2). Como mencionamos anteriormente, en su memoria se le llama un Hertz a la unidad del ciclo por segundo.

Hertz demostró que las ondas de radio se mueven a la velocidad de la luz, y que era posible lograr que los campos eléctricos y magnéticos se desprendieran de los alambres y viajaran libremente por el espacio en forma de ondas electromagnéticas. Cuentan que uno de sus estudiantes le preguntó sobre el posible uso práctico de su descubrimiento. Hertz contestó: "No sirve para nada. Es sólo un experimento que prueba que Maxwell, el maestro, estaba en lo correcto. Simplemente tenemos estas misteriosas ondas electromagnéticas que no podemos ver con el ojo. Pero ahí están". Hertz era un gran científico, pero obviamente no alcanzó a imaginar la gran utilidad y valor comercial que tendrían las ondas de radio.

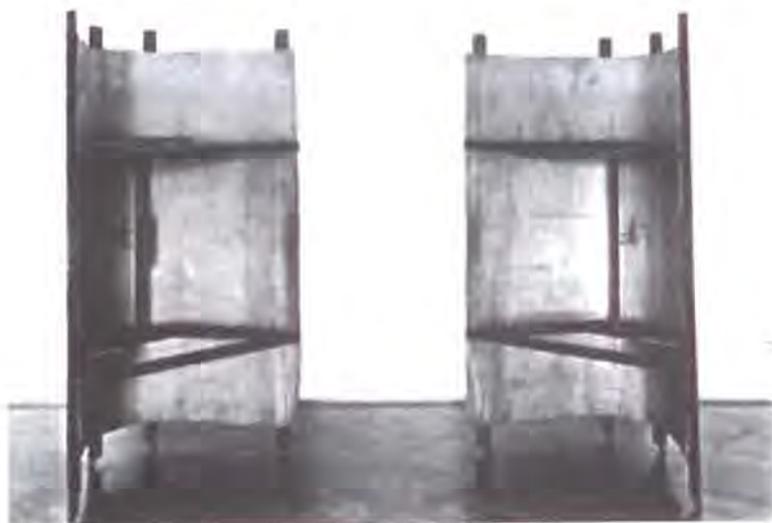


Figura 2
Los aparatos transmisor (izquierda) y receptor (derecha) con los que Hertz produjo y detectó ondas de radio por primera vez.

LA ESPECTROSCOPIA: SEPARANDO LA LUZ EN SUS COLORES COMPONENTES

Mientras Maxwell y Hertz descubrían que la luz es sólo una parte del espectro electromagnético, los físicos y astrónomos estudiaban en detalle la naturaleza de la luz visible. Desde épocas muy antiguas se sabe que es posible descomponer a la luz en los colores que la constituyen mediante un prisma, como lo hizo Newton para sus estudios de la luz y sus colores constituyentes. Al pasar por un prisma, los colores se desvían con distintos ángulos y es posible, de la luz blanca, crear un pequeño arcoiris (ver figura 3), que los astrónomos llamamos técnicamente un espectro.

Estos espectros de la luz visible traen mucha información del cuerpo que produjo la luz. Al estudio de la luz mediante estas técnicas se le conoce como la espectroscopia. Los científicos de la época de Maxwell encontraron, al

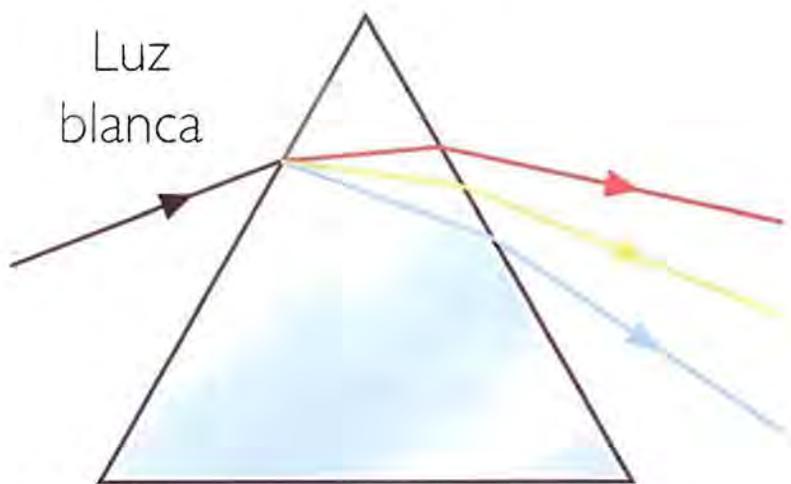


Figura 3
Al pasar por un prisma, los colores que constituyen a la luz blanca se desvían por distintos ángulos, formándose un pequeño arcoiris.

estudiar el espectro del Sol, que éste presentaba “rayas oscuras”, como se muestra en la figura 4. La presencia de estas rayas oscuras la producían elementos químicos como el calcio, el fierro, o el hidrógeno en la superficie del Sol. Con la espectroscopia se logró descubrir el helio en el Sol (¡antes que en la Tierra!) y pronto se podía hablar de la composición química de las lejanas estrellas con gran precisión. La espectroscopia le dio un nuevo giro a la astronomía: ya era posible no sólo hablar de la posición y forma de los cuerpos celestes, sino también de qué estaban hechos.

