



Crédito: Adam Burn.

¿Dónde está todo el mundo?

Octavio Alonso Lara Lima

Hey marcianos, vengan a visitarnos, no dejen de venir, avisen cuándo lleguen para irlos a recibir, les daremos cariño, el corazón entero, pidan lo que quieran, excepto dinero.

Les Luthiers, fronteras de la ciencia

La vida, el universo y todo lo demás

Tú que me estás leyendo seguramente has tenido la misma inquietud que yo mirando las estrellas en una noche despejada, de pensar si estamos solos en el universo. Hasta hoy nadie ha confirmado la existencia de vida fuera del planeta Tierra, pero muchos científicos apuestan que debe existir por razones probabilísticas, ya que el universo es inmensamente grande. Y aún más, hay otra cuestión que pocos se atreven a plantear con contundencia, las de si

existe una vida inteligente fuera de la Tierra que desarrolle su propia cultura y conocimientos como lo hace la nuestra. Esto es aún más complicado de responder. Aunque no haya una respuesta, no por ello debemos privarnos de explorar algunas de las posibles ideas que se han planteado al respecto; en particular este artículo aborda lo que popularmente se conoce como la paradoja de Fermi con el propósito de reflexionar e incluso dar rienda suelta a la imaginación, y que cada quien se quede con la conclusión que mejor le parezca.

Un restaurante en el fin del mundo

La paradoja de Fermi surgió en 1950 durante un almuerzo en el Laboratorio Nacional de Los Álamos ubicado en Nuevo México, Estados Unidos. Enrico Fermi almorzaba con algunos de sus colegas y preguntó al principio en broma dónde estaba todo el mundo aludiendo a la posible existencia de civilizaciones extraterrestres. Obviamente Fermi no era la primera persona en la historia en hacer esa pregunta, pero el hecho cobró importancia porque ya para ese entonces él era un físico célebre en el mundo de la ciencia. Había ganado el premio Nobel de Física por su trabajo sobre radiactividad inducida con neutrones, y eso lo llevó a construir el primer reactor nuclear, y además ya había hecho otras aportaciones importantes (ver en Cienciorama: [“La regla de oro: química y cuántica”](#)). La anécdota de la pregunta y el hecho de que Fermi fuera un físico connotado bastaron para definir como paradoja de Fermi la falta de evidencia sobre otras civilizaciones extraterrestres inteligentes en el universo. De acuerdo con el físico Eric Jones, que coleccionaba relatos escritos de las personas que estuvieron presentes en ese almuerzo en Los Álamos, parece ser que las ideas de Fermi fueron malinterpretadas. Él no dudaba de la existencia de vida en el universo pero consideraba que los viajes espaciales eran algo imposible y por lo tanto lograr hacer contacto con alguna de esas civilizaciones si existían, nunca se llevaría a cabo; además nunca publicó nada al respecto, ni de vida extraterrestre ni de viajes espaciales, nada de nada. Así

que surge la pregunta de por qué se ha asociado este problema con su apellido.

La idea central de la paradoja de Fermi según se planteó posteriormente, es que si los extraterrestres no están aquí es porque no existen, y fue publicada por vez primera por el astrónomo Michael Hart, 25 años después del célebre almuerzo, y no por razones filosóficas sino para cuestionar al programa SETI –Search for Extra Terrestrial Intelligence– cuyo patrocinio inicial fue auspiciado por la NASA y por lo tanto con dinero público de los Estados Unidos; Hart consideraba que era desperdiciar recursos. Tiempo después el físico Frank Tipler sumó la idea de la inteligencia artificial a la paradoja argumentando que su autorreplicación podría haber ayudado a colonizar la galaxia en unos 300 millones de años, pero como no había muestra de tal cosa concluyó que debemos ser la única inteligencia en el universo.



Figura 1. Matriz de telescopios Allen ubicados en el observatorio astronómico de Hat Creek, California, Estados Unidos. Los telescopios pertenecen al instituto SETI y al Laboratorio de Radioastronomía de la Universidad de California. Crédito: Instituto SETI.

