

Tribuna de
Astronomía

Revista de Astronomía, Astrofísica
y Ciencias del Espacio

Nº 92/93. Julio/Agosto 93
750 Pts. (IVA incluido)

**BÚSQUEDA DE
INTELIGENCIA
EXTRATERRESTRE**

MAGNETISMO PLANETARIO



Estudios realizados en una variedad de disciplinas científicas están completando el panorama de nuestro conocimiento sobre la evolución cósmica y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1.- Los sistemas planetarios serían una regla más que una excepción. Los modelos sobre formación estelar predicen la aparición de planetas alrededor de las estrellas. De esta forma existirían solamente en la Vía Láctea, alrededor de 10^{20} planetas con las condiciones necesarias para el surgimiento de la vida.

2.- El origen y la evolución de la vida primitiva sobre la Tierra son explicables aparentemente en términos de las leyes de la Física y de la Química que operarían sobre ambientes planetarios primigenios.

3.- Las leyes de la Física y de la Química tienen validez universal. Los elementos que permitieron el desarrollo de la vida en la Tierra se hallan presente en todo el Universo.

4.- Aquellos factores de selección natural que favorecieron la evolución -en términos de la Teoría de Darwin/Wallace- y que determinaron el surgimiento de la inteligencia y luego la civilización, deberían estar presentes en aquellos planetas en los cuales la vida primitiva surgió.

5.- La evolución de la inteligencia determinaría la aparición de las civilizaciones tecnológicas.

Si se asume que dichas premisas son verdaderas se puede considerar que dentro de los 300.000 millones de estrellas que forman nuestra galaxia, muchas de ellas podrían albergar civilizaciones tecnológicas.


Los seres extraterrestres podrán tener una biología diferente, una cultura diferente y un lenguaje diferente, ¿cómo sería posible entonces, establecer contacto con ellos?, ¿existirá -como pregunta Carl Sagan- algún tipo de «Piedra Roseta Cósmica»? La posible respuesta a este interrogante se encuentra, tal vez, dentro del lenguaje común llamado «Ciencia».

Las leyes de la naturaleza son iguales en todas partes. Las fuerzas de gravedad que hicieron caer la manzana de Newton, o que regulan las órbitas de los satélites artificiales y de la Luna alrededor de la Tierra, son las mismas que hacen girar los planetas alrededor del Sol, o las que producen la interacción de miles de estrellas en un cúmulo globular, o las que permiten que algunas galaxias satélites giren alrededor de otras galaxias más masivas. Por otro lado, cada elemento químico tiene una firma específica característica dentro del espectro electromagnético. Así es que hay configuraciones idénticas en la llama de una vela en la Tierra y en la luz de un cuásar a 15.000 millones de años luz de nuestro planeta.

Los espectros no sólo demuestran que en el Universo existen las mismas especies químicas, sino que también las mismas leyes físicas gobiernan los átomos en todas partes. En cualquier mundo, las criaturas deben afrontar las mismas leyes de la naturaleza. Tarde o temprano los seres inteligentes las comprenderán.

Entonces el hecho de compartir un Universo regido por las mismas leyes de la naturaleza debería resultarnos de alguna utilidad para poder diseñar una estrategia razonable, para interactuar o comunicarnos, con las otras posibles civilizaciones galácticas que hayan sabido interpretar estas leyes.

BÚSQUEDA INTELIGENCIA EXTRATERRESTRE



Desde que el hombre puso su mirada en el cielo, se vio invadido por una creciente necesidad de rasgar los velos de los misterios que éste oculta.

Cuando el 12 de octubre de 1990 se apuntó una de las antenas del Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), hacia la Constelación de la Cruz del Sur, la humanidad se encontró de nuevo en condiciones de intentar responder a la incógnita de si nos encontramos solos en el Universo. Desde entonces dos radiotelescopios, uno en el hemisferio norte y otro en el sur, investigan la posible presencia de otros seres inteligentes en el Cosmos.

A DE ICIA RESTRE

GUILLERMO A. LÉMARCHANT*

Para establecer contacto con otra civilización, debemos buscar un medio que sea económico (midiendo los costos en términos de cantidades de energía, para hacerlos, en cierta forma, universales); que nos permita transmitir o recibir gran cantidad de información; debe ser veloz, para que sea posible un diálogo interestelar; y deberá ser evidente, para que cualquier civilización tecnológica, sin perjuicio de su línea de desarrollo lo descubriese pronto; sorprendentemente ese medio existe: las ondas electromagnéticas.

Aunque nadie puede dudar de la excitación que produciría una visita a otro mundo habitado, el mayor beneficio de dicha visita provendría de las comunicaciones establecidas. Philip Morrison estimó que todo lo que conocemos de la antigua civilización Griega es de alrededor de 10^{10} bits¹ de información y sugirió que se denomine a esta cantidad un **Hellas**. Nuestro problema se reduce entonces a recibir y enviar no toneladas de metal, sino alrededor de 100 **Hellas** de información, la cual sería mucho menos costosa y más beneficiosa.