Pero durante varios siglos siguientes a la época de Galileo toda esta investigación se realizaba exclusivamente en la parte visible del espectro electromagnético.

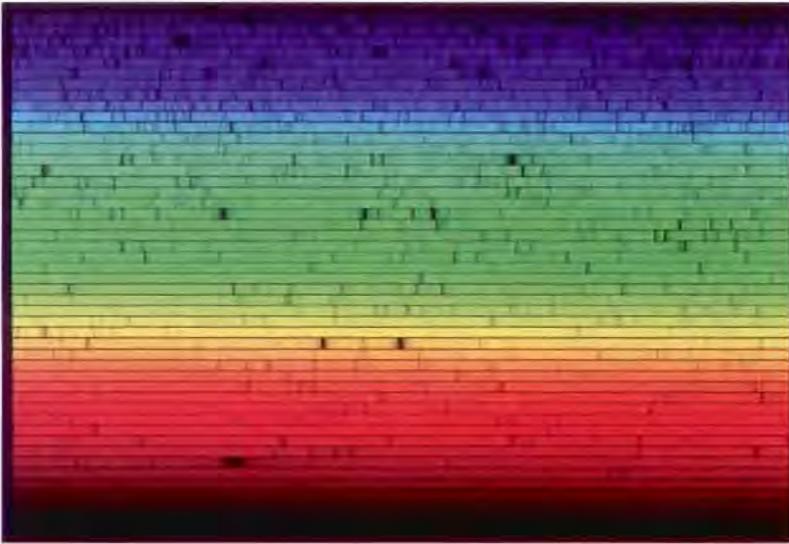


Figura 4

Un espectro moderno del Sol. Las partes oscuras nos indican la presencia de distintos elementos químicos en la superficie del Sol (Association of Universities for Research in Astronomy Inc., EUA).

¿Emitirán las estrellas otras ondas electromagnéticas además de la luz?

Con el mejor entendimiento del espectro electromagnético que se logró en el siglo XIX, varios científicos de principios del siglo XX comenzaron a preguntarse si no sería posible detectar del espacio ondas electromagnéticas que no fuesen luz visible. Experimentadores tan destacados como el inglés Oliver Lodge y el serbio Nikola Tesla construyeron receptores con el propósito de detectar ondas de radio provenientes del Cosmos, en concreto del Sol. Pero no tuvieron éxito y la primera detección de ondas electromagnéticas distintas a la luz y provenientes del espacio ocurrió de manera fortuita.

En 1928, un joven físico recién doctorado en la Universidad de Wisconsin de nombre Kart Jansky entró a trabajar a los importantes laboratorios Bell, en sus instalaciones de Cliffwood, New Jersey, en el noreste estadounidense. Su jefe lo puso a trabajar de inmediato en el problema de la molesta estática (los ruidos y chasquidos que se oyen cuando uno sintoniza el receptor de radio a una frecuencia a la que no hay estaciones y le sube al volumen) que se escucha en las bandas de radio. En aquel entonces los Laboratorios Bell eran la institución a cargo de la investigación de la Compañía de Teléfonos Bell, y uno de los problemas que estudiaban era entender la naturaleza de la estática que dificultaba las comunicaciones radiotelefónicas entre América y Europa. Obviamente, ésta era un área que entonces tenía un gran futuro comercial y había gran interés en dominarla tecnológicamente.

Para investigar el problema, Jansky construyó una antena con su sistema de recepción que captaba ondas electromagnéticas con frecuencia de 20 millones de Hertz (o 20 MegaHertz = 20 MHz, donde 1 MHz es igual a un millón

de Hertz). La frecuencia a la que trabajó Jansky cae entre las bandas que se dedican ahora a la radio AM (0.55 a 1.60 MHz) y a la radio FM (88 a 108 MHz). La antena de Jansky (ver figura 5) tenía una importante característica: estaba montada sobre una estructura que podía girar como un carrusel y que le daba la capacidad de apunte. O sea, Jansky podía determinar de qué región del horizonte provenían las señales que recibía. Pronto se dio cuenta de que una importante fuente de estática eran las tormentas eléctricas, tanto las cercanas como las lejanas. Todos hemos tenido, en efecto, la experiencia de que los relámpagos producen un ruido en nuestro receptor AM.

