

¿UNA AGUA EN EL PAJAR CÓSMICO?

Búsqueda de inteligencias extraterrestres

Si en la inmensidad del universo existieran civilizaciones tanto o más avanzadas que la nuestra, seguramente estarían intentando comunicarse con sus vecinos galácticos. ¿Por qué no hemos recibido, entonces, visitas? ¿Por qué no vemos naves extraterrestres surcando nuestro cielo? Costosos y lentos, los viajes interestelares no parecen ser el medio ideal de comunicación: de acuerdo con nuestro actual desarrollo tecnológico, un cohete tardaría 40.000 años en llegar desde la Tierra a Alpha Centauro, la estrella más cercana al sistema solar. Las ondas electromagnéticas son consideradas, hoy, el medio más rápido y económico para tratar de establecer contacto con posibles civilizaciones extraterrestres. El lenguaje común que nos permitiría llegar a comprendernos sería, sin duda, la ciencia, ya que las leyes de la naturaleza son las mismas en todo el universo.

Fernando R. Colomb

Instituto Argentino de Radioastronomía

Guillermo A. Lemarchand

Si la vida fuera un hecho común en el universo, aquellas especies que hubieran desarrollado una capacidad de comunicación a escala interestelar intentarían, seguramente, establecer contacto con sus vecinos galácticos, tal como nosotros lo estamos intentando hoy.

Importantes pensadores de todos los tiempos han hecho volar su imaginación en torno a la posible existencia de otras civilizaciones en el universo. Así lo hicieron, por ejemplo, el filósofo Epicuro (341-270 a. C.), el poeta Lucrecio (99-55 a. C.) y el historiador Plutarco (46-120) en la antigüedad; el teólogo Alberto Magno (1193-1280) en plena Edad Media, y ya en sus postrimerías, el Cardenal Nicolás de Cusa (1401-1464); durante el Renacimiento, en Italia, el filósofo Giordano Bruno (1549-1600) y casi cien años más tarde, en Holanda, el astrónomo Christiaan Huyguens (1629-1695).

Pero la primera propuesta concreta para establecer contacto con una civilización extraterrestre fue realizada por el célebre matemático Karl F. Gauss (1777-1855) quien pensó que se podría mostrar a posibles vecinos cósmicos que nos estuvieran observando nuestro conocimiento del teorema de Pitágoras y por lo tanto la existencia de una civilización. Con este propósito, sugirió que se plantaran abetos delineando un inmenso triángulo rectángulo y cuadrados construidos sobre sus lados. De manera similar, el astrónomo vienés Johann von Littrow (1781-1840) propuso cavar en el Sahara canales que conformaran un triángulo de 30 km de lado. Estos canales debían llenarse con agua y petróleo y encenderse para que se los pudiera divisar durante la noche des-

de otros planetas por medio de hipotéticos telescopios gigantes.

El desarrollo alcanzado en la actualidad por la ciencia y la técnica ha permitido que se replantearan las estrategias de búsqueda de otras civilizaciones y se ha puesto así en evidencia la necesidad de realizar estudios interdisciplinarios. Astronomía, física, biología, antropología y muchas otras ciencias colaboran en la apasionante y aún enigmática tarea.

El radioastrónomo norteamericano Frank Drake propuso la siguiente ecuación para expresar el número de civilizaciones técnicas previsibles en nuestra galaxia,

$$N = N_c F_p N_{in} F_v F_i F_c F_d$$

donde N_c expresa el número de estrellas en la galaxia, F_p la fracción de esas estrellas que tienen sistemas planetarios, N_{in} el número promedio de planetas con las condiciones físicas y ambientales necesarias para el surgimiento de la vida, F_v la fracción de aquellos planetas que reúnen las condiciones físicas necesarias y en los cuales la vida surgió, F_i la fracción de planetas en los que la vida surgió y desarrolló inteligencia, F_c la fracción de planetas donde habiendo surgido inteligencia se desarrolló una capacidad comunicativa y F_d un factor vinculado a la duración media de una civilización técnica. El número de estrellas es el único de estos factores bien conocido y por lo tanto N puede llegar a estimarse en valores comprendidos entre una (la nuestra) y un millón de civilizaciones según las hipótesis particulares de cada estudioso que aplique la ecuación de Drake.

Las escalas del tiempo cósmico y el he-

cho de que en nuestra galaxia existan más de cien mil millones de estrellas permiten suponer que en la inmensidad del universo puede haber civilizaciones más avanzadas que la nuestra. La pregunta que surge de inmediato es, entonces, si no deberíamos haber recibido visitas o cuando menos si no tendríamos que observar algunas veces naves extraterrestres surcando el cielo de la Tierra. Por supuesto, a diario, a través de los medios de comunicación, nos invaden testimonios de que ello ocurre. Pero lo que importa no es lo que parece posible, lo que nos gustaría creer o lo que un par de testigos pretenden, sino sólo lo que se puede demostrar con hechos examinados con rigor y escepticismo. Las pretensiones extraordinarias necesitan estar apoyadas en evidencias extraordinarias y lamentablemente, hasta el momento, no disponemos de estas evidencias. La búsqueda de inteligencias extraterrestres sin embargo, continúa...