Algunos autores –entre los cuales me incluyo– consideran que lo más apropiado sería denominar este tema como paradoja de Hart-Tipler, y aún habría que ver si en verdad el problema es una paradoja. De forma muy simple, en una paradoja hay elementos de irracionalidad que van contra el sentido común, y es muy pronto para decidir si sabemos todo acerca de la vida en el universo, ni siquiera sabemos si tecnológicamente son posibles los viajes espaciales a otras estrellas, o si la inteligencia artificial llegará a tener la capacidad de autorreplicarse. Todo lo que sabemos se basa en nuestro sistema planetario y nuestra civilización.

La guía del viajero intergaláctico

La parte más interesante del problema son las posibles soluciones, pero antes veamos el panorama de lo que sabemos, una guía pequeña. Hasta el día de hoy el universo observable tiene un tamaño de 93 billones de años luz, y en él existen millones de galaxias que a su vez contienen millones de estrellas que a su vez pueden tener o no sistemas planetarios. Además el universo tiene una edad de 13,800 millones de años, por lo que es razonable suponer que con todo ese tiempo y tantos millones de mundos, debería existir al menos un pequeño puñado de planetas donde la vida pudo surgir como en la Tierra, ¿pero cuántos aproximadamente? Ésta es una pregunta que en 1961 trató de resolver el astrónomo estadounidense Frank Drake, quien en ese entonces era el primer director del proyecto SETI. Drake propuso una ecuación para calcular la probabilidad de que existan otras civilizaciones en el universo con la capacidad de comunicarse actualmente por ondas electromagnéticas, tomando en cuenta factores astronómicos, biológicos y tecnológicos. La fórmula de Drake es una ecuación sencilla, y aunque actualmente existen otros modelos más elaborados, sigue siendo práctica para hacer una estimación rápida.