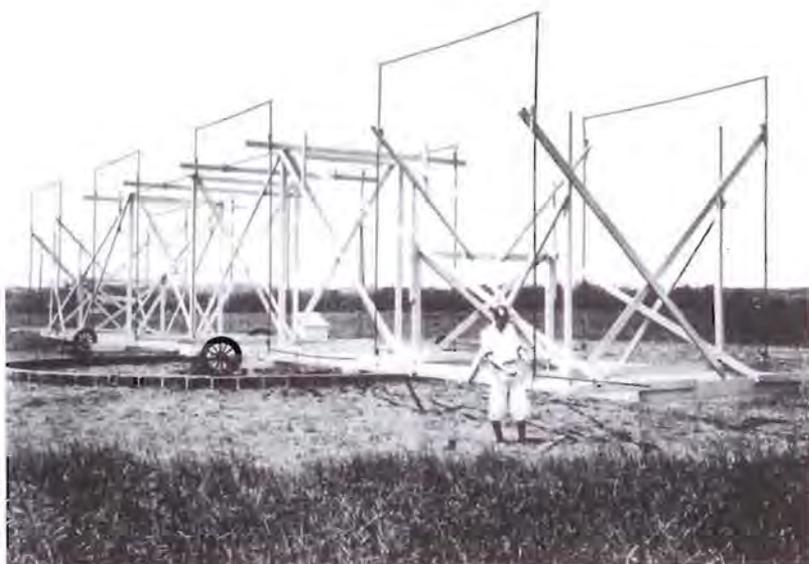


Figura 5

Karl Jansky junto a la antena que construyó para investigar el origen de la estática de radio (Nacional Radio Astronomy Observatory, EUA).

Pero además de esta interferencia de origen natural y terrestre, Jansky detectaba, como luego reportaría por escrito, “una estática constante, como un siseo, cuyo origen es desconocido”. Con la tenacidad que lo caracterizaba, Jansky continuó estudiando el problema hasta que pudo determinar que la misteriosa estática alcanzaba su mayor intensidad cuando su antena apuntaba a una cierta región en el cielo. Esta región era el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea.

¿Qué es la Vía Láctea? Nosotros vivimos en la Tierra, uno de los ocho planetas que orbitan alrededor del Sol. El Sol es una estrella más, como tantas que vemos en el cielo en una noche oscura. Junto con otras doscientas mil millones de estrellas (aproximadamente), el Sol forma parte de una estructura aplanada, con forma como de disco, de enormes dimensiones que llamamos la Galaxia. La banda lechosa que vemos en el cielo en las noches muy oscuras es el plano de nuestra Galaxia y se le conoce como la Vía Láctea (ver figura 6). El Sol está colocado cerca de la orilla de la Galaxia, y así como la Tierra tarda un año en completar una vuelta alrededor del Sol, el Sol y sus planetas acompañantes tardan alrededor de 200 millones de años en dar una vuelta alrededor del centro de la Galaxia. Era de esta región de donde Jansky recibía las señales más intensas.

REPORTANDO EL DESCUBRIMIENTO

Jansky reportó su descubrimiento el 27 de abril de 1933 en una ponencia titulada “Perturbaciones Eléctricas de Origen Aparentemente Extraterrestre” que presentó en una sesión de la Unión Internacional de Radiociencia en Washington. Si bien estos resultados no despertaron

