

## **¿ESTAMOS SOLOS EN EL UNIVERSO?**

Mario Pedreros Avendaño  
Departamento de Física - Facultad de Ciencias  
Universidad de Tarapacá, Casilla 7-D, Arica  
e-mail: mpedrero@uta.cl

### **Resumen**

Se presenta aquí un método para estimar el número de civilizaciones técnicamente desarrolladas que podrían existir en nuestra Galaxia (La Vía Láctea). El método consiste en utilizar una expresión llamada la Ecuación de Drake, que permite calcular dicho número, en conjunto con varias suposiciones "razonables". Las estimaciones del número de civilizaciones que resultan de este cálculo están contenidas en un rango de valores que dependen de las suposiciones que se hagan. También se describen aquí algunos de los programas sistemáticos de búsqueda de emisiones de ondas electromagnéticas (ondas de radio) artificiales, supuestamente generadas por dichas civilizaciones, ya sea inadvertidamente, en su quehaceres habituales, o intencionalmente, en forma de señales transmitidas con el propósito de hacer contacto con sus semejantes galácticos.

## 1. INTRODUCCION

La pregunta de si estamos o no solos en el Universo ha llegado a inquietar no sólo a científicos, filósofos o humanistas, sino que también al común de la gente. Demostrar la existencia de otros seres en nuestra propia Galaxia sería un acontecimiento que cambiaría radicalmente nuestra forma de ver la vida y, en caso de que estos seres fuesen técnicamente más adelantados que nosotros y pudiéramos establecer algún tipo de contacto con ellos, causaría indudablemente una revolución en el conocimiento y la tecnología.

Las probabilidades de existencia de otros seres vivos en el Universo en su conjunto podrían ser muy altas, si consideramos que nuestra Galaxia (La Vía Láctea) posee unos **400 mil millones** de estrellas similares, más pequeñas o más grandes que nuestro Sol. Además de esto, sabemos que el Universo está repleto de galaxias, quizás **varios cientos de miles de millones** de ellas, cada una con un contenido de estrellas similar al de la Vía Láctea, aproximadamente. Es casi imposible pensar que en alguna de esas decenas de miles de millones de millones (decenas de miles de trillones) de estrellas, no se haya desarrollado la vida de manera similar o diferente a la de nuestro planeta.

Pero las distancias en el Universo son tan enormes, que pensar en alguna forma de comunicación con civilizaciones de otras galaxias fuera de la nuestra parece utópico, al menos a la luz de los conocimientos que poseemos en la actualidad. Por eso es que las investigaciones se circunscriben sólo al ámbito de nuestra propia Galaxia, lo cual no significa que la comunicación vaya a ser fácil, dadas las enormes distancias que existen también dentro de ella.

Hace 40 años atrás los físicos Giuseppe Cocconi y Philip Morrison publicaron un artículo en la revista semanal británica *Nature* bajo el título "*En Búsqueda de las Comunicaciones Interestelares*" en donde los autores argumentaban que en aquella época los radiotelescopios (telescopios que captan ondas de radio) habían logrado la sensibilidad suficiente como para captar transmisiones de civilizaciones que pudieran habitar planetas de estrellas distantes. Posteriormente, el radioastrónomo Francis Drake fue el primero en llevar a cabo una búsqueda sistemática de señales radiales inteligentes provenientes del cosmos, usando el radiotelescopio de 25 metros de diámetro del National Radio Astronomy Observatory en Green Bank, West Virginia, EEUU en un proyecto llamado OZMA, el cual no produjo ningún resultado positivo.

Cuando se preparaba para una reunión en que se planificarían programas de búsqueda sistemática de inteligencias extraterrestres, fue que F. Drake ideó la famosa ecuación que lleva su nombre y de la cual hablaremos en la próxima sección.