Las formas de interacción que permite la naturaleza a través de grandes distancias están dadas por la transmisión de materia o energía. Para facilitar el diálogo interestelar y optimizar los recursos energéticos de la civilización, ésta debe cumplir los siguientes requisitos:

1º El número de partículas recibidas debe exceder significativamente a las cuentas de la radiación de fondo.

2º La señal deberá exhibir alguna propiedad que la diferencie del resto de las fuentes naturales.

Además la civilización transmisora deberá verificar que el tipo de radiación utilizada cumpla con los siguiente requisitos:

3º Que optimice la cantidad de energía radiada.

4º Que no sea absorbida por el medio interestelar o las atmósferas planetarias.

5º Que no sea desviada por los campos magnéticos galácticos.

6º Que permita una generación y detección eficiente.

7º Que viaje tan veloz como sea posible.

Este tipo de requerimientos excluyen a la consideración de cualquier partícula que no tenga masa en reposo nula. La energía cinética de un electrón que viaje al 50% de la velocidad de la luz requeriría 10^8 veces más energía que un fotón de $\nu = 150 \text{ GHz}^2$. Por estas razones, según nuestro entendimiento de las leyes físicas, las ondas electromagnéticas constituyen el método más eficiente para establecer contacto interestelar.

De todas las partículas conocidas, los fotones son los más rápidos y fáciles de generar, y se pueden localizar y capturar. Además, éstos no son desviados, en gran medida, por el medio interestelar.

Si se pretende establecer contacto con una civilización galáctica, se deberá buscar la manera en que la señal que se emita se haga evidente a la civilización receptora. En este sentido el primer gran inconveniente que tenemos es tratar de

1. Un bit es una señal que se manifiesta en dos posibles estados: sí o no, encendido o apagado, punto o raya, etc. Con cadenas de bits y cierta clave, se puede obtener un "alfabeto", que nos permitiría hacer comprensible la transmisión, recepción o interpretación de nuestra información para otra civilización.

2. $1 \text{ GHz} = 1.000.000.000 \text{ Hz}$ o ciclos/segundo.

distinguir entre una señal originada en forma artificial de otra generada por una fuente natural (estrellas, galaxias, moléculas en el medio interestelar, cuásares, púlsares, etc.).

Una de las características que permitiría determinar el origen «inteligente» de una señal electromagnética podría ser el carácter particularmente estrecho de su espectro, es decir su monocromaticidad. Estudios realizados en 1978 por F. Drake y G. Helou y más recientemente por Cordes y Lazio, determinaron que los plasmas turbulentos y las partículas de gas y polvo del medio interestelar dispersan las señales que lo atraviesan, produciendo un ensanchamiento en las mismas. Por lo tanto, si una señal es emitida desde una fuente E con una dispersión espectral prácticamente nula (es decir casi totalmente monocromática) llegará a R (planeta receptor) con una dispersión espectral entre 0,01 y 0,1 Hz (dejaron de ser tan monocromáticas) para aquellas fuentes que estuvieran separadas por distancias comprendidas entre 4 y 400 años luz.

No se han descubierto aún fenómenos en la naturaleza que generen señales con los anchos espectrales mencionados. Por ejemplo, los máseres cósmicos³ más estrechos que se conocen actualmente tienen anchos que oscilan en alrededor de 500 Hz. Podemos confiar, entonces, en que una señal inteligente caracterizada por su monocromaticidad no se confundirá con la emisión de una fuente natural. Si así no fuera, sería porque nos habríamos encontrado con algún fenómeno físico aún desconocido.

Debemos considerar ahora cuáles son las frecuencias del espectro óptimas para establecer un enlace interestelar.

Imaginemos la existencia de una estación de FM que nos han aconsejado escuchar, pero cuyo lugar en el dial desconocemos. Lo que haremos, obviamente, es mover éste último hasta que nuestro receptor se sintonice con la frecuencia en que la estación está transmitiendo. Pero cuando hacemos la extrapolación a nuestro «dial cósmico», sucede que éste, tan sólo en la región de microondas del espectro electromagnético, abarcaría a 50.000 diales de receptores de FM juntos...

Con el objeto de encontrar alguna ventana de frecuencias en las que pueda esperarse un mínimo de interferencias, analicemos también las señales que registraría un instrumento que explorara el espacio desde cualquier punto de nuestra

3. Objetos astronómicos que radian casi monocromáticamente debido a la emisión estimulada de fotones. Tienen el mismo mecanismo de funcionamiento físico que los láser, pero operan en la región de microondas.