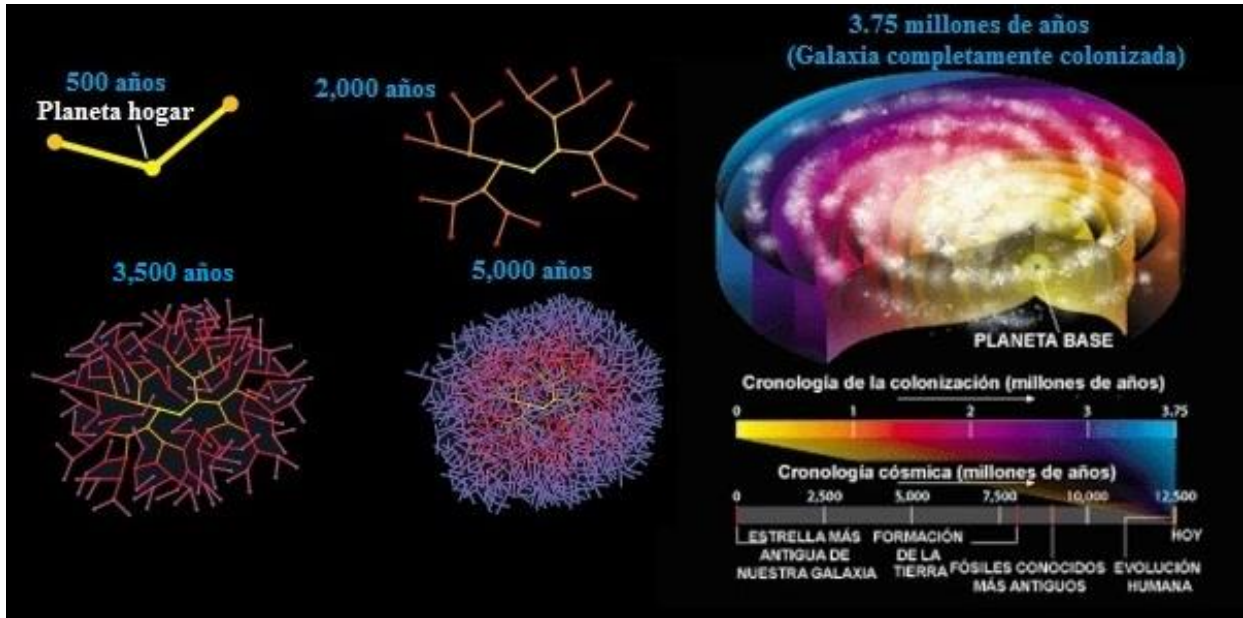


Figura 2. Una civilización podría mandar dos naves que viajen durante 100 años por el espacio, que colonicen un planeta en 400 años y que después envíen otras dos naves para seguir colonizando. Los cálculos sugieren que después de 3.75 millones de años la galaxia debería estar colonizada por completo, un periodo de tiempo pequeño si se compara con la edad del universo. Esto es suponiendo que existe una tecnología que permita viajar a la velocidad de la luz o cercana a ella. La estrella más cercana a la Tierra es Alfa Centauri y está a 4.37 años luz de nuestro planeta, sólo para darnos una idea de las distancias estelares. Imagen extraída y editada de *Scientific American*.

Es recomendable restringir la búsqueda de civilizaciones extraterrestres a una región más pequeña como nuestra galaxia, la Vía Láctea, porque para fines prácticos las galaxias que están más allá del grupo local de galaxias al que pertenecemos, están fuera de nuestro alcance. Las distancias son inimaginablemente grandes y la expansión del universo dificulta mucho un posible viaje; estaríamos prácticamente “correteando” galaxias y si sucedieron cosas espectaculares hace mucho tiempo en una galaxia muy muy lejana – como en la que se desarrolla *Star Wars*–, difícilmente lo sabremos. Además la Vía Láctea no es precisamente pequeña, se estima que existen 400 mil millones de estrellas, de las cuales 20,000 millones se parecen al Sol, y una quinta parte de ellas tienen planetas ubicados en una zona similar a la de la Tierra, donde las temperaturas son lo suficientemente cálidas para no quedar fritos o

congelados. Al introducir tales valores a la ecuación de Drake, y considerar otras variables que a decir verdad toman valores dependiendo del optimismo del investigador, se obtienen resultados que van desde las 10 civilizaciones hasta las decenas de miles, aunque hay a quienes la ecuación les da prácticamente cero. De hecho una investigación reciente que se publicó en la revista *Astrobiology*, acotó algunas de las variables de la ecuación de Drake con base en nuevas observaciones de exoplanetas, y concluyó que un escenario como el de nuestro planeta ha sucedido unas diez mil millones de veces en la historia del universo; suponiendo que la probabilidad de desarrollo de una civilización en un planeta habitable sea de una entre un billón, el número es enorme.