## 2. LA ECUACION DE DRAKE

La Ecuación de Drake fue concebida con la intención de estimar el número de civilizaciones con capacidad de comunicación radial ( $N$ ), que existirían en nuestra Galaxia. La expresión propuesta por Drake es la siguiente [1]:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L \quad (1)$$

Donde  $R$  representa la tasa de formación de estrellas en la VL (en estrellas por año); el factor  $f_p$ , corresponde a la fracción de estrellas en la VL que contiene planetas;  $n_e$  representa al número de planetas similares a la Tierra que hay en un sistema planetario dado. El resto de los factores  $f$  corresponden a la fracción de planetas, similares a la Tierra, en los que se ha desarrollado vida ( $f_l$ ), en los que se ha desarrollado la inteligencia ( $f_i$ ) y en los que existen civilizaciones con capacidades de comunicación radial ( $f_c$ ). Por último,  $L$  representa el tiempo de supervivencia (en años) que alcanza una civilización con capacidad de comunicación por ondas radiales. Desafortunadamente la

mayor parte de estos factores tienen valores desconocidos o muy inciertos.

En las siguientes subsecciones describiremos el significado de cada uno de estos factores con más detalle y, en la medida de lo posible, mencionaremos un valor representativo o un rango de valores entre los que sería razonable encontrar el valor correcto para cada factor [2].



**Figura 1.** Imagen electrónica de NGC 1232, una galaxia espiral de similares características a la Vía Láctea, tomada con el telescopio VLT del Observatorio Europeo Austral (ESO). Si esta galaxia fuese similar a la nuestra, tendría un diámetro de 100 mil años luz y el Sol se encontraría a unos 33 mil años luz (1 año luz = 9,5 millones de millones de kilómetros) del centro de la galaxia, como lo indica el círculo blanco a la izquierda.

### **R** La tasa de formación de estrellas en la Vía Láctea

Puede parecer extraño que en el cálculo del número  $N$  de Drake no se considere la cantidad total de estrellas contenidas en la VL, mencionada en la sección anterior. Esto se explica por el hecho que no todas las estrellas presentes en la VL en este momento se formaron al mismo tiempo sino que, por el contrario, se han formado paulatinamente, desde la época de formación de las galaxias hasta nuestros días. Este hecho determina también la forma en que irían apareciendo las civilizaciones en la VL. Lo que se debe hacer entonces es usar un parámetro llamado la **tasa de formación de estrellas** ( $R$ ), que corresponde al número promedio de estrellas que nacen cada año en la VL, en vez del número total de estrellas que ésta contiene.

El factor R es, de todos aquellos en la Ecuación de Drake, uno de los más conocidos. En efecto, sabemos que la VL se formó, al menos, hace unos  $10^{10}$  (10 mil millones) de años atrás y que contiene, por lo menos, unas  $10^{11}$  (100 mil millones) estrellas. Entonces, si suponemos que las estrellas han ido apareciendo de manera continua durante todo este tiempo, tendríamos un promedio de nacimientos de 10 estrellas por año. Por otra parte, se sabe que la tasa actual de formación de estrellas es de unas 2 a 3 por año, pero por lo dicho anteriormente, ésta tasa debe haber sido mayor en el pasado, por lo que un valor de  $R = 10$  (estrellas/año) parece un número razonable a adoptar para la tasa promedio de formación de estrellas en la VL.

### $f_p$ Fracción de estrellas que poseen sistemas planetarios

Los recientes descubrimientos de estrellas que poseen objetos subestelares orbitando a su alrededor, están revelando que la existencia de planetas en otras estrellas no es un fenómeno poco común en nuestra Galaxia [3]. Hasta ahora se han descubierto alrededor de 40 sistemas planetarios de este tipo y, con seguridad, se seguirán descubriendo más frecuentemente a medida que, con el tiempo, vayan apareciendo telescopios más poderosos y detectores más sensibles. Esto es, por ahora, lo que se vislumbra como la tendencia futura. Sin embargo, con los instrumentos y técnicas disponibles en los tiempos presentes sólo se logra detectar objetos muy masivos, del tamaño de Júpiter hacia arriba. En consecuencia, todavía no se logra la detección de objetos del tamaño de la tierra, que tiene una masa unas 320 veces menor que la de Júpiter. Por todo lo dicho,  $f_p$  podría variar entre 0,01 y 1,0; éste es uno de los valores difíciles de estimar en la ecuación de Drake.