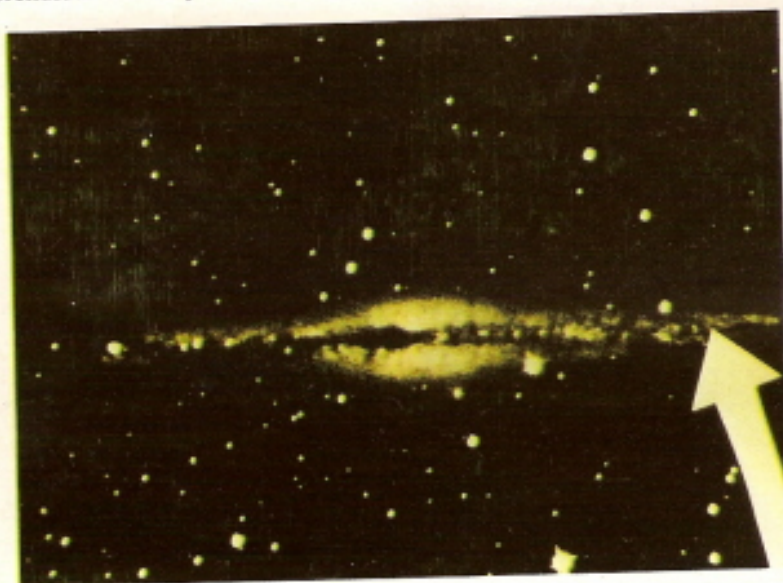
galaxia. La figura de la página 15 ilustra sobre esta cuestión. A frecuencias menores que 1 GHz (10^9 Hz) existen fuentes de origen galáctico no térmico⁴ que son muy intensas. A frecuencias mayores de 100 GHz aparece el ruido cuántico, el fondo irreducible y de intensidad creciente con la frecuencia que posee todo sistema receptor electrónico. La ventana buscada podría encontrarse, entonces entre 1 y 100 GHz y ha de observarse que si quisiéramos explorar toda esta parte del espectro con la resolución espectral óptima de 0,1 Hz, necesitaríamos un espectrómetro con aproximadamente un billón de frecuencias distintas. Pero debemos señalar que debido a la absorción de radiación que produce la atmósfera terrestre para las distintas frecuencias del espectro electromagnético, solo es posible observar desde la superficie de la Tierra las frecuencias comprendidas entre 1 y 10 GHz.

Pensemos ahora en el problema de elegir correctamente aquellas frecuencias del espectro que sean óptimas para establecer un enlace interestelar. Como vimos, para observar todo el «dial cósmico» desde la superficie de la Tierra se necesitaría un receptor que escuche más de 100.000.000.000 de estaciones simultáneamente. Este hecho hace que se nos complique notablemente el problema, ya que aún no tenemos la tecnología necesaria para poder observar tantas frecuencias al mismo tiempo con la resolución espectral necesaria como para distinguirla de las fuentes naturales. Sin embargo, como describimos al principio, nosotros compartimos las mismas leyes de la naturaleza. ¿No existirá, entonces, algún criterio que nos permita acotar el número de frecuencias? ¿No habrá alguna estación de «FM galáctica» que esté «en onda» para las civilizaciones inteligentes de la Vía Láctea? ¿Podrá decirnos la ciencia cómo escucharla?

En 1959 Giuseppe Cocconi y Philip Morrison propusieron sintonizar esta «Estación Galáctica» en la frecuencia de 1420 Mhz, correspondiente a la línea espectral del hidrógeno neutro, elemento más abundante del Universo. Esta frecuencia, además, se encuentra en el agujero del agua⁵ y por aquél

4. Es decir, que los mecanismos de radiación no están relacionados con su temperatura. Al mecanismo que lo genera se le denomina "radiación sincrotrónica", que consiste en la emisión de fotones causada por la aceleración de partículas cargadas (electrones y núcleos de átomos ionizados) alrededor de campos magnéticos.

5. Nombre utilizado en Radioastronomía para indicar aquella región del espectro de radioondas que va de la línea espectral del hidrógeno neutro (H), de 21 cm de longitud de onda, hasta la línea espectral del radical oxhidrilo (OH), de 18 cm de longitud de onda. Como es conocido, de la unión de H y OH se forma la molécula del agua.



Nuestra galaxia, La Vía Láctea, es un conglomerado de entre 300 y 500 mil millones de estrellas. Vista de perfil tendría un aspecto muy semejante al de esta fotografía. La flecha indica la posición de nuestro Sistema Solar con respecto al resto de las estrellas. La distancia entre el Sol y el centro de la galaxia es de aproximadamente 30.000 años luz. Los científicos estiman que existirían alrededor de 10.000.000.000 planetas en la Vía Láctea con las condiciones físicas necesarias para el surgimiento de la vida. (Cortesía del autor)