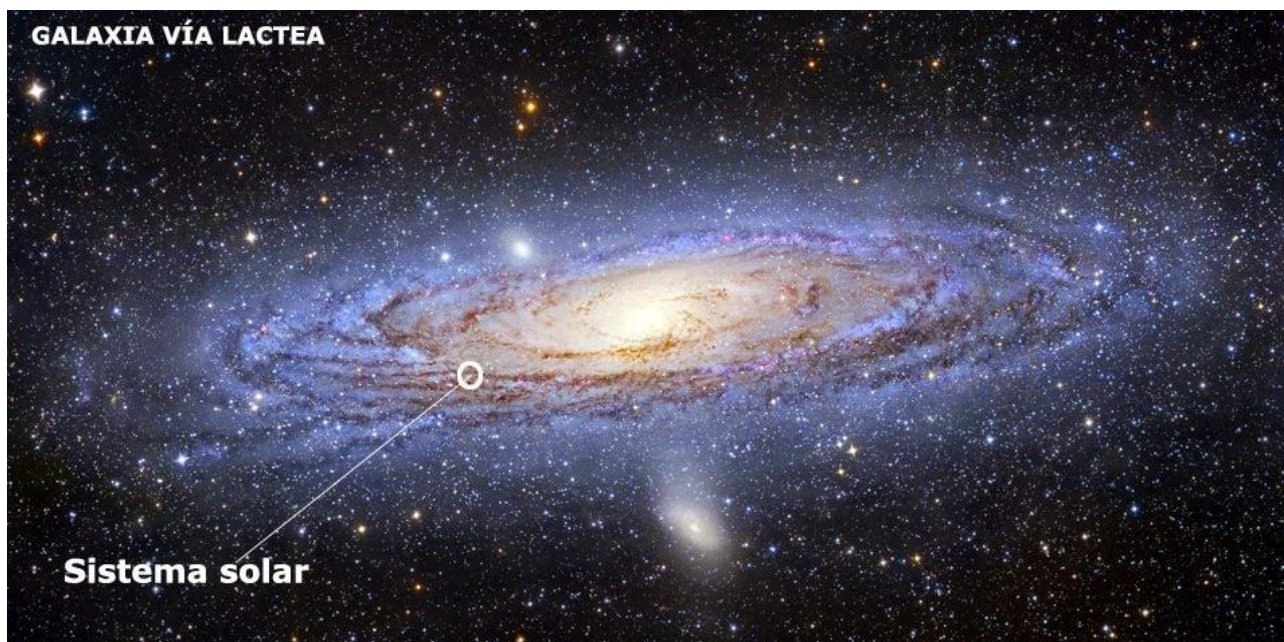


Figura 3. La Vía Láctea y una aproximación de donde se encuentra el Sistema Solar en una zona de habitabilidad galáctica (ver en Cienciorama: [“El principio antrópico: un problema de ajuste fino”](#)). Las estimaciones del número de estrellas van desde las 100 mil millones hasta las 400 mil millones. Imagen genérica.

Fundación

Si nos quedamos con un número de cero civilizaciones en la ecuación de Drake, tendríamos como consecuencia inmediata que este artículo se terminaría

justo aquí, así que mejor consideremos posible la existencia de un cierto número desconocido de civilizaciones avanzadas. Cualquier conjetura acerca de tales civilizaciones es pura especulación, pero se pueden usar las leyes de la física para poner límites, en particular usando teorías bien establecidas como la cuántica, la relatividad general, la termodinámica y otras. Por ejemplo Michio Kaku, un físico teórico estadounidense, ha dicho que las leyes de la termodinámica definen y permiten clasificar cualquier civilización en términos de la energía que disponen. Sabemos que la materia estable o bariónica –como los protones y neutrones– tiende a agruparse en tres grandes grupos: los planetas, las estrellas y las galaxias; y por lo tanto la energía disponible para una civilización avanzada también se basará en estos grupos, y eso pone límites superiores en su tasa de consumo de energía.

Kaku también plantea ciertas leyes de evolución planetaria –obviamente se basa aún en suposiciones–, como la de que cualquier civilización avanzada debe crecer en su consumo de energía más rápido que la frecuencia de catástrofes que amenazan la vida –impactos de meteoritos de gran tamaño, edades de hielo, supernovas locales–, si crece más despacio está condenada a la extinción. Esto coloca límites inferiores a la tasa de crecimiento de tales civilizaciones, ya que existe una estimación de cada cuánto tiempo suceden dichos eventos.

Una teoría de cómo agrupar las civilizaciones avanzadas fue enunciada por el astrofísico ruso Nicolai Kardashev y la publicó en un artículo semanal en el *Journal of Soviet Astronomy* de 1964, en él propuso agruparlas en tres tipos: I, II, y III.

Una civilización tipo I sería verdaderamente planetaria, una sociedad multicultural, científica y tolerante donde todo el planeta está interrelacionado, y hoy en día podemos ver señales de ello en la Tierra. Por ejemplo, el inglés se ha ido posicionando como un lenguaje planetario, las revistas de mayor importancia en las que publican los científicos sus investigaciones están en inglés. Igualmente la mayoría de la información en el internet está en inglés, y

también se usa en diversas negociaciones a nivel internacional. Actualmente el inglés se considera como una exigencia formativa. El internet es un sistema de comunicación planetario muy diverso donde se pueden usar el correo electrónico, las videoconferencias o las diferentes redes sociales para estar en comunicación con una persona de otro lado del planeta. Hay rastros de una economía planetaria como la Unión Europea –la Eurozona– o de acuerdos como el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Inclusive podríamos decir que existe una cultura planetaria –surgida de la cultura dominante estadounidense y que en el pasado fue la europea– en la que imperan, por ejemplo, las películas de Hollywood, la música o los programas de televisión, y hasta en el deporte suceden eventos planetarios como el Mundial de Fútbol o las Olimpiadas.