### $n_e$ Número de planetas similares a la Tierra dentro de un sistema planetario

Este factor representa el número de planetas en un sistema solar determinado, que tienen condiciones para que en ellos se desarrolle la vida, de la forma en que la conocemos en la Tierra. La experiencia en nuestro propio sistema solar nos indica que este número debería ser al menos *uno*. Pero recordemos que dos de las condiciones principales para que un planeta sustente vida, son: a) que exista una temperatura adecuada sin cambios drásticos y b) que exista agua líquida. Lo primero requiere que la órbita del planeta sea muy circular y esté dentro de la llamada **ecósfera** de la estrella central, donde se cumplen las condiciones de temperatura requeridas. La segunda condición requiere que el planeta tenga una masa adecuada para que le permita retener una atmósfera y cumplir con condiciones mínimas de presión atmosférica para la existencia de agua líquida. Por lo anterior, podría ser que la existencia de estos planetas sea más una excepción que una regla, lo cual nos lleva a un valor tal vez mucho menor que *uno* para este factor. Aquí supondremos un rango de valores entre 0,1 y 1 para este factor.

### $f_l$ Fracción de planetas similares a la Tierra en donde se ha desarrollado vida

De acuerdo a recientes observaciones, existe en el Universo una gran diversidad de moléculas orgánicas complejas, como hidrocarburos y aminoácidos. Estas moléculas son predecesoras de la vida, aun no siendo ellas mismas entes vivientes, y han sido descubiertas, en abundancia, en meteoritos, cometas y polvo interestelar. Además, recientes descubrimientos revelan que los microorganismos aparecieron en la Tierra apenas cesaron los procesos violentos en la formación del planeta, lo que nos lleva a pensar que, dadas las condiciones adecuadas, la vida siempre aparece. Por lo tanto podríamos concluir que en todos los planetas en que existan las condiciones, se desarrollará la vida, lo que significa que  $f_l$  tendría un valor cercano a *uno*. Adoptaremos este último valor como representativo de este factor.

### $f_i$ Fracción de planetas en donde se ha desarrollado vida inteligente

Para que existan emisiones de radio extraterrestres que podamos captar es necesario que se desarrollen civilizaciones tecnológicas que sean capaces de emitir estas señales. Esto requiere un desarrollo de la inteligencia. Este es el factor más controvertido de la ecuación (1). Algunos investigadores creen que su valor es cercano a *cero*, otros que se acerca a *uno*, aparentemente no hay términos medios. En el primer caso esto significaría que es muy difícil que la inteligencia se desarrolle en lugares donde hay vida. Por otra parte, un valor cercano a *uno* querría decir que es prácticamente inevitable que se desarrolle la inteligencia en estos lugares. En todo caso, el desarrollo de la inteligencia requeriría de tiempo, lo que a su vez exige condiciones de estabilidad en el planeta, es decir, que el tiempo entre sucesos devastadores que puedan asolar al planeta sea lo suficientemente largo para permitir un desarrollo de seres inteligentes. Nuestra propia existencia en este planeta parece ser el resultado de una variada gama de coincidencias astronómicas que le han dado estabilidad al planeta Tierra. Supondremos aquí un rango de 0,01 a 1 para esta fracción.

### $f_c$ Fracción de civilizaciones capaces de (y dispuestas a) comunicarse radialmente

Como la idea original de Drake, cuando formuló la ecuación que lleva su nombre, era estimar las probabilidades de detección de señales artificiales provenientes del cosmos, incluyó en su expresión este factor, que da cuenta de la capacidad y disposición de una civilización avanzada a comunicarse mediante emisiones de radio. Por lo que es razonable preguntarse ¿qué fracción del total de civilizaciones avanzadas existentes en la VL serían capaces y estarían dispuestas a comunicarse con nosotros a través de señales radiales?. Los optimistas piensan que esta fracción es grande, es decir, que tarde o temprano cualquier civilización tecnológica descubrirá que la comunicación radial es la más eficiente forma de comunicarse a través de distancias astronómicas. Por otra parte, los pesimistas piensan que tal vez la radio podría aparecer como algo muy primitivo para civilizaciones mucho más adelantadas que nosotros y están usando medios que nosotros no podemos imaginar ni menos detectar. El rango de valores que adoptaremos aquí es de 0,1 a 1 para este factor.