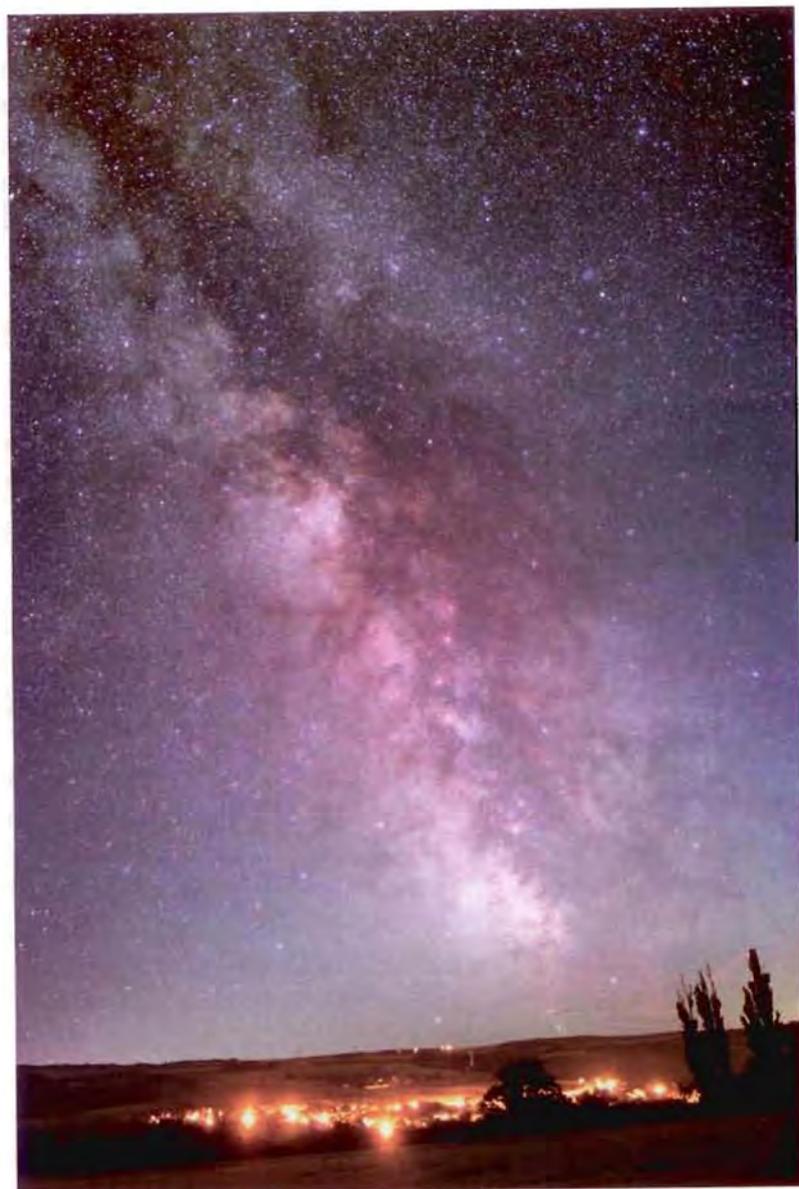


Figura 6

En una noche oscura de verano se puede apreciar una banda lechosa en el cielo, la Vía Láctea, que es el plano de la galaxia de la que formamos parte.

gran interés ahí (en una carta a su padre, Jansky se queja de que el auditorio estaba somnoliento), el departamento de prensa de los Laboratorios Bell preparó un resumen que hizo llegar a los más importantes periódicos, y así a los pocos días, el 5 de mayo de 1933, uno de los encabezados del *New York Times* decía “Ondas de Radio Provenientes del Centro de la Vía Láctea” seguido de un resumen del descubrimiento. Uno hubiera esperado que esta noticia despertara gran interés en la comunidad astronómica de la época, pero no fue este el caso. Los astrónomos de entonces estaban familiarizados con las propiedades de la luz, con los telescopios y las placas fotográficas, pero se sentían totalmente incómodos en un medio en el que se hablaba de ondas de radio, cables, antenas, y receptores. Además, por razones ajenas a su control, Jansky tuvo que abandonar esta área de investigación. A pesar de su insistencia en continuar trabajando en el problema de la “estática estelar”, su jefe lo puso a trabajar en otras cosas. Después de todo, Jansky ya había cumplido en identificar el origen de las distintas formas de estática que dificultaban las telecomunicaciones y su jefe pensó que no les correspondía a ellos, investigadores aplicados de una compañía telefónica en medio de la Gran Depresión, continuar dedicando recursos a un problema que tenía características de pertenecer a la ciencia básica. De cualquier manera, Jansky quedó como el iniciador accidental de la radioastronomía.

Es en el sentido que acabamos de explicar en el que podemos pensar en Jansky como un Galileo del siglo xx. Así como Galileo exploró por primera vez la luz que proviene de los cielos con su telescopio, Jansky exploró por primera vez las ondas de radio que provienen del espacio. Con la tecnología moderna es posible hacer con las ondas de radio todo lo que se hace con la luz; esto es imágenes y espectros. Después de todo, luz y ondas de radio son en

esencia lo mismo: ondas electromagnéticas. Tanto Galileo como Jansky aprovecharon la situación de encontrarse en un sitio en el que la tecnología disponible (los lentes en el caso de Galileo y la electrónica en el caso de Jansky) les permitió construir instrumentos únicos que potenciaron y ampliaron las posibilidades de sus sentidos.