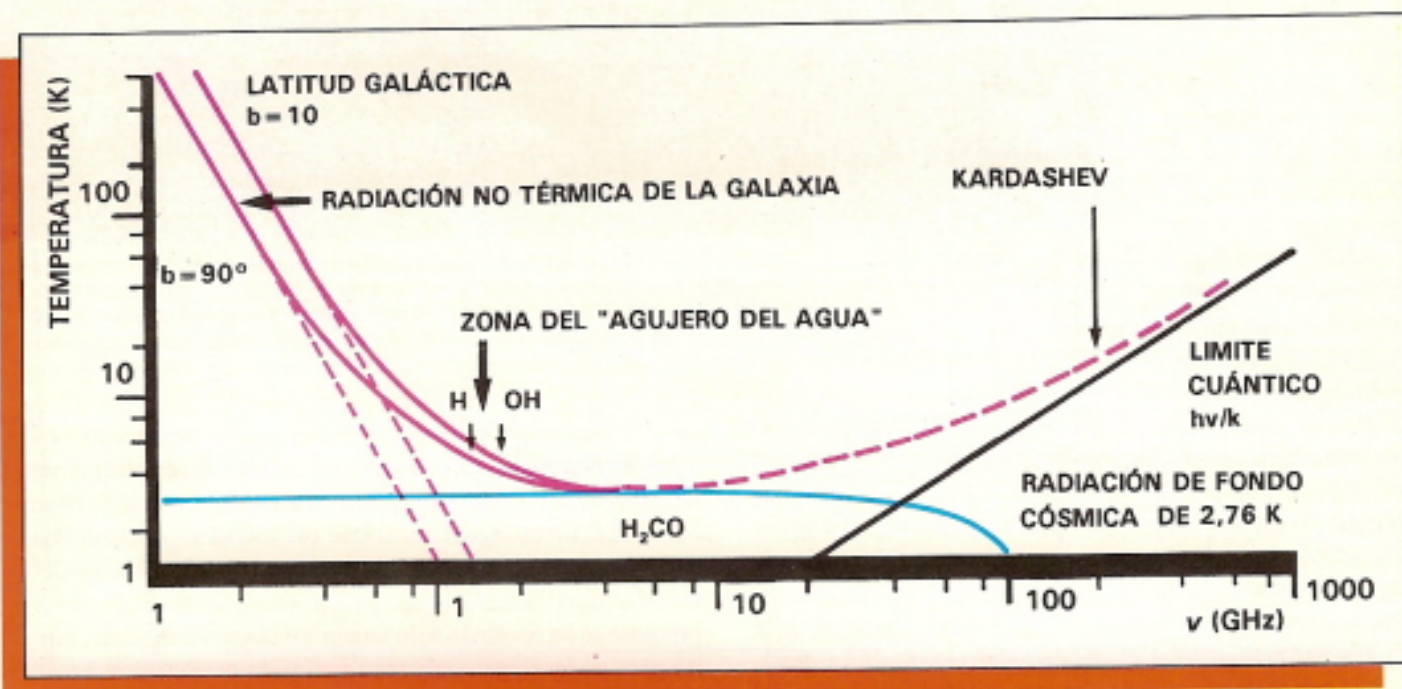
entonces era la única línea espectral conocida en la región de las microondas. Estos argumentos cobraron un enorme sentido, ya que una investigación de señales alrededor de esta línea proporciona además un vasto conocimiento de las características físicas del medio interestelar (en él se encuentra distribuido el hidrógeno atómico) y de los procesos de formación de las estrellas y las galaxias. Se podía esperar, por consiguiente, que toda civilización «curiosa» que comprendiera las leyes de la naturaleza y que quisiera saber como se producen estos fenómenos, decidiera orientar sus radiotelescopios hacia el espacio exterior sintonizados en dicha frecuencia. Esta consideración y el hecho de que en la época en que Cocconi y Morrison hicieron su propuesta, ya se contara con el instrumental necesario para este tipo de observaciones, favorecieron los trabajos realizados en torno a tal iniciativa.

A medida que nuestro conocimiento sobre la Radioastronomía se fue incrementando, las propuestas sobre

de la galaxia). A su vez, el radiotelescopio del Instituto Argentino de Radioastronomía, de 30 metros de diámetro, que tiene una sensibilidad de 10^{-23} W/m², podría detectar dichas señales sólo si provinieran de distancias inferiores a 15 años luz. Esto es así porque la distancia a la cual es posible el enlace interestelar es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la sensibilidad del sistema receptor. Por supuesto, no podemos dejar de considerar la posibilidad de que las emisiones extraterrestres fueran un factor de un millón de veces más potente, ya que esto sería posible para una civilización tecnológica tan sólo unos siglos más adelantada que la nuestra.

UNA AGUJA EN UN PAJAR

¿Dónde debemos apuntar nuestros telescopios para tener éxito en nuestros objetivos? Muchos piensan que si seleccionamos las estrellas más brillantes del cielo estaríamos diri-



Relación entre la frecuencia emitida en GHz y la temperatura absoluta en grados Kelvin (K) de las fuentes de radiación. Se indican la emisión no térmica de la galaxia en dos diferentes latitudes galácticas ($b=90^\circ$ y $b=10^\circ$) y el fondo cósmico remanente de la radiación emitida por el Big Bang. Se señala también el límite cuántico del ruido irreducible de los instrumentos de observación (el cuanto de energía a $h\nu=kT$, donde h y k son respectivamente las constantes de Planck y Boltzmann, es la mínima cantidad de energía que puede emitir un oscilador con temperatura absoluta T , proporcionando así un límite inferior a las frecuencias posibles). Se muestra la ubicación de las líneas «mágicas» correspondientes al hidrógeno, al oxhidrilo, al formaldehído y a la bola de fuego primigenia. (Cortesía del autor)

otras «frecuencias mágicas» comenzaron a aparecer. En la Tabla de la página 19 se encuentra un resumen de las mismas.