### $L$ Tiempo de supervivencia de una civilización “comunicativa”

También aquí hay visiones optimistas y pesimistas. Una civilización de este tipo puede durar decenas de millones de años, argumentan los optimistas. Por el otro lado se encuentran los pesimistas quienes señalan que los seres humanos idearon la radiotecnología hace solo unas décadas y que la raza humana ha estado a punto de destruirse a sí misma durante gran parte de ese tiempo. Esto último implicaría un valor de  $L$  de tan sólo unas pocas decenas o cientos de años para la duración de civilizaciones capaces de comunicarse por este medio, según la argumentación pesimista. En este caso el rango de valores que adoptaremos será de 10 años a 1000 millones de años.

En resumen, el único factor sobre el que se tiene cierta seguridad es  $R$ , la tasa de formación de estrellas en la VL. El resto de los factores son relativamente inciertos. Debido a esto, lo que proponemos aquí, siguiendo la idea de F. Shu [1], es definir un factor  $p$  que incluye todos los factores inciertos, exceptuando  $L$ , de forma que:

$$p = f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \quad (2)$$

Podemos entonces calcular los valores máximo y mínimo de  $p$ , usando los rangos de valores dados en el texto para cada uno de los factores de la ecuación (2), y utilizarlos, junto con los valores máximo y mínimo de  $L$  dados anteriormente, para confeccionar una tabla donde se muestre el número de civilizaciones "comunicativas" ( $N$ ) que existirían en la VL. Los valores de  $N$  se calculan a través de la ecuación de Drake, usando como argumentos, los valores extremos de  $L$  y  $p$ , y algunos valores intermedios de estos dos parámetros. El resultado de estos cálculos se muestra en la Tabla 1.

En la Tabla 1 también se muestra, inmediatamente bajo el valor de  $N$ , la distancia en años luz (1 A.L.= 9,5 millones de millones de kilómetros) a la cual se encontraría la civilización "vecina" más cercana a nosotros (para el caso en que  $N$  sea mayor que *uno*). Se puede apreciar que para el caso más optimista donde  $N = 10^{10}$  (10 mil millones de civilizaciones), nuestros vecinos más cercanos estarían a 15 A.L. de nosotros. Lo que significa que si pudiésemos viajar a la velocidad de la luz (es decir a 300 mil km/s), nos demoraríamos 15 años en llegar hasta ellos. Ahora, volviendo a la realidad y considerando que las naves más rápidas que hemos construido hasta ahora, como las sondas que han explorado y siguen explorando nuestro Sistema Solar, se mueven 10 mil veces más lento que la luz, es decir a unos 30 kilómetros por segundo, el tiempo que tomaríamos en recorrer los 15 A.L. que nos separan de nuestros vecinos, sería por lo tanto, 10 mil veces mayor, o sea, 150 mil años. En el caso pesimista donde, según la Tabla 1, la civilización más cercana estaría a 10 mil A.L., demoraríamos la increíble cantidad de 100 millones de años en llegar, en las mismas condiciones anteriores. En virtud de estos resultados, se hace difícil pensar en "encuentros del tercer tipo", es decir, en visitas personales de nuestros pares galácticos a la Tierra, o de nosotros a otros planetas extrasolares habitados.