LA CONTINUACIÓN DEL TRABAJO DE JANSKY

Correspondió a Grote Reber, un radioaficionado estadounidense, continuar con los estudios que Jansky había iniciado. Reber había leído la descripción que de sus observaciones había hecho Jansky en 1933 y quedó motivado para entender de qué se trataba. Para realizar sus estudios, Reber construyó en el patio de su casa en Wheaton, Illinois, un plato metálico de nueve metros de diámetro con el que se puso a estudiar los cielos (ver figura 7). La parábola metálica que Reber concluyó en 1937 es, por supuesto, la precursora tanto de las enormes parábolas que se usan ahora en la radioastronomía como de las parábolas comerciales de mucho menor tamaño que se usan para recibir canales de televisión vía satélite y que han proliferado en los techos de casas y edificios.

Reber confirmó y extendió los resultados de Jansky pero de nuevo hubo poca repercusión en la comunidad de astrónomos tradicionales. Iba a ser el desarrollo tecnológico del radar, propiciado por la Segunda Guerra Mundial, el que posteriormente impulsaría y consolidaría a la radioastronomía. El empleo militar intensivo de aviones y cohetes durante esta guerra hizo que el radar, como método de detección remota, adquiriese una importancia inusitada en la contienda.

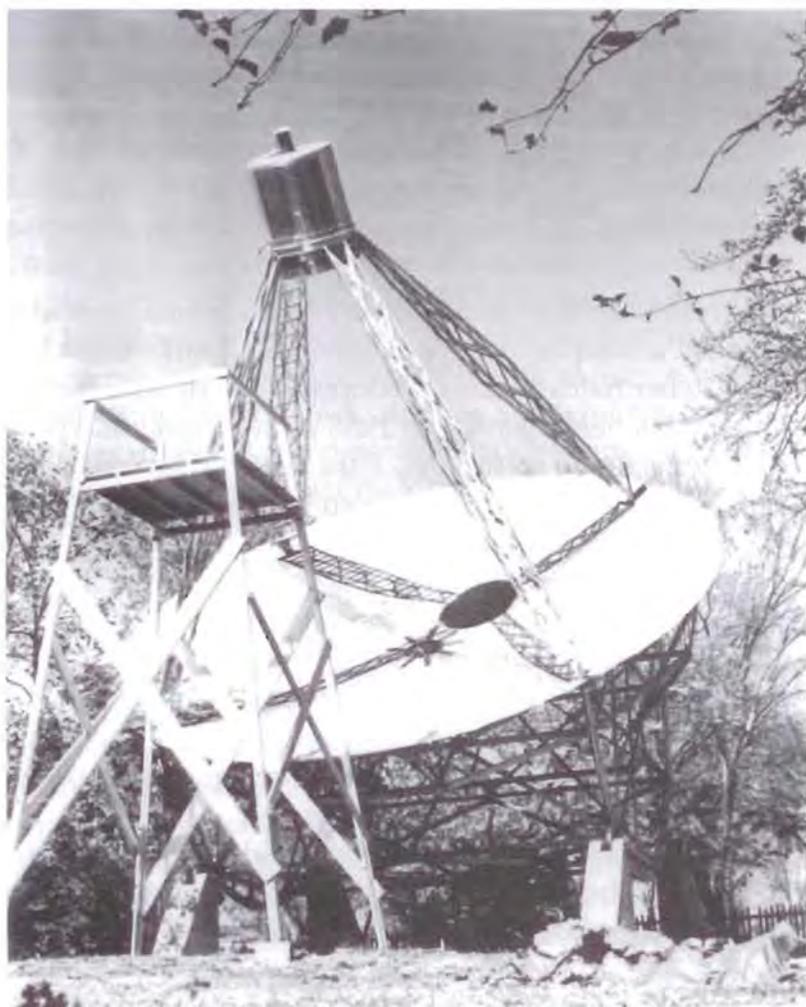


Figura 7

El radiotelescopio que Reber construyó en el patio de su casa para continuar los estudios de Jansky. Las modernas parábolas que se usan en radioastronomía y en telecomunicaciones se derivan de este diseño (National Radio Astronomy Observatory, EUA).

Durante los años de la guerra, el grupo del británico John S. Hey pudo descubrir que el Sol emitía ondas de radio. El descubrimiento ocurrió de manera fortuita. En dos ocasiones, separadas por dos semanas, los radares británicos se habían vuelto locos, como si estuviese ocurriendo un ataque aéreo masivo por parte de los alemanes. Pero no había un solo avión en el cielo. Hey pudo demostrar que los dos incidentes estaban relacionados con la aparición en la superficie del Sol de grandes manchas, que luego se pudo comprobar que emiten fuertemente ondas de radio.

Al final de la Segunda Guerra Mundial, con equipo de radar de desecho, grupos de investigadores en Inglaterra, Holanda, Australia, y Canadá, entre otros países, comenzaron a construir radiotelescopios y a refinar lo que Jansky y Reber habían iniciado. La radioastronomía se institucionalizaba.

