

---

## LA VIDA EN EL UNIVERSO

JUAN CARLOS VEGA GARZÓN

---

ABSTRACT. One of the most exciting questions we can ask is if we alone in the universe. The earth is just one in a million planets in our galaxy. The Milky Way is one of many billions of galaxies in the universe. It seems reasonable to ask if there is life on other planets or is exclusive to ours. If the latter is the case, what special conditions allowed the emergence of life?

KEY WORDS. Astrobiology, universe, origin of life, evolution, planet earth, anthropic principle, habitable zone, multiverse, matter, thermodynamics.

---

---

En el año 2000, Peter D. Ward y Donald Brownlee publicaron *Rare Earth*, donde expusieron la idea de que deben existir una serie de condiciones adecuadas para el origen y evolución de la vida; requisitos que podrían llegar a ser muy improbables.

La existencia de vida basada en la química de carbono y océanos de agua líquida depende esencialmente de propiedades planetarias como masa, distancia a la estrella huésped, composición química, presencia de campos magnéticos, estabilidad climática, características atmosféricas y estabilidad contra catástrofes de tipo planetario. Otros factores fundamentales que influyen en la existencia de vida son las propiedades estelares, como masa, edad, metalicidad, estado de actividad de alta energía y la órbita galáctica (Porto de Mello, 2010).

El centro de la galaxia no es un buen sitio para el origen de la vida debido a la presencia de un agujero negro, la explosión de supernovas y estallidos de rayos gamma. Por suerte, nuestro sistema solar se encuentra ubicado en la zona de habitabilidad galáctica, definida como la zona de la galaxia con las condiciones físicas compatibles con el origen, desarrollo y existencia por largos periodos de tiempo de la vida como la conocemos. Otro

---

Laboratório de Tecnologia Educacional. Departamento de Bioquímica. Universidade Estadual de Campinas, Brasil. / [jcvegag@unal.edu.co](mailto:jcvegag@unal.edu.co)

factor sumado a su localización dentro de la galaxia es la existencia de suficientes elementos pesados para formar planetas terrestres (Gargaud, 2011). Nuestro sol se encuentra ubicado entre los brazos de Perseo y Sagitario, sitio con gran presencia de elementos químicos más pesados que el hidrógeno y el helio, y lejos de eventos catastróficos.

La mayoría del sistema solar es hostil para la vida tal y como la conocemos, y lo mismo puede decirse para la vía láctea. En otras palabras, existen sólo pequeñas zonas dentro nuestra galaxia y del sistema solar que son habitables (González, et al., 2001).

La Tierra se encuentra ubicada en la zona de habitabilidad circumestelar, definida como la zona alrededor de una estrella donde planetas terrestres similares a la Tierra, en composición y masa, con una atmósfera puede mantener agua líquida sobre su superficie (Gargaud, 2011).

Dentro del sistema solar no sólo la localización de la Tierra favorece en teoría los modelos del origen de la vida, sino que la presencia de Júpiter, Saturno y la luna también favorecen dichos modelos.

El hecho de tener un planeta en el vecindario con la masa de Júpiter hace que dicho planeta actúe como un escudo gravitacional, que atrae los cuerpos que de otra manera impactarían a la Tierra y generarían una catástrofe planetaria con profundas consecuencias para la vida o sus precursores. La presencia de Saturno, el segundo planeta en tamaño del sistema solar, al competir por la materia durante la formación planetaria previno que Júpiter acumulara la masa suficiente para iniciar las reacciones de fusión termonuclear. Si este proceso hubiese ocurrido el sistema solar tendría dos estrellas —muchos científicos llaman a Júpiter “la estrella fallida”— y tal sistema biestelar no permitiría el desarrollo de la vida en la Tierra.

La luna juega un papel preponderante gracias a su efecto gravitacional sobre la Tierra, ya que mantiene constante el grado de inclinación del eje de rotación del planeta, inclinación crucial en el mantenimiento estable del clima. Además, evita una excesiva velocidad de rotación que generaría vientos más potentes y violentos, con cambios de temperatura intensos. Fue la presencia de la luna la que le dio a la Tierra primitiva la estabilidad para permitir los procesos fisicoquímicos que dieron origen a las primeras estructuras vivas (Ward & Brownlee, 2003).