Tabla 1  
Número de estimado de civilizaciones en la Galaxia

$p \backslash L$ (años)	1	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-6}$
10 (diez)	$10^2$ (10.000)	1 --	$10^{-2}$ --	$10^{-4}$ --
$10^3$ (mil)	$10^4$ (2.000)	$10^2$ (10.000)	1 --	$10^{-2}$ --
$10^5$ (100 mil)	$10^6$ (300)	$10^4$ (2.000)	$10^2$ (10.000)	1 --
$10^7$ (10 millones)	$10^8$ (70)	$10^6$ (300)	$10^4$ (2.000)	$10^2$ (10.000)
$10^9$ (1000 millones)	$10^{10}$ (15)	$10^8$ (70)	$10^6$ (300)	$10^4$ (2.000)

NOTA: los números entre paréntesis en las columnas 2 a 5 indican la distancia, en Años Luz, a la civilización más cercana a nosotros

Lo menos que podemos decir es que estos resultados siembran dudas respecto a que el fenómeno OVNI tenga alguna relación con visitantes extraterrestres provenientes de sistemas planetarios extrasolares; a menos que ellos sepan algo que nosotros no sabemos y puedan desplazarse a velocidades cercanas a la de la luz o por “atajos cósmicos” desconocidos para nosotros. Pero en caso que así fuera, eso demostraría un adelanto en conocimientos tan increíble, comparado con el nuestro, que las diferencias entre ellos y nosotros serían comparables a la de los humanos respecto a las bacterias y entonces, ¿qué interés podríamos tener nosotros en adentrarnos en el mundo de las bacterias para tratar de comunicarnos con ellas?. Lo lógico sería que los extraterrestres de estas hipotéticas supercivilizaciones pensarán algo parecido a esto, respecto a nosotros, y su interés en visitarnos fuese escaso ya que a sus ojos (o lo que sea que tengan para percibir la luz) no seríamos más que bacterias, comparados con ellos.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, sólo las estimaciones más pesimistas de  $p$  y  $L$  combinan para concluir que estaríamos solos en la Galaxia. Por otra parte, a menos que  $L$  sea mucho mayor que 10 mil años, no se podrían establecer radio comunicaciones antes que una de las civilizaciones desaparezca, ya que las distancias involucradas serían, en ese caso, de menos de 5 mil años por lo que el tiempo del viaje ida y vuelta de las ondas electromagnéticas hasta el planeta habitado, sería menor que los 10 mil años que sobreviviría la civilización a contactar. Esto último debido a que las ondas electromagnéticas que llevan y traen los mensajes se mueven a la velocidad de la luz, lo que hace que el tiempo para ir y volver sea numéricamente igual dos veces el valor de la distancia en A.L. al planeta.

### 3. PROGRAMAS DE BUSQUEDA DE CIVILIZACIONES EXTRATERRESTRES

Varios son los programas de “búsqueda de inteligencias extraterrestres” o SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) que se vienen desarrollando desde 1960 cuando F. Drake inició la búsqueda sistemática de señales radiales artificiales provenientes del cosmos. Todos siguen básicamente la misma estrategia, es decir, explorar varias regiones del espectro de microondas tratando de encontrar señales de ancho de banda extremadamente angosto (es decir, señales compuestas de un único valor de frecuencia) y que se originen fuera del Sistema Solar. Este tipo de señales tienen más probabilidad de ser detectadas ya que se diferencian significativamente de las señales originadas en procesos naturales, cuyo ancho de banda es mucho mayor. Además, lo que se busca son señales tipo “faro”, es decir, pulsos periódicos, que son más fácilmente detectables ya que se diferencian aún más del fondo de emisiones naturales [4].

Estos programas de búsqueda usan los mismos equipos (radiotelescopios) que se usan para observaciones astronómicas, ya sea en forma exclusiva o compartiéndolos con programas de observación astronómica, sobre regiones fijas del cielo o barriendo gran parte del hemisferio visible al radiotelescopio usado.

El **Proyecto Phoenix**, del SETI Institute en Mountain View, California, es uno de los que tienen un blanco fijo, que son 1000 estrellas viejas de tipo solar a menos de 200 años luz de distancia. Los integrantes del equipo investigador viajan en grandes camiones llenos de equipos computacionales a diversos radio observatorios en el mundo. En la búsqueda de estas emisiones utilizan más de dos mil millones de canales de frecuencia entre 1,2 y 3,0 Gigahertz con una resolución (ancho de banda) de 0,7 hertz.