Pronto quedó claro que, además del centro de la Vía Láctea y del Sol, había otros muchos objetos en el Universo que emitían ondas de radio, así como las estrellas emiten luz. En 1950, año de la muerte de Jansky, la radioastronomía se encontraba en buen camino, pero su actividad aún era incipiente. Sus grandes contribuciones estaban aún en el futuro (desde entonces se ha otorgado en cuatro ocasiones el Premio Nóbel de Física a investigaciones en radioastronomía). En la actualidad Jansky es reconocido como el padre de la radioastronomía y la unidad que mide la intensidad de las fuentes de radio cósmicas se llama, en su honor, el Jansky. Así, quizá es aún posible que una persona de nuestro tiempo logre perpetuar su nombre en una unidad de medida como en el pasado lo hicieron Watt, Volta o Gauss y también Jansky.

Galileo y Jansky fueron los pioneros en estudiar el cielo en la luz visible y las ondas de radio, respectivamente. Pero, además de las ondas de radio, el espectro electromagnético (ver figura 1) tiene otro lado, otro extremo respecto a la luz visible. Éste es el extremo de los rayos X y los rayos gamma. ¿Quién fue el primero en estudiar los cielos en estas bandas? A diferencia de los casos de la luz visible y las ondas de radio, en estas otras bandas el descubrimiento lo realizaron ya no individuos, sino más bien equipos de investigadores. Veamos ahora por qué, recordando la historia de la astronomía de rayos X.

Después de la Segunda Guerra Mundial y ante la evidencia de que había objetos en el espacio que emitían ondas de radio, hubo gran interés en comenzar a explorar astronómicamente las regiones de "altas energías" del espectro, ¿emitirían los astros también rayos X y rayos gamma? Del considerable conocimiento acumulado ya a principios del siglo XX quedaba claro que las estrellas más o menos normales como el Sol, no serían fuentes significativas de rayos X o gamma puesto que emiten prácticamente casi toda su energía en el infrarrojo, visible, y ultravioleta, en la parte central del espectro electromagnético. De entrada, era claro que para que hubiera una astronomía de altas energías, tendría que haber en el Universo astros de naturaleza distinta a los que hasta entonces se conocían.

Una limitante crucial al estudio del Universo en las otras bandas del espectro electromagnético es que la atmósfera es transparente (o sea, deja pasar) sólo a la luz, parte del infrarrojo, y a las ondas de radio, pero es opaca (o sea, no deja pasar) a las otras radiaciones. Entonces, no es fortuito que haya sido la radioastronomía la segunda astronomía en desarrollarse porque al igual que la astronomía visible, se puede realizar desde la superficie de la Tierra. Para ob-

servar al Universo en las otras radiaciones era necesario elevarse por encima del manto protector de nuestra atmósfera. Y decimos protector porque sería letal para la vida en la Tierra que radiaciones como los rayos X y los rayos gamma pudieran llegar a su superficie. La astrofísica de altas energías tuvo que esperar al desarrollo de la tecnología espacial para poder iniciarse.

En 1962, un grupo estadounidense encabezado por Riccardo Giacconi, Herbert Gursky, Frank Paolini, y Bruno Rossi envió un cohete que por unos minutos estuvo por encima de la atmósfera terrestre y que trataría de detectar rayos X provenientes de la Luna (ver figura 8). Estos investigadores habían supuesto que la Luna podría absorber y

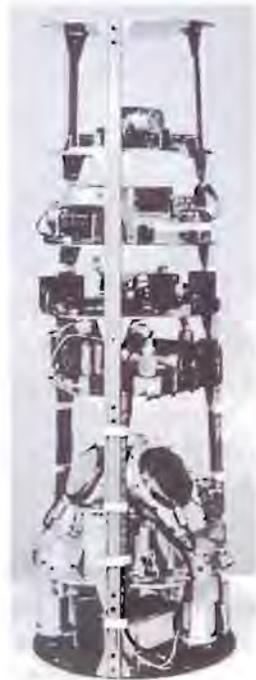


Figura 8
Detector de rayos X que Giacconi y sus colaboradores colocaron en un cohete para detectar la primera fuente de rayos X externa al Sistema Solar en 1962.

reemitir parte de los rayos X que le llegaban del Sol. Habíamos dicho que el Sol emite casi toda su energía en el infrarrojo, visible, y ultravioleta, pero también emite, aunque muy débilmente en las otras ventanas del espectro electromagnético, de modo que la expectativa de estos investigadores no estaba del todo infundada. Para su gran sorpresa, detectaron una fuente muy intensa de rayos X en la constelación del Escorpión, en una posición distinta a la de la Luna. Esta fuente era mucho más intensa de lo que esperaban que fuese la Luna. Más aún, el que mantuviera su posición fija en la bóveda celeste indicaba que posiblemente se encontraba fuera del Sistema Solar y esto quería decir que la fuente era lejana y por lo tanto intrínsecamente muy luminosa en los rayos X.