Dado que una civilización del tipo I ya es verdaderamente planetaria, en la actualidad la civilización humana aún es del tipo 0, recalco; existen las huellas de una civilización tipo I pero aún necesitaremos algunos siglos más para llegar al siguiente tipo; el científico Carl Sagan estimó que estamos en alrededor del 0.7 en esta escala. Una de las suposiciones de las civilizaciones tipo I es que llegan al equilibrio ecológico, resuelven conflictos nacionales y raciales, y son capaces de aprovechar todas las fuentes de energía disponibles en su planeta, algo que evidentemente aún no sucede en nuestra civilización; problemas como el calentamiento global y las guerras son una realidad.

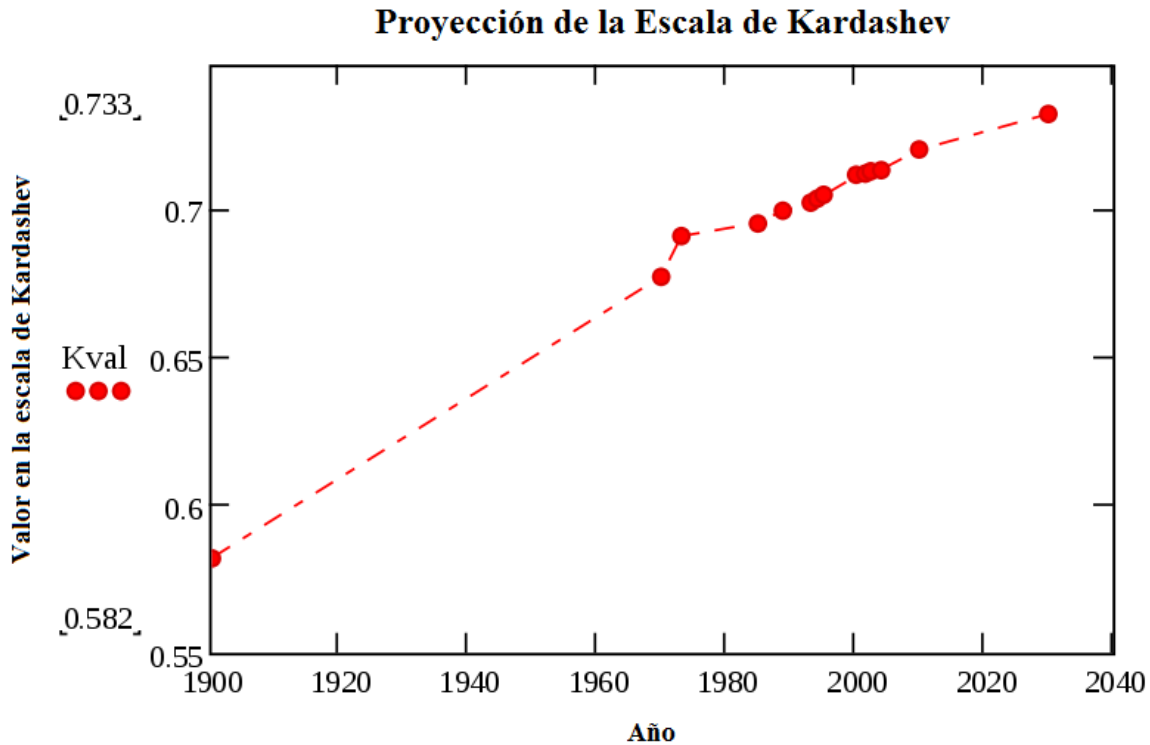


Figura 4. Escala de Kardashev en términos del consumo de energía. Los datos y la proyección del consumo de energía de la civilización humana son suministrados por la Agencia Internacional de Energía. Un valor de uno corresponde a una civilización tipo I o planetaria, y para el 2030 se estima que se alcanzara el 0.733 de la escala. Sin embargo, la escala ya ha sido modificada una vez porque el valor de energía propuesto inicialmente para una civilización tipo I se alcanzó y aún no reunimos las características de una civilización planetaria.