Por otro lado, la sensibilidad de los sistemas receptores (la mínima cantidad de energía por unidad de superficie y tiempo capaz de ser registrada por el instrumento) depende de muchos factores. Supongamos que una Civilización Extraterrestre transmite con potencia idéntica a la del radiotelescopio-radar más sensible y potente del mundo (Observatorio de Arecibo). En este caso, dicho radiotelescopio cuya sensibilidad actual es de 10^{-27} W/m², podría captar una señal que proviniera de su posible gemelo ubicado a una distancia superior a los 15.000 años luz (mitad del camino entre el Sistema Solar y el centro

giéndonos hacia las más cercanas, por lo tanto tendríamos una mejor relación de sensibilidad en nuestro receptor. Pero si confrontamos las listas de las cien estrellas más brillantes con las cien más cercanas, sólo cuatro de ellas -Sirio, Procyon, Altair y α Centauri- figuran en ambas. Por ejemplo, la estrella más cercana al Sol, Próxima Centauri es unas cien mil veces más débil que Sirio y la segunda más cercana (Barnard) es unas veinte veces más débil que Próxima Centauri. Por lo tanto las restantes 96 estrellas más brillantes están muy lejos del Sol, disminuyendo la posibilidad de captación debido a la sensibilidad de nuestro sistema receptor.

Otro dato para tener en cuenta es que la densidad de

estrellas débiles es un millón de veces mayor que la de estrellas brillantes. Este comportamiento también se observa en las galaxias y en las radiofuentes. Por ejemplo, las cuatro radiofuentes más brillantes no son las más cercanas; dos corresponden a remanentes de supernovas (Cassiopea A y Nebulosa del Cangrejo), otra es una radiogalaxia a millones de años luz de distancia (Sagitario A) y la cuarta es una de las más distantes radiogalaxias (Cygnus A). Esto ha demostrado que lo intrínsecamente más brillante, aunque esté más alejado, se capta con mayor facilidad que lo relativamente cercano si es débil.

En efecto, en 1981, Drake llegó a la conclusión que si hubieran 300 civilizaciones transmitiendo con cierta potencia en nuestra Galaxia y una de ellas lo hiciera con solo diez veces dicha potencia, la más probable de detectar sería ésta última. En cierta forma esto tiende a demostrar que apuntar a estrellas cercanas no sería una estrategia de búsqueda adecuada y si lo sería un barrido del plano galáctico, es decir, el lugar donde hay mayor densidad de estrellas. Por esta razón, en los últimos años los programas más importantes de búsqueda de señales extraterrestres exploran todo el cielo. Sólo desde lugares con instrumentos de alta sensibilidad -en el caso del tantas veces citado Observatorio de Arecibo- se apunta, eventualmente, a una estrella determinada con características análogas a las del Sol.

Cualquier búsqueda sistemática de señales artificiales extraterrestres debe explorar un espacio de ocho parámetros que Drake llamó «pajar cósmico». El mismo está compuesto por tres dimensiones espaciales, que permitirían ubicar a la civilizaciones en las coordenadas espaciales del universo físico, una dimensión temporal para ubicar el momento en que se está emitiendo, una frecuencia para sintonizar la señal, dos polarizaciones relacionadas con las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas, y una potencia de sensibilidad mínima de recepción. Por lo tanto, se puede llegar a determinar que existen 10^{29} celdas de 0,1 Hz de ancho de frecuencia por el sector del cielo correspondiente a un haz de la antena⁶ de Arecibo por 10^{-30} W.m² máxima sensibilidad de recepción lograda.

Hasta el momento se han explorado aproximadamente



Vista aérea del Observatorio de Arecibo, el mayor radiotelescopio/radar semiorientable del mundo. La Universidad de Cornell lo opera para la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU. Está situado en el interior de la isla de Puerto Rico y tiene un diámetro de 305 metros, siendo su superficie reflectante una sección de una esfera aplicada a un valle preexistente en forma de olla. (Gentileza del N.A.I.C. National Astronomy & Ionospheric Center)

10^{11} celdas mediante observaciones de casi todos los radiotelescopios del mundo, que totalizan alrededor de 200.000 horas de registros. Si en vez de una señal extraterrestre buscáramos una aguja de coser, ¡el espacio que ocuparía nuestro pajar sería equivalente al volumen de 430 planetas del tamaño de la Tierra! Por lo anterior es fácil ver que hasta el presente se ha revelado sólo una ínfima porción de lo necesario para poder llegar a alguna conclusión definitiva.