De hecho, si suponían que el objeto emisor de rayos X era una estrella colocada en el centro de nuestra Galaxia, resultaba ser cien millones de veces más intensa en los rayos X que nuestro Sol. En este sentido, podemos considerar al cuarteto formado por Giacconi, Gursky, Paolini y Rossi como otros Galileos del siglo XX, puesto que detectaron por primera vez una fuente de rayos X externa a nuestro Sistema Solar.

Varios grupos comenzaron a lanzar cohetes con detectores de rayos X, encontrando algunas nuevas fuentes, pero el verdadero alcance e importancia de la astronomía de rayos X sólo quedó clara con la construcción del primer satélite dedicado de rayos X, bajo el liderazgo de Giacconi. Este satélite fue puesto en órbita el 12 de diciembre de 1970 y se le bautizó con el nombre de UHURU. La misión del satélite UHURU duró poco más de dos años (pasado un cierto tiempo, los fluidos que lleva el satélite para distintos usos se agotan y la electrónica comienza a fallar y el satélite "muere" quedando en silenciosa órbita alrededor de la Tierra). Al final de su tiempo de servicio el UHURU había

producido un catálogo de más de 300 fuentes cósmicas de rayos X. De las fuentes detectadas, las más novedosas eran los llamados sistemas de estrellas binarias. Éstos son sistemas de dos estrellas que están atadas gravitacionalmente y que giran alrededor de su centro de masa en una danza cósmica. Lo interesante es que una de las estrellas ha “muerto” y se ha transformado en un hoyo negro. Parte del material de la estrella normal pasa al hoyo negro a través de un disco, que gira alrededor del hoyo negro. La emisión de rayos X proviene de gas en el disco que ha sido calentado por fricción a temperaturas enormes (ver figura 9).



Figura 9
Diagrama artístico de un sistema binario de rayos X. Gas de la estrella normal (en amarillo) pasa al hoyo negro a través de un disco (en azul) que se forma alrededor del hoyo negro. También se producen fenómenos de expulsión de gas en la forma de chorros perpendiculares al plano del disco.

En el año 2002, Riccardo Giacconi recibió el 50% del Premio Nóbel de Física por su papel en el descubrimiento y entendimiento de las fuentes cósmicas de rayos X. Muchos piensan que Bruno Rossi merecía haber compartido la distinción, pero Rossi había muerto años atrás, en 1993, y el Premio Nóbel no se entrega *post mortem*. En realidad, el Premio reconocía en este caso la labor de cientos, si no es que miles de técnicos, ingenieros, y astrónomos que creyeron en Giacconi y que trabajaron por décadas bajo su dirección en la construcción de enormes y costosos satélites, verdaderos observatorios en órbita, que permitieron esos descubrimientos. En este trabajo en equipo vemos otra tendencia de la ciencia moderna: si bien en el inicio de la astronomía visible y de la radioastronomía podemos identificar a un solo individuo (Galileo y Jansky, respectivamente) como iniciadores, en las áreas más modernas son ya grandes equipos de investigadores los que trabajan en coordinación.

En la actualidad existe investigación astronómica en todas las ventanas del espectro electromagnético y gracias a estos colores invisibles, sabemos que el Universo es mucho más diverso e interesante de lo que se creía hace unas décadas. Con el conocimiento cada vez más detallado de la radiación electromagnética que proviene del Cosmos, la astronomía comienza a volver los ojos a diferentes formas de energía, como los neutrinos y la radiación gravitacional para continuar avanzando en el entendimiento de nuestro Universo.

OTRAS FORMAS DE ENERGÍA

Si bien la radiación electromagnética ha sido el caballo de batalla de los astrónomos, primero en la parte visible y

luego en todo el espectro, hay otras formas de energía que nos llegan del espacio y que nos traen información muy valiosa.

