

# La Física de las Civilizaciones Extraterrestres

## Dr. Michio Kaku

(El Dr. Michio Kaku, es profesor de Física Teórica de la Universidad de la Ciudad de Nueva York, es el autor de "Visiones: cómo la ciencia revolucionará el siglo 21" y del bestseller "Hiperespacio")

### ¿Cómo de avanzadas podrían ser?

El difunto Carl Sagan, en una ocasión se hizo esta pregunta, "¿Qué significa para una civilización tener un millón de años? Nosotros tenemos radiotelescopios y naves espaciales sólo desde hace unas pocas décadas, nuestra civilización técnica tiene sólo unos pocos cientos de años ... una civilización avanzada con millones de años estará tan distante de nosotros como un gálogo de un macaco". Aunque cualquier conjetura respecto de tales civilizaciones avanzadas, es una cuestión de pura especulación, aún se pueden usar las leyes de la física para poner límites superior e inferior, a estas civilizaciones. En particular, ahora que las leyes de la teoría cuántica de campos, la relatividad general, la termodinámica, etc están bastante bien establecidas, la física puede imponer amplios límites físicos a los parámetros de estas civilizaciones. Esta pregunta ya no es una cuestión de especulación. Pronto, la humanidad puede enfrentarse a un shock existencial cuando la actual lista de una docena de planetas extra-solares del tamaño de Júpiter, aumente en cientos de planetas del tamaño de la Tierra, casi gemelos idénticos de nuestra patria celestial. Esto puede marcar el comienzo de una nueva era, en nuestra relación con el universo: nunca veremos el cielo nocturno de la misma manera otra vez, al tomar conciencia de que los científicos pueden llegar a recopilar una enciclopedia identificando las coordenadas precisas de, quizás cientos de planetas similares a la Tierra. Hoy en día, cada pocas semanas hay noticias de que un nuevo planeta fuera del sistema solar del tamaño de Júpiter es descubierto, el último de ellos a unos 15 años luz de distancia, orbitando alrededor de la estrella Gliese 876. El más espectacular de estos descubrimientos fue fotografiado por el Telescopio Espacial Hubble, que tomó fotos impresionantes de un planeta a 450 años luz de distancia, siendo catapultado al espacio por un sistema de estrellas doble. Pero lo mejor está por venir. A principios de la próxima década, los científicos lanzarán un nuevo tipo de telescopio, el telescopio espacial de pruebas interferome, que utiliza la interferencia de los rayos de luz para mejorar el poder de resolución de los telescopios.

Por ejemplo, la Misión de Interferometría Espacial (SIM), que se lanzará a principios de la próxima década, consta de múltiples telescopios situados a lo largo de una estructura de 30 pies. Con una resolución sin precedentes acerca de los límites físicos de la óptica, el SIM es tan sensible que casi desafía lo creíble: ¡orbitando la Tierra, puede detectar el movimiento de una linterna agitada por un astronauta en la superficie de Marte! . El SIM, a su vez, puede allanar el camino para el Buscador de Planetas Terrestres, que se lanzará a finales de la década siguiente, y que debería identificar aún más planetas similares a la Tierra. Se buscarán las 1000 más brillantes estrellas a menos de 50 años luz de la Tierra y se centrará en los 50 más brillantes sistemas planetarios. Todo esto, a su vez, estimulará un esfuerzo activo para determinar si alguno de ellos albergar vida, tal vez algunos con civilizaciones más avanzadas que las nuestras. Aunque es imposible predecir las características exactas de tales civilizaciones avanzadas, en líneas generales se pueden analizar utilizando las leyes de la física. No importa cuántos millones de años nos separan de ellos, todavía tiene que obedecer las férreas leyes de la física, que ahora son lo suficientemente avanzadas como para explicarlo todo, desde las partículas subatómicas hasta la estructura a gran escala del universo, a través de la asombrosa cifra de 43 órdenes de magnitud.