LA TIERRA ESCUCHA

En el año 1960, Frank Drake fue el primero en aplicar las técnicas radioastronómicas a la búsqueda de inteligencias extraterrestres. Drake orientó la antena de 26 m del NRAO (Observatorio Nacional de Radio Astronomía), en Green Bank, hacia dos estrellas cercanas, Tau Ceti y Epsilon Eridani. Su receptor disponía de un solo canal, con una resolución espectral de 100 Hz. Este canal se desplazaba cada minuto a una frecuencia distinta alrededor de la línea espectral del hidrógeno neutro, ubicada en 1420 Mhz.

6. Un haz de antena es la región del cielo que puede observarse apuntando una determinada antena. Esta varía con el diámetro de la misma y con la frecuencia de observación. Por ejemplo, para el Observatorio de Arecibo (305 m de diámetro y en la región de radio-ondas) su haz de antena es de 3 minutos de arco; mientras que para cada una de las antenas del IAR (30 m de diámetro para la misma región de radioondas) esta cantidad es de 30 minutos de arco (equivalente al área del cielo ocupada por la Luna Llena vista desde la Tierra).



Instituto Argentino de Radioastronomía, localizado a 45 km, al Sur de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Fue fundado el 27 de abril de 1962 y consta de dos antenas de montura ecuatorial de 30 metros de diámetro cada una. Las mismas pueden observar el hemisferio Sur en declinaciones comprendidas entre -10° y -90° . Una de ellas es diariamente utilizada durante 12 horas para rastrear posibles señales de origen artificial alrededor de la línea espectral de 21 cm del hidrógeno neutro. (Cortesía del autor)

Han pasado más de 30 años y desde entonces se han realizado alrededor de medio centenar de proyectos de búsqueda de inteligencias extraterrestres, que involucraron una cantidad superior a 200.000 horas de observación y a la utilización de radiobservatorios instalados en Alemania, Argentina, Canadá, EE.UU., Francia, Holanda, Inglaterra, Japón y la ex Unión Soviética.

Por otro lado, actualmente existen tres programas que se dedican exclusivamente a estos proyectos. Estos operan en el Observatorio de la Universidad de Ohio, cerca de la ciudad de Columbus, Ohio, EE.UU.; en el Observatorio de la Universidad de Harvard, en Oak Ridge, Massachusetts, EE.UU.; y en el Observatorio del Instituto Argentino de Radioastronomía, en el Parque Pereyra Iraola, a 45 km de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

En el año 1973 comenzó desde el Observatorio de Ohio la búsqueda más larga de señales de origen extraterrestre llevada a cabo por una institución astronómica. El radiobservatorio, con forma de cilindro parabólico, tiene una superficie colectora de 2.200 metros cuadrados, equivalente a tener una antena con simetría parabólica de 53 metros de diámetro. La búsqueda se concentra alrededor de la línea de 21 cm.

El otro proyecto que funciona en el hemisferio norte lo hace desde una antena parabólica de 26 metros perteneciente a la Universidad de Harvard. El director del mismo es uno de esos jóvenes genios de la electrónica, llamado Paul Horowitz. En el año 1982, Horowitz, con el apoyo de *La Sociedad*

*Planetaria*⁷, diseñó y construyó «el maletín SETI»⁸. Este instrumento portátil, destinado a ser utilizado en todo observatorio que lo permitiera, era un analizador espectral de alta resolución, que disponía de 64.000 canales de una resolución espectral de 0,03 Hz cada uno. Horowitz probó su «maletín» desde el radiotelescopio de Arecibo, observando más de 250 estrellas cercanas alrededor de las frecuencias de hidrógeno (1420 MHz) y dos veces ésta (2840 MHz).

Cuando Horowitz finalizó su búsqueda desde Arecibo descubrió que la Universidad de Harvard disponía de una antena parabólica que estaba a punto de ser desmantelada.

Nuevamente el apoyo de La Sociedad Planetaria, firmó un convenio con la Universidad y fijó permanentemente su «maletín» (ahora ampliado a 130.000 canales) en el Observatorio de Oak Ridge, cerca de la ciudad de Cambridge, Massachusetts. En 1983 comenzó, así, el «Proyecto Sentinel» que fue el primero en escudriñar todo el hemisferio norte celeste alrededor de la línea de 21 cm del hidrógeno con una altísima resolución espectral.

En 1985, nuevamente La Sociedad Planetaria entra en acción. Esta vez Carl Sagan y su esposa Ann Druyan, lograron convencer al director y productor de cine Steven Spielberg para que donara 100.000 dólares para la construcción del nuevo analizador espectral, ahora de 8,4 millones de canales, con una resolución espectral de 0,05 Hz. Como en La Sociedad Planetaria todo tiene que tener un nombre, al nuevo espectrómetro se le bautizó como META⁹. El 29 de septiembre de 1985 Steven Spielberg, ante un centenar de reporteros gráficos y televisivos, puso en marcha el programa de detección de señales extraterrestre más sofisticado llevado a cabo por la humanidad.

7. La Sociedad Planetaria es el grupo privado más importante en el mundo (tiene unos 125.000 miembros en alrededor de 100 países), que apoya programas de investigaciones del Sistema Solar y de Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre. Su presidente es el renombrado astrónomo Carl Sagan.