Debemos puntualizar aquí cuán costosos resultan los viajes espaciales interestelares en lo concerniente al consumo de energía e incluso cuánto lo serían aunque se dispusiera de una tecnología más avanzada que la actual. Hoy en día los cohetes son capaces de desarrollar velocidades del orden de una diezmilésima de la velocidad de la luz, o sea 30 km/seg, lo que nos da un tiempo de 40.000 años para llegar a la estrella más cercana, Alpha Centauro, a cuatro años luz de distancia del Sol. Sería entonces necesario desarrollar nuevos sistemas de propulsión que permitieran incrementar la velocidad por lo menos mil veces.

Pero dejemos de lado, por el momento, las limitaciones de la tecnología actual y consideremos el rendimiento ideal de un cohete fotónico que esté de acuerdo, por supuesto, con las leyes físicas conocidas. El mismo funcionaría aniquilando materia y antimateria, es decir convirtiendo masa en energía lumínica retropropulsiva. Cálculos realizados indican que un viaje a Alpha Centauro en un vehículo que pesara unas diez toneladas y que tardara en el viaje de ida y vuelta unos diez años, necesitaría aniquilar una masa de unas 30.000 toneladas, lo que corresponde a una liberación de $3 \cdot 10^{24}$ Joules, energía equivalente a toda la energía eléctrica que produciría la República Argentina al máximo de su capacidad durante 8.000.000 de años.

Para establecer contacto con otras civilizaciones debemos utilizar un medio que midiendo los costos en términos de cantidades de energía resulte económico, que nos permita transmitir o recibir gran cantidad de información, que sea veloz para que posibilite un diálogo in-