### Física de tipo I, II, III y Civilizaciones

En concreto, podemos clasificar las civilizaciones por su consumo de energía, utilizando los siguientes principios: 1) Las leyes de la termodinámica. Incluso una civilización avanzada está obligado por las leyes

de la termodinámica, en especial la segunda ley, y por lo tanto pueden ser calificados por la energía a su disposición. 2) Las leyes de la materia estable. La materia bariónica (por ejemplo basada en protones y neutrones) tiende a agruparse en tres grandes grupos: planetas, estrellas y galaxias. (Se trata de una clasificación por los productos de la evolución estelar y galáctica, la fusión termonuclear, etc) Por lo tanto, su energía también se basa en tres tipos distintos, y ello impone límites superiores de su tasa de consumo de energía. 3) Las leyes de la evolución planetaria. Cualquier civilización avanzada debe crecer en el consumo de energía más rápidamente que la frecuencia de las catástrofes que amenazan la vida (por ejemplo, impactos de meteoritos, glaciaciones, supernovas, etc.) Si crecen más despacio, están condenados a la extinción. Esto coloca matemáticamente límites más bajos de la tasa de crecimiento de estas civilizaciones. En un artículo publicado en 1964 en el Diario Soviético de Astronomía, el astrofísico ruso Nicolai Kardashev teorizó que las civilizaciones avanzadas, deben ser agrupados en tres tipos: Tipo I, II y III, según su dominio de las formas de energía sea planetario, estelar o galáctico, respectivamente. Se calcula que el consumo de energía de estos tres tipos de civilización estarían separados por un factor de muchos miles de millones. Pero ¿cuánto tiempo se tarda en llegar desde el estado del tipo II al III ?

### **Más corto que la mayoría piensa.**

El astrónomo de Berkeley Don Goldsmith nos recuerda que la Tierra recibe alrededor de una mil millonésima de la energía solar, y que los humanos utilizan cerca de una millonésima parte de eso. Por lo tanto, consumen alrededor de un millón mil millonésima parte de la energía total solar. En la actualidad, toda nuestra producción de energía del planeta es de unos 10 trillones de ergios por segundo. Pero nuestro crecimiento energético aumenta de forma exponencial, y por lo tanto podemos calcular cuánto tiempo llevará llegar al nivel del estado Tipo II o III. Goldsmith dice, "Mira lo lejos que hemos llegado en los usos energéticos una vez que nos dimos cuenta de cómo manipular la energía, cómo obtener combustibles fósiles, y de cómo crear energía eléctrica a partir de energía hidroeléctrica, etc; de manera que hemos llegado a la utilización de la energía en una cantidad notable en sólo un par de siglos, en comparación con miles de millones de años que nuestro planeta ha estado aquí ... y este mismo tipo de razonamiento puede aplicarse a otras civilizaciones". El físico Freeman Dyson del Instituto de Estudios Avanzados estima que, dentro de 200 años más o menos, debemos alcanzar el estado Tipo I. De hecho, creciendo a una modesta tasa de un 1% anual, Kardashev estima que se necesitarían sólo 3.200 años en llegar a situación de Tipo II, y 5.800 años para alcanzar la situación de Tipo III. Vivir en una civilización tipo I, II o III, Por ejemplo, una civilización de Tipo I es la que ha dominado la mayoría de las formas de energía planetaria. Su producción de energía puede ser del orden de miles de millones de veces nuestra producción planetaria actual. Mark Twain dijo una vez: "Todo el mundo se queja sobre el tiempo, pero nadie hace nada al respecto." Esto puede cambiar con una civilización de Tipo I, que tiene la energía suficiente para modificar el clima. También tienen la energía suficiente para alterar el curso de los terremotos, los volcanes, y construir ciudades en los océanos. Actualmente, nuestro nivel de producción de energía nos encuadres en un estado Tipo 0. Derivamos nuestra energía no del aprovechamiento de fuerzas globales, sino de la quema de plantas muertas (por ejemplo, aceite y carbón). Pero ya podemos ver los inicios de una civilización de Tipo I. Vemos el comienzo de un lenguaje planetario (Inglés), un sistema de comunicación planetario (Internet), una economía planetaria (la fundación de la Unión Europea), e incluso los comienzos de una cultura planetaria (a través de los medios de comunicación, televisión, música rock , y las películas de Hollywood). Por definición, una civilización avanzada debe crecer más rápido que la frecuencia de las catástrofes que ponen en peligro la vida. Dado que los impactos de meteoritos y cometas grandes tienen lugar una vez cada pocos miles de años, una civilización de Tipo I debe dominar el viaje espacial para desviar los desechos espaciales dentro de ese marco de tiempo, lo que no debe ser un gran problema. Las edades de hielo puede tener lugar en una escala temporal de decenas de miles de años, por lo que una civilización de Tipo I debe aprender a modificar el clima dentro de ese marco de tiempo. catástrofes artificiales e internas deben ser negociadas. Pero el problema de la contaminación global es solo una amenaza mortal para una civilización de Tipo 0; un tipo de civilización que ha vivido durante