8. SETI: Search for Extraterrestrial Intelligence (Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre).

9. META: Megachannel ExtraTerrestrial Array (Complejo Megacanal Extraterrestre).

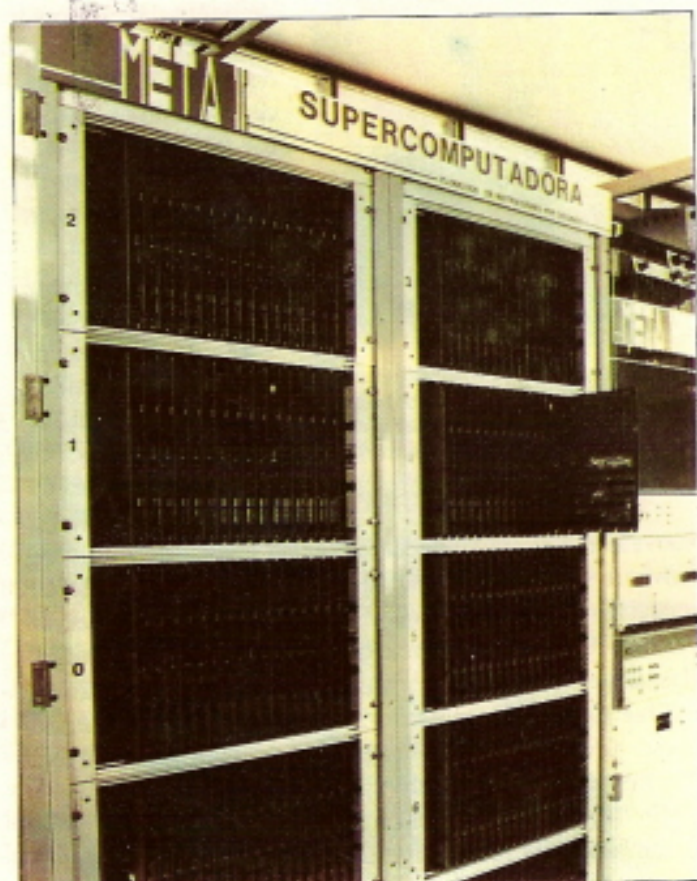
Cinco años más tarde un gemelo de este impresionante espectrómetro fue instalado en la antena II del Instituto Argentino de Radioastronomía. Con este hecho se comenzó por primera vez en la historia la búsqueda de señales de origen inteligente en todo el cielo (boreal y austral).

En 1983 la NASA comenzó a planear un sofisticado programa denominado MOP (*Microwave Observing Project*)¹⁰. El proyecto original contempla para su desarrollo y puesta en marcha la utilización de un presupuesto de 100 millones de dólares.

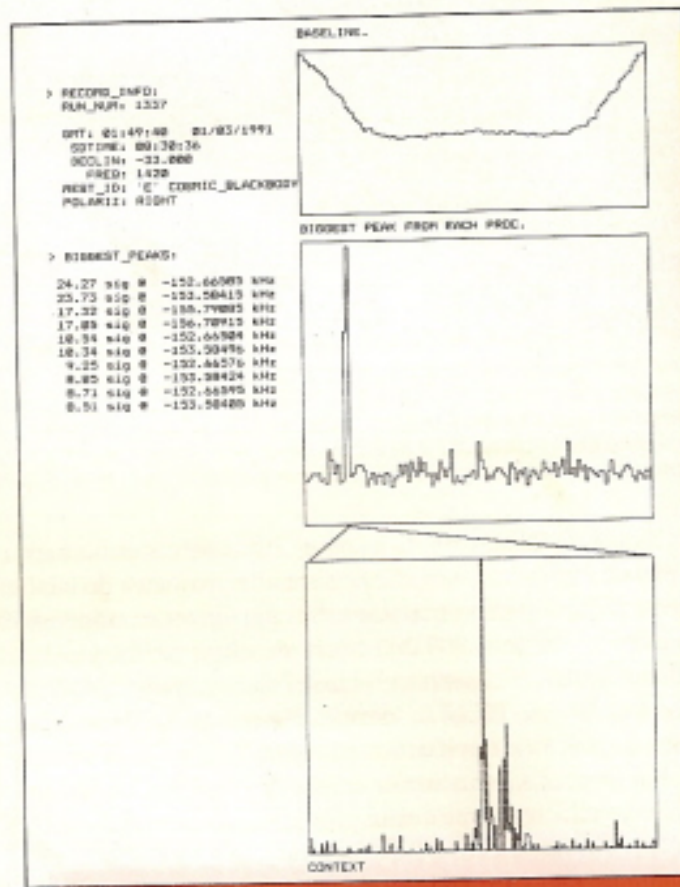
El *Jet Propulsion Laboratory* tiene la responsabilidad de controlar las observaciones de todo el cielo en todas las frecuencias comprendidas entre 1 y 10 GHz, con una resolu-

ción espectral de 30 Hz. Para ello utilizarán las antenas de 34 metros que la NASA dispone en Goldstone (California), Madrid, y Tidimilla (Australia).