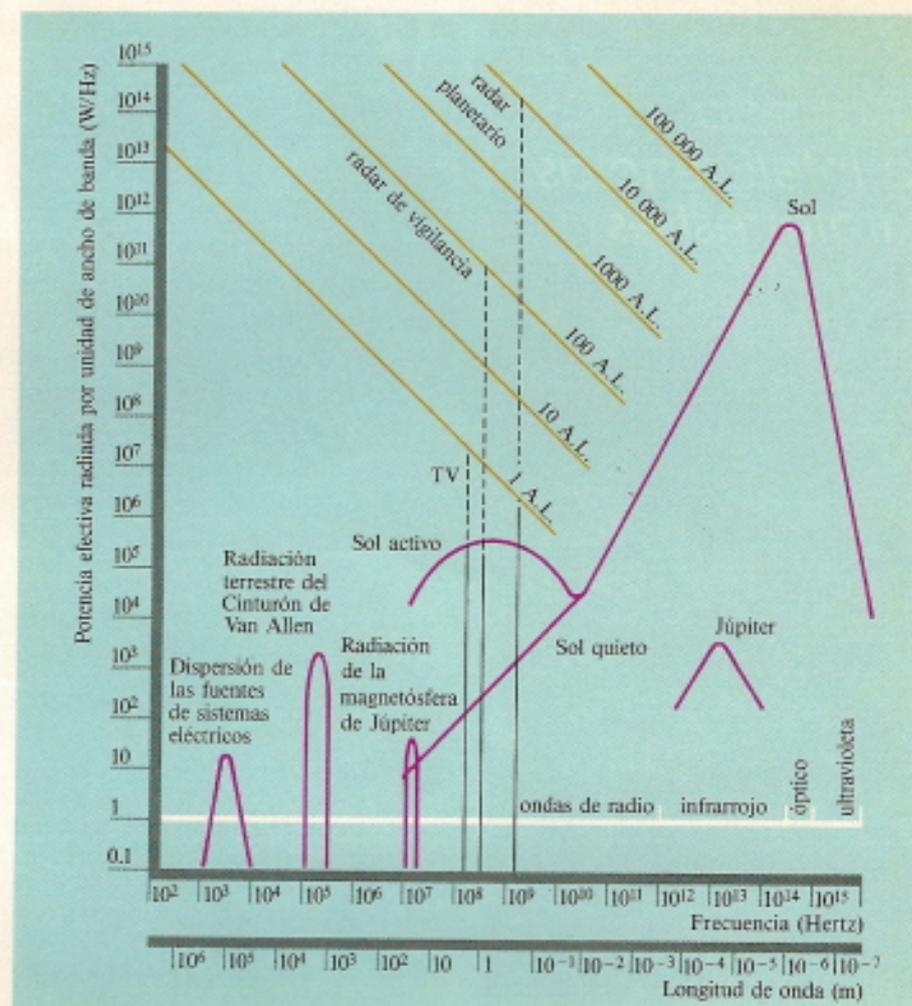


Fig. 1. Diagrama indicativo de las potencias efectivas radiadas por diversas fuentes del sistema solar expresadas en vatios (W) por unidad de ancho de banda (intervalo de frecuencias de un Hertz (Hz)) en función de las frecuencias dadas en Hz (ciclos por segundo). Se señalan las distintas regiones del espectro electromagnético y las longitudes de onda en metros (m) correspondientes a cada frecuencia. Las líneas oblicuas indican distancias en años-luz (A.L.). De izquierda a derecha el primer pico (armónicas de 50-60 Hz en la zona de los kHz) es generado por la red de distribución de energía eléctrica. El segundo pico (200 kHz) es generado por partículas de alta energía atrapadas en el Cinturón de Van Allen alrededor de la Tierra. El tercer pico (20 MHz) corresponde a la magnetósfera de Júpiter. Los tres picos siguientes se deben a señales de televisión (200 MHz), radares militares (400 MHz) y radares planetarios como el de Arecibo (2 GHz). Diagrama adaptado de J. Kraus, *Cosmic Search*, vol. II, N° 1, 1980.

terestelar y que sea, además, a tal punto evidente, que cualquier civilización tecnológica, sin perjuicio de su línea de desarrollo, pueda descubrirlo rápidamente. Ese medio existe y son las ondas electromagnéticas. Ellas son las que nos permiten iluminar nuestro hogar (luz visible), observar a través del televisor un partido de tenis que se desarrolla al otro lado del planeta (radio-ondas) u obtener una radiografía (rayos X). En estos tres casos, el fenómeno físico es el mismo, la diferencia consiste en la región del espectro electromagnético a la que pertenecen, es decir la frecuencia o longitud de onda en la cual se manifiestan.

Retomemos aquí, por un instante, el ejemplo del viaje de ida y vuelta a Alpha Centauro de nuestro cohete fotónico ideal

porque vale la pena subrayar que los costos energéticos de su hipotética travesía serían equivalentes a los de una transmisión continua durante 30.000.000.000 de años de mensajes electromagnéticos realizados mediante una antena como la del mayor radiotelescopio del mundo, el del observatorio de Arecibo en Puerto Rico. Por otra parte, aunque nadie puede dudar de la excitación que produciría una visita a otro mundo habitado, el mayor beneficio aportado por dicha visita provendría de las comunicaciones que se establecieran. Philip Morrison estimó que todos nuestros conocimientos acerca de la civilización griega antigua pueden almacenarse con 10^{10} bits de información por lo que sugirió que se denominara a esta cantidad un HELLAS (recordemos que un bit es una señal que

se manifiesta en dos estados: Sí o No, Encendido o Apagado, 0 ó 1, Punto o Raya, etc.; con cadenas de bits y cierta clave se obtiene un "alfabeto" capaz de comunicar nuestros mensajes). El problema se reduce, entonces, a enviar alrededor de 100 HELLAS de información en vez de toneladas de metal en forma de naves estelares...

En nuestro intento de comunicación interestelar, ha de inquietarnos, ante todo, el hecho de que los seres extraterrestres podrían tener una biología, una cultura y un lenguaje diferentes de los nuestros. ¿Cómo sería posible, entonces, establecer contacto con ellos? ¿Existirá —como se pregunta Carl Sagan— algún tipo de Piedra de Rosetta cósmica que permita el mutuo entendimiento? La respuesta a este interrogante se encuentra, tal vez, en un posible lenguaje común llamado "ciencia". Las leyes de la naturaleza son las mismas en todas partes; los elementos químicos tienen una firma específica característica dentro del espectro electromagnético. Así es que hay configuraciones espectrales idénticas en la llama de una vela en la Tierra y en la luz de un cuásar a quince mil millones de años luz de nuestro planeta. Los espectros demuestran, también, que las mismas leyes físicas gobiernan los átomos en todas partes. En cualquier mundo, las criaturas deberán afrontar las mismas leyes de la naturaleza y tarde o temprano los seres inteligentes las comprenderán. Esta podría ser, entonces, la "Piedra de Rosetta", el lenguaje común, la clave de la intercomunicación estelar que comenzamos a intentar utilizando como medio las ondas electromagnéticas.

Nuestro sistema solar alberga fuentes de radiación electromagnética naturales y ar-

tificiales —el Sol, Júpiter, las emisoras de TV, los radares, etc.— que emiten en diferentes frecuencias y con distintas potencias. La figura 1 presenta el espectro de emisión de las principales fuentes, que son, por otra parte, las que aquí nos interesa considerar. En el eje de las abscisas se representan las frecuencias y se indican las diversas regiones del espectro —ondas de radio, infrarrojo, luz visible y ultravioleta— así como también las longitudes de onda correspondientes a cada frecuencia. En el eje de las ordenadas se representan las potencias efectivas emitidas por unidad de ancho de banda. Las líneas oblicuas muestran las distancias máximas en años luz a las cuales un instrumento de observación "extraterrestre" con una sensibilidad similar a la del radiotelescopio de Arecibo estaría en condiciones de captar las emisiones enviadas desde el sistema solar con una frecuencia y una potencia determinadas.