varios milenios como civilización planetaria, necesariamente debe lograr el equilibrio ecológico del planeta. Los problemas internos como las guerras son una amenaza seria recurrente, pero se tienen miles de años para resolver los conflictos raciales, nacionales, y sectarios. Finalmente, después de varios miles de años, una civilización de Tipo I agotará la energía de un planeta, y obtienen su energía mediante el consumo de toda la producción de energía de sus soles, o aproximadamente un billón de billones de billones de ergios por segundo. Con su producción de energía comparable a la de una estrella pequeña, que debe ser visible desde el espacio. Dyson ha propuesto que una civilización de Tipo II podría incluso construir una gigantesca esfera alrededor de su estrella para usar de manera más eficiente su producción total de energía. Incluso si tratan de ocultar su existencia, deben, por la Segunda Ley de Termodinámica, emitir residuos de calor. Desde el espacio exterior, su planeta brillaría como el adorno del árbol de Navidad. Dyson incluso ha propuesto buscar específicamente emisiones de infrarrojo (más que radio y TV) para identificar estas civilizaciones de Tipo II. Tal vez la única amenaza seria para una civilización de Tipo II sería la explosión de una supernova cercana, cuya súbita erupción podría quemar su planeta con un fulminante chorro de rayos-X, matando toda forma de vida. Por lo tanto, quizás la civilización más interesante es una civilización de Tipo III, por ser verdaderamente inmortal. Han agotado la energía de una sola estrella, y han llegado a otros sistemas estelares. Ninguna catástrofe natural conocida por la ciencia es capaz de destruir una civilización de Tipo III. Enfrentados a una supernova vecina, habría varias alternativas, tales como alterar la evolución hacia morir como estrella gigante roja que está a punto de explotar, o abandonar ese sistema estelar en particular y de la "terraformación" de un sistema planetario cercano. Sin embargo, existen obstáculos para una emergente civilización de Tipo III. Finalmente, choca contra otra ley de hierro de la física, la teoría de la relatividad. Dyson estima que esto puede retrasar la transición a una civilización de Tipo III quizás millones de años. Pero incluso con la barrera de la luz, hay un cierto número de maneras de expandirse a velocidades cercanas a la de la luz. Por ejemplo, la medida definitiva de la capacidad de los cohetes es definida por el llamado "impulso específico" (definido como el producto del empuje y la duración, medidos en unidades de segundos). Los cohetes químicos pueden alcanzar impulsos específicos de varios cientos a varios miles de segundos. Los motores iónicos pueden alcanzar impulsos específicos de decenas de miles de segundos. Pero para alcanzar una próxima a la velocidad de la luz, uno tiene que alcanzar un impulso específico de unos 30 millones de segundos, que es mucho más allá de nuestra capacidad actual, pero no de la de una civilización de Tipo III. Una variedad de sistemas de propulsión estará disponible para sondas de velocidad sub-luz (tales como motores de fusión ram-jet, motores fotónicos, etc)

## Cómo explorar la Galaxia

Debido a que las distancias entre las estrellas son tan grandes, y el número de sistemas inadecuados, sin vida solar, tan grande, una civilización de Tipo III se enfrenta a la siguiente pregunta: ¿cuál es la forma matemáticamente más eficiente de explorar los cientos de miles de millones de estrellas de la galaxia? En la ciencia ficción, la búsqueda de mundos habitables ha sido inmortalizada en televisión por heroicos capitanes con valentía al mando de un buque de la Estrella Solitaria, o como los asesinos Borg, en una civilización de Tipo III que absorbe a otra menor civilización de Tipo II (como la Federación). Sin embargo, el método matemáticamente más eficiente para explorar el espacio es mucho menos glamuroso: enviar flotas de "sondas Von Neumann" a través de la galaxia (llamada así por John Von Neumann, quien estableció las leyes matemáticas de los sistemas auto-replicables). Una sonda Von Neumann es un robot diseñado para alcanzar sistemas de estrellas distantes y crear fábricas que reproducirán copias de ellos mismos por miles. Una luna muerta en vez de un planeta, es el destino ideal para una sonda Von Neumann, ya que pueden aterrizar y despegar de estas lunas, y también porque estas lunas no tienen erosión. Estas sondas subsistirían de la misma tierra (del subsuelo lunar), utilizando los depósitos naturales de hierro, níquel, etc para crear la materia prima para construir una fábrica de robots. Se crearían miles de copias de sí mismas, que luego se dispersarían a la búsqueda de otros sistemas estelares. Similarmente a un virus que coloniza un cuerpo de muchas veces su tamaño, finalmente habría una esfera