Mientras tanto, el Centro de Investigación Ames de la NASA controlará el programa de búsqueda de señales alrededor de unas 773 estrellas cercanas¹¹. En este caso se barrerán todas las frecuencias comprendidas entre 1 y 3 GHz. Utilizarán para ello las instalaciones del Observatorio de Arecibo y la antena de 70 metros que la NASA tiene en Australia. Aquí el equipo tendrá una resolución espectral variable simultáneamente de 1, 2, 4, 8, 14 y 28 Hz. La NASA lo inauguró el 12 de octubre de 1992, para conmemorar el Quinto Centenario del Descubrimiento de América.



La supercomputadora META II es un multispectrómetro de 8,4 millones de canales con 0,05 Hz de resolución espectral. Está formado por 144 procesadores que operan en forma paralela procesando casi 80 millones de instrucciones por segundo. Sólo existe en el mundo un instrumento similar localizado en el Observatorio de la Universidad de Harvard. Fue construido por dos ingenieros argentinos entre 1989 y 1990 en la mencionada universidad bajo la supervisión de Paul Horowitz. Su construcción fue financiada por La Sociedad Planetaria. Fue inaugurado el 12 de octubre de 1990. (Cortesía del autor)



Registro típico de META II. Ésta examina la posible existencia de señales muy estrechas (monocromáticas) alrededor de la línea de 21 cm del hidrógeno neutro en tres sistemas de referencia distintos: heliocéntrico, galactocéntrico y en el de radiación de fondo cósmico. Compensa automáticamente el efecto Doppler de todos los movimientos de la Tierra y muestra en tiempo real en pantalla el análisis espectral de posibles señales como la que se muestra en esta figura. Además observa automáticamente en las dos polarizaciones circulares posibles. Una señal originada en otra civilización podría tener características similares a la mostrada en el gráfico inferior de esta figura. (Cortesía del autor)

10. Proyecto de Observación de Microondas.

11. Estrellas similares a nuestro Sol, ubicadas a distancias menores que 80 años luz.

Desconocemos cómo será el primer contacto con otra civilización o si realmente algún día éste se llegará a concretar. Pero estamos en condiciones de afirmar que la posibilidad de que existan otras inteligencias en el Universo es una hipótesis científica válida y puede tomarse como guía para una investigación profunda.

Su descubrimiento probablemente nos haría recapacitar acerca de nuestro lugar en este Cosmos maravilloso y replantear los sistemas de valores de la sociedad contemporánea, abriendo la posibilidad de la integración definitiva de los pueblos y de la revaloración de nuestro frágil planeta azul.



Cassiopea A es una de las cuatro radiofuentes más brillantes, lo cual no quiere decir que sea una de las más cercanas. Dos de estas cuatro radiofuentes son remanentes de supernovas: Cassiopea A junto con la Nebulosa del Cangrejo. (ESA)

*** GUILLERMO A. LEMARCHAND** es investigador visitante del Centro de Radiofísica e Investigación Espacial de la Universidad de Cornell (EE.UU.), en el grupo de trabajo de Carl Sagan. Ha sido becario de investigación del Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y del International Centre of Scientific Culture World Laboratory. En 1985 organizó, en la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, las Primeras Jornadas Interdisciplinarias Sobre Vida Inteligente en el Universo. Desde 1986 es miembro del grupo de investigación SETI del Instituto Argentino de Radioastronomía y es autor de numerosos trabajos técnicos y de divulgación sobre la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Recientemente ha publicado el libro *El Llamado de las Estrellas: búsqueda de inteligencia extraterrestre* (Lugar Científico, Buenos Aires, 1992).

«FRECUENCIAS MÁGICAS» PARA LA BÚSQUEDA DE INTELIGENCIA EXTRATERRESTRE

NOMBRE	LONG. DE ONDA	FRECUENCIA [GHz]	COMENTARIOS
línea de H	21 cm	1,420	El hidrógeno es el elemento más abundante.
línea de OH	18 cm	1,667	Es una molécula fundamental para el agua.
línea púlsar I	12,6 cm	2,3809	Vinculación al ritmo de rotación de PSR 0950+08.
línea de Kuiper/Morris	11,7 cm	2,5568	Basada en las constantes universales fundamentales.
línea púlsar II	11,3 cm	2,6599	Vinculación al ritmo de rotación de PSR 1629+10.
línea H ₂ CO	6 cm	4,829	Vinculada al efecto antimáser en nubes oscuras.
línea H ₂ O (II)	13,5 mm	22,2	Segundo «agujero del agua».
línea de Drake/Helou	4,3 mm	70,0	Ancho de banda mínimo de emisión.
línea de H ₂ O (III)	2,0 mm	150,0	Tercer «agujero del agua».
línea de Kardashev I	1,7 mm	175,0	Pico de radiación de desacople de la bola de fuego primigenia.
línea de Kardashev II	1,5 mm	200,0	Optimización de la idea de la línea anterior.