Si se pretende establecer contacto con una civilización galáctica, se deberá buscar la manera de que la señal que se emite se haga evidente a la civilización receptora. Analizar detenidamente la figura 1 nos ayudará a comprender qué región del espectro y qué potencias deben elegirse para enviar señales inteligentes que se distingan del "ruido de fondo" del sistema solar. Pero debemos considerar, también, las posibles características de las señales inteligentes que pudiéramos recibir desde otros puntos del universo, y en este sentido el primer gran inconveniente que tenemos es tratar de distinguir entre una señal originada en forma artificial de otra generada por una fuente natural (estrellas, moléculas en el medio interestelar, galaxias, cuásares, púlsares, etc.).

Una característica que permitiría deter-

minar el origen inteligente de una señal electromagnética podría ser el carácter particularmente estrecho de su espectro, es decir su monocromaticidad. Las fuentes naturales conocidas no son particularmente monocromáticas. Por ejemplo, los máseres cósmicos, objetos astronómicos que radian de manera muy monocromática, emiten, sin embargo, en frecuencias que se encuentran dentro de una franja de 300 Hz. Una señal inteligente puede generarse con un espectro mucho más definido, pero debemos preguntarnos qué ocurre cuando dicha señal, que supondremos perfectamente monocromática, atraviesa, por ejemplo, plasmas turbulentos constituidos por átomos y moléculas ionizados que se mueven en forma caótica. Estudios realizados por Frank Drake y George Helou en 1978 determinaron que estos plasmas turbulentos sólo producen un ensanchamiento de 0.01 a 0.1 Hz en el caso de una fuente ubicada a distancias entre 4 y 400 años luz. 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 este 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 50.000 diales de receptores de FM juntos...

Observemos ahora, nuevamente, la figura 1. Ella pone de manifiesto que si quisiéramos enviar señales en la parte visible del espectro, éstas pasarían desapercibidas ya que la estrella central —el Sol— emite con una intensidad varios órdenes de magnitud superior a la que puede generar una fuente artificial; lo mismo ocurre en la región del ultravioleta y del infrarrojo. Sin embargo, en la región de las microondas existe una ventana a través de la cual la comunicación sería posible ya que las señales emitidas con cierta potencia podrían ser distinguidas entre el ruido de fondo. Con el objeto de encontrar esta ventana de frecuencias en la que pueda esperarse un mínimo de interferencias, analicemos, también, las señales que registraría un instrumento que explorara el espacio desde cualquier punto de nuestra galaxia. La figura 2 nos ilustra sobre esta cuestión. A frecuencias menores de 1 GHz (10^9 Hz) existen fuentes de origen galáctico

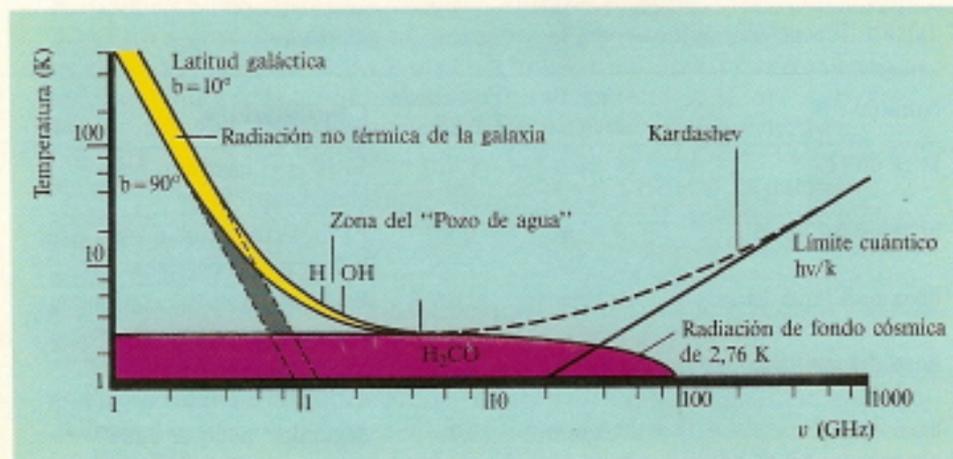


Fig. 2. Relación entre la frecuencia emitida en GHz y la temperatura absoluta dada en grados Kelvin (K) de las fuentes de radiación. Se indican la emisión no térmica de la galaxia en dos diferentes latitudes galácticas ($b=90^\circ$ y $b=10^\circ$) y el fondo cósmico remanente de la radiación emitida en el Big Bang. Se señala también el límite cuántico del ruido irreductible de los instrumentos de observación (el cuanto de energía $h\nu = kT$, donde h y k son las constantes de Planck y Boltzmann respectivamente, 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 posición de las líneas "mágicas" correspondientes al hidrógeno, al oxhidrilo, al formaldehído y a la bola de fuego primigenia.