de trillones de sondas Von Neumann expandiéndose en todas direcciones, creciendo a una fracción de la velocidad de la luz. De esta manera, incluso una galaxia de 100.000 años luz puede ser completamente analizada en, digamos, medio millón de años. Si una sonda Von Neumann solo encuentra evidencias de vida primitiva (tales como una salvaje inestable, civilización de Tipo 0) simplemente puede permanecer latente en la luna, en silencio esperando que la civilización de Tipo 0 se convirtiera en una civilización estable de Tipo I. Después de esperar en silencio durante varios milenios, puede ser activado cuando la emergente civilización de Tipo I avance lo suficiente como para establecer una colonia lunar. El físico Paul Davies de la Universidad de Adelaida incluso ha planteado la posibilidad de una sonda Von Neumann descansando en nuestra propia luna, restos de una visita anterior de hace eones nuestro sistema. (Si esto suena un poco familiar, es porque era la base de la película de 2001. Originalmente, Stanley Kubrick comenzó la película con una serie de científicos explicando cómo sondas como estas serían el método más eficaz de explorar el espacio exterior. Desafortunadamente, en el último minuto, Kubrick cortó el segmento inicial de su película, y estos monolitos se convirtieron en entidades casi místicas)

## Nuevos Desarrollos

Desde que Kardashev dio la clasificación original de civilizaciones, ha habido muchos avances científicos que refinan y extienden su análisis original, tales como la evolución reciente de la nanotecnología, la biotecnología, la física cuántica, etc. Por ejemplo, la nanotecnología puede facilitar el desarrollo de sondas Von Neumann. Como el físico Richard Feynman observó en su ensayo pionero "Hay mucho sitio al fondo," no hay nada en las leyes de la física que impida la construcción de ejércitos de máquinas de tamaño molecular. En la actualidad, los científicos ya han construido curiosidades de tamaño atómico, tales como un ábaco atómico con Buckyballs y una guitarra atómica con cuerdas alrededor a través de 100 átomos. Paul Davies especula que una civilización espacial podría usar nanotecnología para construir sondas en miniatura para explorar la galaxia, tal vez no más grande que la palma de la mano. Davies dice, "Las diminutas sondas de que estoy hablando, serán tan discretas que no es ninguna sorpresa que no he encontrado una. No es el tipo de cosa que usted se va a tropezar con ella en su patio trasero. Así que si esa es la manera en la que la tecnología se desarrolla, es decir, más pequeño, más rápido, más barato y si otras civilizaciones han desaparecido de esta ruta, entonces podríamos estar rodeados de dispositivos de vigilancia ". Además, el desarrollo de la biotecnología ha abierto por completo nuevas posibilidades. Estas sondas pueden actuar como las formas de vida, reproduciendo su información genética, mutando y evolucionando en cada fase de la reproducción para mejorar sus capacidades, y pueden tener inteligencia artificial para acelerar su búsqueda. Además, la teoría de la información modifica el original análisis de Kardashev. El actual proyecto SETI sólo explora unas pocas frecuencias de las emisiones de radio y televisión enviados por una civilización de Tipo 0, pero quizás no una civilización avanzada. Debido a la enorme estática que se encuentran en el espacio profundo, la radiodifusión en una sola frecuencia presenta una seria fuente de error. En lugar de poner todos los huevos en una canasta, un sistema más eficaz consiste en dividir el mensaje y "salpica" todas las frecuencias (por ejemplo, como a través de la Transformada de Fourier) y luego reensambla la señal sólo en el otro extremo. De esta forma, aunque ciertas frecuencias se alteran por la estática, lo importante del mensaje va a sobrevivir para volver a ensamblarse con precisión el mensaje a través de rutinas de corrección de errores. Sin embargo, cualquier civilización de Tipo 0 escucha el mensaje en una de las bandas de frecuencia y sólo "oye" tonterías. En otras palabras, nuestra galaxia podría estar llena de mensajes de varias civilizaciones de Tipo II y III, pero nuestros radiotelescopios de Tipo 0 sólo escuchan un galimatías. Por último, también existe la posibilidad de que una de Tipo II o de Tipo III podría ser capaz de llegar a la fabulosa energía de Planck con sus máquinas ( $10^{19}$  mil millones de electrón voltios). Esta es la energía es mil billones de veces más grande que nuestro acelerador de partículas más potente. Esta energía, tan fantástica como pueda parecer, esta (por definición) dentro del rango de una civilización de Tipo II o III. La energía de Planck sólo se produce en el centro del agujero negro y el instante del Big Bang. Pero con los recientes avances en la gravedad cuántica y la teoría de las supercuerdas, existe un renovado interés entre los físicos acerca de las energías