Imagen: https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Kardashov#/media/File:KScale.svg

Las estrellas, mi destino

Después de cierto tiempo, un planeta no será suficiente para suplir las necesidades energéticas de una civilización tipo I, por lo que tenderá a consumir la energía de su estrella. Las civilizaciones capaces de aprovechar toda la energía que requieren de su estrella son del tipo II o estelar, y para realizar tal proeza hay una idea que parecerá sacada de una historia de ciencia ficción pero que podría ser factible, construir una esfera de Dyson. Se trata de una estructura que circundaría una estrella y que por ende absorbería toda la energía que emitiera. Suena extravagante pero hay astrónomos que se

lo toman en serio. Por ejemplo, en la estrella KIC 8462852 se han percibido anomalías que consisten en una reducción periódica del 20% de su brillo en periodos no regulares, lo cual no debería ocurrir en una estrella adulta libre de discos protoplanetarios. De las muchas explicaciones que surgieron para este fenómeno, hubo quienes argumentaron que se podría deber a gigantescas estructuras artificiales, desde paneles hasta tal vez una esfera de Dyson. Aunque el misterio no está resuelto, y muchos astrónomos coinciden en que tal anomalía debe tener una explicación menos estafalaria, el hecho de que se haya considerado como una estructura artificial implica que la idea no es tan jalada de los pelos. Incluso científicos de la Universidad del Bósforo en Turquía plantearon la posibilidad de que estas estructuras hipotéticas podrían ser viables en enanas blancas, remanentes generados por estrellas después de explotar, y que se irán apagando paulatinamente; de hecho ese es el destino de nuestro Sol una vez que explote. Existen variaciones de la esfera de Dyson, porque el concepto original es una esfera cerrada, y la tensión que tendría que soportar el material con el que se construyera la estructura la haría imposible; además sería inestable, porque si la estrella en el centro se desplaza un poco, la estructura terminaría chocando contra ella. Pero si en lugar de tratarse de estructuras cerradas se trata de cuerpos -como paneles solares de grandes dimensiones- que orbiten en la estrella parcial o completamente, la estructura podría ser factible. En fin, es todo un tema por explorar.

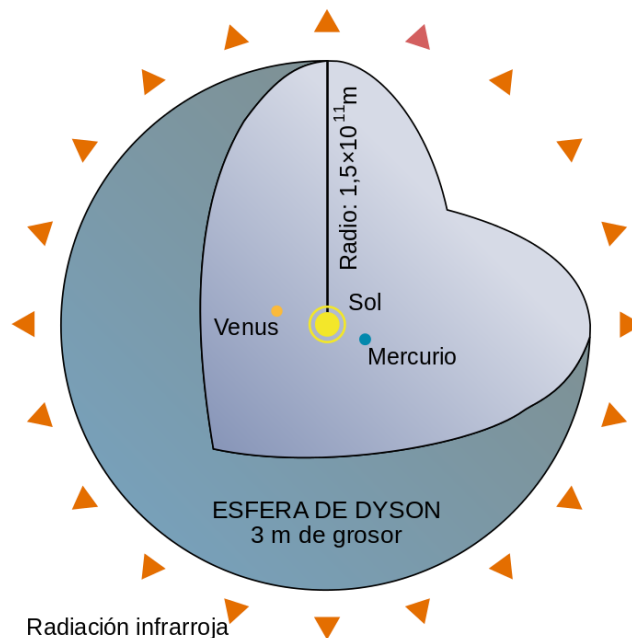


Figura 5. Ejemplo de una esfera de Dyson. La esfera presentada en la imagen tendría un radio de una unidad astronómica –distancia de la Tierra al Sol– y un espesor de 3 metros. Tener el suficiente material para construir la estructura implicaría desgajar planetas u otros cuerpos. La estructura emitirá radiación residual en el infrarrojo por lo que sería posible detectarla.