co no térmico que son muy intensas. A frecuencias mayores de 100 GHz aparece el ruido cuántico, el fondo irreductible y de intensidad creciente con la frecuencia que posee todo sistema receptor. 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. Este hecho complicaría notablemente el problema ya que no poseemos la tecnología necesaria para poder observar simultáneamente tantas frecuencias con dicha resolución. ¿No existirá, entonces, algún criterio que no sólo nos permita acotar el número de frecuencias, sino también esperar que otros seres inteligentes encuentren el mismo camino, ya que compartimos las mismas leyes de la naturaleza?

Los primeros en sugerir la existencia de "frecuencias mágicas" para la comunicación interestelar fueron Giuseppe Cocconi y Philip Morrison en un artículo aparecido en el año 1959 en la revista inglesa *Nature*. Ellos establecieron que la línea espectral del hidrógeno neutro de longitud de onda de 21 cm correspondiente a la frecuencia de 1,42 GHz constituía el canal más obvio para dicho enlace. El hidrógeno es el elemento más abundante en el universo y por aquel entonces era la única línea espectral conocida en la región de las microondas. Estos estudios cobraron una enorme importancia ya que la investigación de señales en torno a esta línea proporciona 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 estrellas y galaxias. Se podía esperar, por consiguiente, que toda civilización "curiosa" que comprendiera las leyes de la naturaleza y que quisiera saber cómo se producen estos fenómenos, decidiera orientar sus radiotelescopios hacia el espacio exterior sintonizados en dicha frecuencia. Esta consideración y el hecho de que en aquella época ya se contaba 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, comenzaron a aparecer propuestas sobre otras "frecuencias mágicas" que a continuación describiremos y que han sido resumidas en la figura 3.

La segunda línea espectral que se descubrió en la zona de las microondas corresponde a los cuatro saltos cuánticos que posee la molécula del oxhidrilo (OH) próxima a la longitud de onda de 18 cm. La molécula del agua (H₂O) resulta de la combinación

LA TIERRA OBSERVA

"Los descubrimientos inesperados adienen a las mentes preparadas."

(L. Pasteur)

Desde que Frank Drake orientó en 1960 una de las antenas del Observatorio Nacional de Radioastronomía situado en Green Bank, EE.UU., hacia las estrellas Tau Ceti y Épsilon Eridani, se han desarrollado más de 50 proyectos de búsqueda de civilizaciones extraterrestres que implicaron alrededor de 150.000 horas de observación con distintos tipos de instrumentos. La mayor parte de las búsquedas se centraron alrededor de las líneas espectrales del hidrógeno neutro (H) y del oxhidrilo (OH). Existen hoy dos proyectos que se limitan a trabajar en torno a estas frecuencias con lo que podríamos denominar "dedicación exclusiva". Uno de ellos funciona desde el año 1973 en el antiguo Observatorio de la Universidad de Ohio y el instrumental con que cuenta es muy similar al que actualmente posee el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR). Tiene un espectrómetro que incluye alrededor de un centenar de filtros con anchos de no menos de 10.000 Hz cada uno, es decir muy superiores a los que pueden esperarse de una señal extraterrestre (0,1 Hz), circunstancia que dificulta su posible detección. El otro proyecto está en operación en la Universidad de Harvard y cuenta con una antena de 26 m de diámetro que escudriña los cielos boreales

todos los días del año. Con este fin, la Sociedad Planetaria apoyó al Dr. Paul Horowitz en la construcción de un multiespectrómetro de 8,4 millones de canales con una resolución espectral de 0,05 Hz cada uno. Este instrumento es similar al que se está construyendo para la República Argentina.

La NASA planea lanzar hacia mediados de la década del noventa un proyecto que se divide en dos partes; una de ellas consiste en el examen de todo el cielo para lo que utilizará las antenas de 34 metros situadas en Goldstone (California, EE.UU.); Madrid (España) y Tidbimbila (Australia) y barrerá todas las frecuencias comprendidas entre 1 y 10 GHz con una resolución espectral de 30 Hz. La sensibilidad del sistema será de 10^{-23} W/m². La segunda parte del proyecto utilizará la antena de Arecibo para observar unas 200 estrellas cercanas, con una sensibilidad de 10^{-27} W/m², en todas las frecuencias comprendidas entre 1 y 3 GHz, con una resolución espectral de 30 Hz.