tan grande que los efectos cuánticos desgarran el tejido del espacio y del tiempo. A pesar de que no es en absoluto cierto que la física cuántica permita que los agujeros de gusano estables, se plantea la posibilidad remota de que una civilización lo suficientemente avanzada puede ser capaz de moverse a través de agujeros en el espacio, como "Alicia a través del espejo". Y si estas civilizaciones pueden navegar con éxito a través de agujeros de gusano estables, entonces alcanzar un impulso específico de un millón de segundos ya no será un problema. Se limitan a tomar un atajo a través de la galaxia. Esto en gran medida reducirá la transición entre una civilización de Tipo II y Tipo III. En segundo lugar, la capacidad de romper los agujeros en el espacio y el tiempo puede ser útil algún día. Los astrónomos, analizando la luz de supernovas distantes, recientemente han concluido que el Universo puede estar acelerando, en lugar de deteniéndose. Si esto es cierto, puede haber una fuerza anti-gravedad (quizá la constante cosmológica de Einstein), que es contrarrestar la atracción gravitacional de las galaxias distantes. Pero esto también significa que el Universo podría expandirse para siempre en un Big Chill, hasta que las temperaturas sean cercanas al cero absoluto. Varios trabajos han establecido recientemente lo que puede parecer un universo un tanto triste. Será una visión lamentable: cualquier civilización que sobreviva quedaría desesperadamente acurrucada junto a los resoldos de las estrellas de neutrones y los agujeros negros. Toda la vida inteligente debe morir cuando el Universo muera. Contemplar la muerte del sol, el filósofo Bertrand Russel escribió en una ocasión tal vez el párrafo más deprimente en el idioma inglés: "... Todos los trabajos de los siglos, toda la devoción, toda la inspiración, toda la claridad del mediodía del genio humano, están destinados a la extinción en la muerte de la mayoría del sistema solar, y todo el templo de los logros de la Humanidad, inevitablemente, debe ser enterrado bajo los escombros de un universo en ruinas ... ". Hoy, nos damos cuenta de que los cohetes lo bastante potentes pueden ahorrarnos de la muerte de nuestro Sol, 5 mil millones de años a partir de ahora, cuando hiervan los océanos y las montañas se derritan. Pero, ¿cómo escapar de la muerte del universo mismo? El astrónomo John Barrows, de la Universidad de Sussex escribió, "Supón que extendemos la clasificación hacia arriba. Los miembros de estas hipotéticas civilizaciones de Tipo IV, V, VI, ... y así sucesivamente, serían capaces de manipular las estructuras en el universo en las escalas más grandes, que abarcan los grupos de galaxias, cúmulos y supercúmulos de galaxias. "Civilizaciones más allá de Tipo III pueden tener la energía suficiente para escapar de nuestro Universo moribundo a través de agujeros en el espacio. Por último, el físico Alan Guth del MIT, uno de los creadores de la teoría del universo inflacionario, incluso ha calculado la energía necesaria para crear un universo bebé en el laboratorio (la temperatura es de 1.000 billones de grados, lo que está dentro del rango de estas civilizaciones hipotéticas). Por supuesto, hasta que alguien realmente se pone en contacto con una civilización avanzada, todo esto equivale a la especulación atemperadas con las leyes de la física, no son más que una guía útil en nuestra búsqueda de inteligencia extraterrestre. Pero un día, muchos de nosotros miraremos la enciclopedia que contiene las coordenadas de quizás cientos de planetas similares a la Tierra en nuestro sector de la galaxia. Entonces nos preguntaremos, como hizo Sagan, cómo será civilización millones de años por delante de la nuestra.....