El **Proyecto BETA** [5] explora todo el hemisferio visible entre declinaciones  $-30^\circ$  a  $+60^\circ$  durante el curso de un año, usando un viejo radiotelescopio de 26 metros de diámetro en Harvard, Massachusetts. Observar todo el hemisferio visible en un año y entre las declinaciones mencionadas implica que un determinado punto en el cielo es “escuchado” por el radiotelescopio en una determinada banda de frecuencia tan solo 8 segundos en un año.



**Figura 2.** Radiotelescopio de 34 metros de diámetro del Instituto Argentino de Radioastronomía utilizado en el Proyecto META II (ver texto). Se ubica en las cercanías de Buenos Aires.

**META II** es un proyecto para observar en el Hemisferio Sur, usando la antena de 34 metros de diámetro del Instituto Argentino de Radioastronomía cercano a Buenos Aires. Desde 1990 que se observa el cielo repetidamente entre declinaciones  $-90^\circ$  y  $-10^\circ$ , monitoreando 8 millones de canales de 0,05 hertz de ancho.

El proyecto **SERENDIP** [6] manejado por un equipo de la Universidad de California en Berkeley desde 1978, tiene versiones Norte y Sur. En ambas usan el concepto de escuchar bandas muy angostas dondequiera que un radiotelescopio esté siendo usado en otro tipo de observaciones, compartiendo así el equipo y sin interferir con los programas principales de observación. Tiene la desventaja de no poder elegir el área de observación, pero la gran ventaja de la continuidad de las observaciones. La versión Norte usa el telescopio de 300 metros de diámetro de Arecibo, Puerto Rico, y la sur, manejada por el Centro SETI de Australia, las instalaciones del Observatorio Radioastronómico Parkes en Australia.

Por último, un proyecto llamado **SETI@home** le da la posibilidad de participación en esta interesante búsqueda a cualquier persona con un computador y una conexión a Internet. La idea es usar el tiempo que el usuario no esté usando el equipo para “filtrar” datos radiales, provistos por SERENDIP, en búsqueda de posibles señales artificiales. Cada búsqueda se hace sobre unos 250 Kbyte de datos y demora en promedio una a dos semanas. El trabajo y el envío de resultados lo hace, en forma totalmente automática, un programa computacional proporcionado por SERENDIP junto con los datos. Esto permite a SERENDIP incrementar su sensibilidad en un factor 10 y el volumen de espacio investigado en 30 veces. Para mayor información sobre este interesante proyecto en el que Ud. podría contribuir, vea el sitio web en:

**<http://www.setiathome.ssl.berkeley.edu/>**

Es importante mencionar que, además de los descritos anteriormente, existen otros programas de búsqueda que no se limitan a ondas de radio. Por ejemplo, aquellos que buscan pulsos

en ondas visibles y señales láser de banda angosta, etc..

En general, los programas de búsqueda de vida inteligente han mostrado una creciente gama de estrategias y cobertura, pero aparentemente, no han comenzado todavía a hacer uso de todas las posibilidades disponibles; éste es el tipo de programas donde pequeños esfuerzos pueden contribuir mucho y hacer grandes diferencias.

## REFERENCIAS

- [1] F. H. Shu. *The Physical Universe*, University Science Books, 1982
- [2] G. Schilling. "The Chance of Finding Aliens", *Sky and Telescope*, Diciembre 1998, pg. 36.
- [3] M. Pedreros. "Planetas de Otros Soles", *Charlas de Física No.13*, 1996, pg. 1
- [4] A.J. LePage & A.M. MacRobert. "SETI Searches Today", *Sky and Telescope*, Diciembre 1998, p44.
- [5] Project BETA, pagina web <http://seti.planetary.org>
- [6] Project SERENDIP, página web <http://seti.ssl.berkeley.edu/serendip/serendip.html>.