Hasta el momento, desde el hemisferio sur celeste, las búsquedas han sido limitadas. Frente a las 150.000 horas de observación realizadas desde el hemisferio norte, aquí, debido a la escasez de radiotelescopios, sólo contamos con 1500 horas, de las cuales 500 corresponden al IAR y las restantes a proyectos realizados desde Australia.

Tabla I. Frecuencias óptimas para la comunicación interestelar.

Nombre	Long. de onda	Frecuencia GHz	Consideraciones
línea de H	21 cm	1,420	El H es el elemento más abundante
línea de oxhidrilo	18 cm	1,667	Es molécula fundamental para la formación del agua
línea de Kuiper Morris	11,7 cm	2,5568	Está basada en las constantes universales fundamentales
línea del formaldehído	6,0 cm	4,829	Vinculada a un efecto antimáser en nubes oscuras
línea de H ₂ O	13,5 mm	22,2	Segundo "pozo de agua"
línea de Drake Heleu	4,3 mm	70,0	Ancho de banda mínimo de emisión
línea de H ₂ O II	2,0 mm	150,0	Tercer "pozo de agua"
línea de Kardashev I	1,7 mm	175,0	Pico de radiación de la bola de fuego
línea de Kardashev II	1,5 mm	200,0	primigenia

Fig. 3. Frecuencias óptimas para la comunicación interestelar.



La galaxia espiral M51. Su estructura es similar a la de nuestra galaxia. Si se tratara de ella, el Sol ocuparía aproximadamente la posición indicada por la flecha.

Foto: US Naval Observatory

de un oxhidrilo y un hidrógeno. La mayoría de los programas de búsqueda de inteligencias extraterrestres se centraron en estas dos frecuencias, en la zona del espectro que recibe el nombre de "pozo de agua".

En 1978, Thomas Kuiper y Mark Morris propusieron —por razones que escapan a los objetivos de este trabajo— una ecuación para determinar "frecuencias características", ν_n , en base a las constantes físicas fundamentales de la naturaleza que toda inteligencia debería llegar a descubrir,

$$\nu_n = (e^2 / h c)^n (c / 2\pi R_{\text{Bohr}})$$

donde e es la carga del electrón, h la constante de Planck, c la velocidad de la luz,

R_{Bohr} el radio de Bohr y $n = 1, 2, 3, 4, \dots$. Únicamente una onda portadora correspondiente a la frecuencia de 2,5568 GHz ($n = 4$) puede sintonizarse dentro de la región de la ventana cósmica de microondas. Debemos esperar que en otras partes del universo hayan hecho la misma reflexión...

Ese mismo año, científicos japoneses encabezados por M. Marimoto plantearon una idea sumamente interesante. Estudios realizados sobre el comportamiento de la molécula del formaldehído (H_2CO), que se encuentra en nubes oscuras del medio interestelar compuestas principalmente de gas y polvo, demostraron que se produce un enfriamiento antimáser en esta molécula cuya línea espectral corresponde a una frecuen-

cia de 4,829 GHz. Al observar con nuestros radiotelescopios dichas nubes en la mencionada frecuencia, se detecta que el ruido de la radiación de fondo cósmica baja de 3 a 1 grado Kelvin (K). Entonces, si entre nosotros y la nube oscura hubiera una civilización que estuviera transmitiendo señales sintonizadas en 4,829 GHz, éstas tendrían, en la relación señal/ruido, una eficiencia mayor que la del hidrógeno (véase figura 4).

En 1978, F. Drake y G. Helou, realizaron un estudio del medio interestelar analizando cuáles eran las frecuencias que conducían a un ensanchamiento de banda mínimo y llegaron a la conclusión de que la frecuencia que mejor se ajustaba era la correspondiente a 70 GHz. Más adelante aparecieron otras propuestas como las de buscar alrededor del segundo y tercer "pozo de agua" (las regiones de emisión del vapor del agua ubicadas en 22,2 y 150 GHz respectivamente) y las del científico soviético N. S. Kardashev quien propuso buscar alrededor de 175 y 200 GHz, frecuencias donde se encontraba el pico de la radiación de desacople entre la materia y la energía durante el Big Bang.

Como vemos, determinar una frecuencia verdaderamente adecuada es tarea difícil, compleja e impregnada, por lo general, de prejuicios antropocéntricos...

LA ARGENTINA PARTICIPA

Del 20 al 22 de diciembre de 1985, organizadas por estudiantes de física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, se llevaron a cabo las Primeras Jornadas Interdisciplinarias sobre Vida Inteligente en el Universo. Participaron destacados científicos argentinos y extranjeros, entre éstos R. Bruce Crow de Jet Propulsion Laboratory de la NASA. Se realizaba así, por primera vez en Latinoamérica, una reunión científica de carácter multidisciplinario para tratar temas que abarcaron desde las condiciones del surgimiento de la vida en el cosmos hasta la búsqueda de inteligencias extraterrestres o las posibles consecuencias sociales y culturales de un eventual contacto.