Por un lado, tenemos a los llamados rayos cósmicos, partículas microscópicas (mayormente protones, electrones, y núcleos de helio) que son útiles, pero tienen la desventaja de que como poseen carga eléctrica se desvían por los campos magnéticos espaciales. Así, cuando captamos rayos cósmicos con algún aparato, normalmente ya se perdió la información sobre de qué punto en el cielo provienen. En su camino a nosotros, los rayos cósmicos sufren tantas desviaciones que su dirección de llegada nos dice poco de su dirección original de movimiento (en el caso de la radiación electromagnética ocurre lo contrario, la dirección original del rayo básicamente se preserva). La naturaleza de los rayos cósmicos se entendió por primera vez en 1921, cuando los experimentos realizados desde globos por Víctor Hess indicaron que provenían del espacio exterior y no de la misma Tierra. Hess recibió en 1936 el Premio Nóbel de Física por este descubrimiento. Es importante aclarar que si el rayo cósmico se mueve sumamente rápido, casi alcanzando la velocidad de la luz, la desviación que sufre es relativamente pequeña. Éste es el caso de los rayos cósmicos ultraenergéticos, cuya observación promete dar información sobre qué cuerpo cósmico en particular los produjo. Ya ha comenzado a dar resultados el proyecto Auger, con participación de muchos países, entre ellos México, para entender mejor de dónde provienen estos rayos cósmicos ultraenergéticos.

Otra forma de energía la constituyen los neutrinos. Los neutrinos son partículas que si bien tienen masa, no tienen carga (lo cual permite que viajen en línea recta sin ser desviados por los campos magnéticos que existen en el espacio interestelar). La desventaja que tienen es que son

muy elusivos, esto es, muy difíciles de detectar porque interactúan muy débilmente con la materia. Para ejemplificar esto sabemos que por segundo pasan a través de nuestro cuerpo del orden de mil billones de neutrinos sin que interactúen con él. En el transcurso de una vida humana, nuestro cuerpo sólo detendrá a unos cuantos neutrinos. Para detectar los neutrinos es necesario construir enormes depósitos de líquidos con millones de litros en los que se detectan unos cuantos neutrinos por día que vienen del Sol, así como los detectados el 23 de febrero de 1987 que se originaron en una supernova que explotó en las Nubes de Magallanes. Los neutrinos se producen en procesos termonucleares y nos traen información distinta a la que nos trae la radiación electromagnética. Estas detecciones fueron reconocidas con parte del premio Nóbel de Física de 2002 otorgado a Raymond Davis Jr. y a Masatoshi Koshiba, quienes compartieron la otra mitad del Premio también otorgado a Giacconi (ver arriba). A pesar de la naturaleza fantasmal de los neutrinos, los detectores de ellos son cada vez más sensitivos y seguramente jugarán un papel importante en la astronomía del futuro. Así, podemos pensar en Davis y Koshiba como otros Galileos del siglo XX.

¿Galileos del futuro?

¿Habrán más Galileos, en este caso del siglo XXI? Todo parece indicar que sí. La Teoría de la Relatividad General de Einstein predice la existencia de ondas gravitacionales, así como la teoría del electromagnetismo de Maxwell predijo la existencia de ondas electromagnéticas. La radiación gravitacional se produce cuando algún fenómeno astronómico “sacude” de manera muy violenta a una gran masa.

Por ejemplo, un fenómeno que se cree que produce grandes cantidades de radiación gravitacional sería la fusión de dos hoyos negros en el espacio. Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la relatividad general de Einstein. Nunca se les ha detectado directamente, aunque los estudios del llamado pulsar binario PSR1913+16 por Joseph Taylor y Russell Hulse indican de manera indirecta pero confiable que está perdiendo energía debido a que por sus acelerados movimientos orbitales emite ondas gravitacionales de acuerdo a lo que predice la teoría. Este descubrimiento les valió a Taylor y Hulse el Premio Nóbel de Física de 1993. En la actualidad se construyen en varios de los países desarrollados detectores de ondas gravitacionales que están diseñados para detectar de manera directa la radiación gravitacional (ver la figura 10). Si bien esta detec-



Figura 10.
Detector de ondas gravitacionales ubicado en el estado de Louisiana, en los EUA. Estos detectores no logran aún una detección de estas ondas (Proyecto LIGO, EUA).

ción directa aún no se ha dado, se espera que con la mejora en la sensibilidad de los detectores esto se logre pronto.

Será difícil señalar de manera individual a los Galileos del siglo XXI. Lo más seguro es que no será un solo individuo, sino enormes equipos de investigadores de entre los cuales cada vez será más difícil reconocer a un único líder, los que logren la detección de las ondas gravitacionales. Así, es posible que ya no se den más Galileos individuales en el futuro, con los grandes equipos de trabajo sustituyendo al lobo solitario de la ciencia.

ción directa aún no se ha dado, se espera que con la mejora en la sensibilidad de los detectores esto se logre pronto.

Será difícil señalar de manera individual a los Galileos del siglo XXI. Lo más seguro es que no será un solo individuo, sino enormes equipos de investigadores de entre los cuales cada vez será más difícil reconocer a un único líder, los que logren la detección de las ondas gravitacionales. Así, es posible que ya no se den más Galileos individuales en el futuro, con los grandes equipos de trabajo sustituyendo al lobo solitario de la ciencia.