Imagen: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5013115>

Fundación e imperio

Por último, en la escala de Kardashev, las civilizaciones tipo III o galácticas son aquellas capaces de aprovechar la energía ¡de una o varias galaxias! Pero no vayan a pensar que con una estructura de tamaño galáctico, sino aprovechando la energía de todas las estrellas y posiblemente de otros cuerpos astronómicos con esferas de Dyson y otras estructuras más desarrolladas. Para una civilización galáctica el principal problema serían las inmensas distancias; por ejemplo, la Vía Láctea tiene un diámetro de cien mil años luz, es decir que ir de un extremo a otro de nuestra galaxia llevaría cien mil años suponiendo poder viajar a la velocidad de la luz –trescientos mil kilómetros por segundo–; pero la teoría de la relatividad nos dice que un

objeto con masa no puede viajar a la velocidad de la luz, lo que retrasaría millones de años la transición de una civilización estelar a una galáctica.

La escala de Kardashev es una escala para agrupar civilizaciones pero no es la única, existen variaciones como la propuesta por Carl Sagan que está en términos de la cantidad de información disponible para una civilización –no confundir con datos o conocimientos, la información es un conjunto de datos procesados que tienen utilidad–, así que son temas libres para proponer ideas.

Es posible que con todo lo anterior el lector tenga una mejor base para responder la pregunta de dónde está todo el mundo, e insisto, nadie lo sabe pero podemos plantear una serie de posibles respuestas que se pueden agrupar en dos: ya sea dando por hecho que las civilizaciones avanzadas no existen o que en realidad sí están allí pero no las vemos. Desafortunadamente explorar dichas posibilidades es un tema amplio que por sí sólo abarca otro artículo, y que próximamente estará en *Cienciorama*.

Bibliografía

- [1] ¿Solos en el Universo? En busca de nuestros hermanos cósmicos. Miguel Alcubierre, ¿Cómo ves? No. 73, 2004. <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/73/solos-en-el-universo-en-busca-de-nuestros-hermanos-cosmicos>
- [2] The physics of Extraterrestrial Civilizations. MichioKaku. Official Website.
- [3] Ibrahim S, Salim O, Marzo de 2015: “Dyson spheres around white dwarfs”, Cornell University Library. <http://arxiv.org/abs/1503.04376>
- [4] La misteriosa estrella KIC 8462852, Daniel Marín. <http://danielmarin.naukas.com/2015/10/14/la-misteriosa-estrella-kic-8462852/>
- [5] The Fermi Paradox, Tim Urban. Wait but why. <http://waitbutwhy.com/2014/05/fermi-paradox.html>
- [6] The Fermi Paradox is neither Fermi’s nor a paradox. Robert H. Gray, Scientific American. <http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/the-fermi-paradox-is-not-fermi-s-and-it-is-not-a-paradox/>
- [7] A new empirical constraint on the prevalence of the technological species in the universe; A. Frank, W.T. Sullivan III; *Astrobiology*, Vol. 16, No. 5, 2016. <http://online.liebertpub.com/doi/pdfplus/10.1089/ast.2015.1418>

[8] Planet Hunters X. KIC 8462852 – Where’s the flux?; T. S. Boyajian, D. M. LaCourse, S. A. Rappaport.

<http://arxiv.org/pdf/1509.03622v1.pdf>

[9] KIC8462852 Faded at an Average Rate of 0.164 ± 0.013 Magnitudes Per Century From 1890 To 1989; Bradley E. Schaefer. <http://arxiv.org/pdf/1601.03256v2.pdf>

Ve una esfera de Dyson en StarTrek: <https://www.youtube.com/watch?v=eKRlu5qTMR0>