En esta oportunidad, investigadores locales y extranjeros consideraron la posibilidad de realizar proyectos conjuntos. Uno de los resultados inmediatos fue el establecimiento de un programa de búsqueda desde el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR). Así, desde octubre de 1986, una de las dos antenas de 30 m del IAR fue utilizada en la línea espectral de 21 cm correspondiente al hidrógeno neutro (H) y de 18 cm corres-

pondiente a la molécula de oxhidrilo (OH) para el proyecto BIE (Búsqueda de Inteligencias Extraterrestres). El programa contempla la observación de 89 estrellas cercanas (a distancias menores que 50 años luz de la Tierra) que se encuentran en declinaciones comprendidas entre -40 y -90 grados. Se utilizó este criterio para que no se superpusieran las observaciones locales con las que se pudieran realizar desde el hemisferio norte. Hasta la fecha se han observado alrededor de 70 estrellas sin que se haya detectado señal alguna que pudiera interpretarse como de origen extraterrestre. El límite de la sensibilidad alcanzado por nuestro instrumental fue de $5 \cdot 10^{-23} \text{W/m}^2$.

Fructífera consecuencia de las Jornadas de 1985 fue la reciente firma de un convenio entre la Sociedad Planetaria (organización privada sin fines de lucro presidida por Carl Sagan) y el Instituto Argentino de Radioastronomía dependiente del CONICET. Este convenio establece que la Sociedad Planetaria proveerá asistencia al IAR a fin de que se desarrollen los instrumentos necesarios para realizar las búsquedas de señales in-

teligentes extraterrestres en el hemisferio sur. Debe señalarse muy especialmente la construcción e instalación de un multispectrómetro de 8,4 millones de canales con una resolución espectral de 0,05 Hz (META).

La firma del convenio fue anunciada en octubre de 1988 durante una conferencia de BIE que organizó la Sociedad Planetaria en Toronto (Canadá). Se piensa que a fines de 1990 el proyecto ya funcionará en la Argentina.

Las observaciones se realizarán dejando fija la antena en una cierta declinación y mediante la rotación de la Tierra se irá explorando todo el cielo. Cada día la antena se moverá un cuarto de grado en declinación, completándose así en aproximadamente un año el mapa total del cielo del hemisferio sur.

META realizará integraciones de 20 segundos en cada uno de los tres sistemas de referencias elegidos, disponiendo de un dispositivo electrónico que le permitirá corregir el efecto Doppler debido a la rotación y traslación de la Tierra, facilitándole la identificación de interferencias que tengan origen en nuestro planeta.

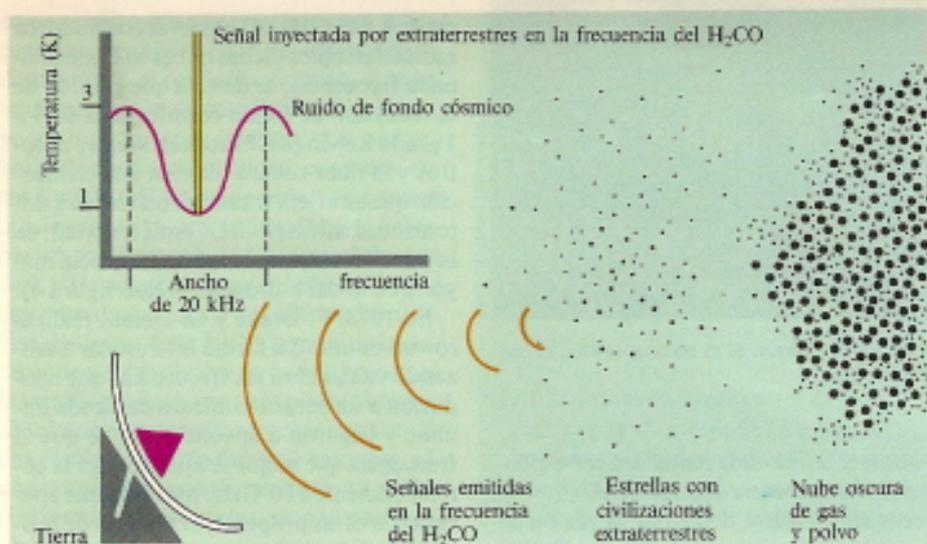


Fig. 4. En nubes oscuras del medio interestelar se produce un enfriamiento antimáser de la molécula de formaldehído (H_2CO) que reduce el ruido de fondo cósmico de 3 a 1 K. Si civilizaciones extraterrestres ubicadas delante de estas nubes transmitieran en la frecuencia propia de dicha molécula, obtendrían un beneficio adicional en sus comunicaciones.

La sensibilidad del sistema receptor (la mínima cantidad de energía por unidad de superficie y de tiempo capaz de ser registrada por el instrumento) depende de muchos factores. Supongamos que una civilización extraterrestre transmite con una potencia idéntica a la del radiotelescopio-radar de Arecibo, de 305 metros de diámetro. En este caso, dicho radiotelescopio, cuya sensibilidad es de $\sim 10^{-27}$ W/m², podría captar una señal que proviniera de una distancia superior a 15.000 años luz; a su vez, el radiotelescopio del Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) 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 un millón de veces más potente ya que esto sería posible para una civilización tecnológica tan sólo unos siglos más adelantada que la nuestra.

¿Hacia dónde debemos orientar nuestros radiotelescopios? Muchos piensan que si seleccionamos las estrellas más brillantes del cielo, nos estaríamos dirigiendo hacia las más cercanas y que por lo tanto tendríamos una mejor relación de sensibilidad en nuestro receptor. Pero si confrontamos las listas de las cien estrellas más brillantes y las cien más cercanas, sólo cuatro de ellas —Sirio, Procyon, Altair, Alpha Centauro— figuran en ambas. Otro dato que debe tenerse en cuenta es que la abundancia de estrellas débiles es un millón de veces mayor que la de las brillantes. Sin embargo, la ex-

periencia ha mostrado que lo intrínsecamente más brillante, aunque esté más alejado, se capta con mayor facilidad que lo relativamente cercano si es débil. Esto vale para estrellas, galaxias, radiofuentes y también, cabe esperar, para las emisiones inteligentes.

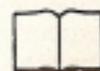
En efecto, Drake demostró que si en nuestra galaxia hubiera 300 civilizaciones transmitiendo con cierta potencia y sólo una de ellas lo hiciera con diez veces dicha potencia, ésta sería la que más posibilidades tendría de ser detectada. En cierta forma esto tiende a demostrar que apuntar a estrellas cercanas no sería una estrategia de búsqueda adecuada y que si lo sería un barrido del plano galáctico, es decir del 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 —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 inteligentes extraterrestres debe explorar un espacio de ocho parámetros que Drake llamó "pajar cósmico". El mismo está compuesto por tres dimensiones espaciales que permitirían ubicar la civilización en el espacio físico, una dimensión temporal para ubicar el momento en el cual se está emitiendo, una frecuencia para sintonizar la señal, dos polarizaciones relacionadas con las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas y una potencia de recepción. 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 antena de Arecibo por 10^{-30} W/m² de

máxima sensibilidad de recepción lograda. Hasta el momento se han explorado 10^{11} celdas mediante observaciones de casi todos los radioobservatorios del mundo que totalizan unas 150.000 horas de registros.

Si logramos sobrevivir a la actual crisis tecnológica deteniendo la costosa carrera armamentista y evitando el holocausto nuclear, las puertas de la exploración y colonización del espacio se nos abren de par en par para el próximo siglo. Durante esta nueva era espacial, podemos imaginar enormes telescopios e interferómetros operando desde el espacio en las distintas regiones del espectro electromagnético: rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, y radio. Según M. D. Papagiannis (primer Presidente de la Comisión 51 de Bioastronomía de la Unión Astronómica Internacional) un LIRA —multi-interferómetro para observar el infrarrojo— puesto en la luna o en el espacio, no sólo sería capaz de detectar planetas alrededor de las estrellas cercanas, sino también de obtener registros infrarrojos de la existencia de agua, elemento preciado para la vida tal cual la conocemos.

En resumen, nuestra civilización se está acercando a un estado de desarrollo científico y tecnológico que nos permitiría responder a una pregunta fundamental: ¿cuán común es la vida y en especial la inteligente en el universo? Entonces, si logramos superar la autodestrucción, no pasará mucho tiempo sin que algunas de las incógnitas sean develadas. Éste es el momento en el cual debemos aunar esfuerzos para que el proyecto BIE (Búsqueda de Inteligencias Extraterrestres) se transforme en una empresa internacional. Esta responsabilidad no puede permanecer en el ámbito de un solo país, sino que debe ser compartida por la humanidad en su conjunto. Que sea el planeta Tierra todo el que emprenda la búsqueda y decida, en caso de tener éxito, si vale la pena "contestar"...



LECTURAS SUGERIDAS

- Fundación Casa de la Cultura de Córdoba, 1988, *Inteligencia Extraterrestre*, Serie de Reuniones Académicas, Estudios Internacionales Avanzados, Córdoba.
- MARX, G. (edit), 1988, *Bioastronomy: The Next Steps*, Proceedings of the International Astronomical Union Colloquium 99, Kluwer, Boston.
- MIRABEL, I. F., 1984, "Búsqueda de Vida Extraterrestre", *Revista Astronómica*, N° 20 y en *Universo*, vol. 5, 1985.
- PAPAGIANNIS, M. (edit), 1985, *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments*, Proceedings of the International Astronomical Union Symposium N° 112, D. Reidel & Co.