Se han discutido los factores extrínsecos a la Tierra que tienen implicaciones astrobiológicas. A continuación se describirán algunos factores intrínsecos con similares efectos. Entre los más destacados se encuentran la masa y tamaño del planeta, la composición del núcleo para favorecer la presencia de un campo magnético, el contenido de elementos radioactivos que determinan una temperatura interna adecuada para ocasionar movimientos tectónicos.

La Tierra tiene la cantidad suficiente de uranio en su interior para generar por radioactividad el calor preciso para agitar el interior del planeta y provocar así el movimiento de los continentes, un rasgo esencial para la vida por su influencia sobre el reciclaje de los elementos y el clima... Todos los planetas de nuestro sistema solar están expuestos a un constante bombardeo de protones, electrones y partículas alfa derivados de las coronas estelares conocido como viento solar. El viento solar arrastra los componentes volátiles de la atmósfera, especialmente el hidrógeno, lo que deshidrata y enfría el planeta... la Tierra cuenta con un mecanismo de protección frente al viento solar, ya que existe un material conductor en su núcleo sometido a fusión y agitación térmica, la interfase sólido líquido de este núcleo metálico en rotación funciona como un dinamo capaz de generar un campo magnético... como el viento solar está compuesto por partículas cargadas eléctricamente, el campo magnético es capaz de desviarlas actuando como un auténtico escudo contra la radiación (Fairen, 2005). El tamaño y la masa del planeta Tierra son importantes, ya que de ello depende la gravedad con la que el planeta evita que su atmósfera se pierda al espacio y la presencia de océanos en su superficie. Modelos teóricos sugieren que la masa planetaria mínima debe ser superior a algunas veces la masa de Marte para que el planeta sea capaz de prevenir la erosión C, N y O de su atmósfera en escalas de tiempo de algunos miles de millones de años... un límite razonable parece ser algunas masas terrestres, ya que para valores superiores que éste, un planeta puede retener una masa relativa de material volátil tan grande que puede llegar a ser totalmente recubierto por océanos. Este hecho puede evitar el cerramiento del ciclo carbonato-silicato por la ausencia del intemperismo superficial, ciclo crucial que regula el clima a nivel planetario (Porto de Mello, 2010).

S. Hawking, en su libro *El gran diseño*, publicado en 2010, dedica un capítulo especial a estos fenómenos bajo el título del “milagro aparente”, donde explica cómo el hecho de que la órbita de la Tierra sea una elipse con una excentricidad de sólo el dos por ciento evita que el agua hierva o se congele al acercarse o alejarse del sol.

Excentricidades orbitales grandes no conducen a la vida, de manera que hemos sido afortunados de tener un planeta cuya excentricidad sea próxima a cero.

A todas estas características aptas para la vida, Hawking las clasifica como ambientales porque

surgen de una feliz casualidad de nuestro entorno y no de las leyes fundamentales de la naturaleza... Las coincidencias ambientales son fáciles de comprender, porque nuestro hábitat cósmico es tan solo un caso concreto entre los muchos que existen en el universo.

Richard Dawkins aborda este tema en su libro *El espejismo de Dios*, y explica el conjunto de condiciones ambientales que hacen tan especial al planeta

## Tierra para albergar vida como una consecuencia del principio antrópico débil:

Por muy pequeña que sea la minoría de planetas con precisamente las condiciones correctas para la vida, nosotros necesariamente tenemos que estar en esa minoría, porque aquí estamos nosotros pensando sobre ello.

Dawkins también propone el siguiente cálculo. Se ha estimado que han existido cerca de cien mil millones de galaxias en el universo y si somos conservadores, un millón de billones de planetas, y si la probabilidad de emergencia de la vida es tan extremadamente improbable que sólo puede ocurrir en uno de cada billón de planetas, aun así la vida se hubiera originado en un millón de planetas.

Como vemos, el principio antrópico débil intenta explicar las condiciones ambientales para la existencia de la vida en el universo. Muchos científicos han ido más lejos y han sugerido la existencia de un principio antrópico fuerte que impone restricciones no sólo ambientales, sino sobre las propias leyes fundamentales de la naturaleza. De ese modo, una variación de sólo 0.5 por ciento en intensidad de la fuerza nuclear fuerte no permitiría la existencia del carbono y, como sabemos, la vida en la Tierra se basa en este elemento químico.

La mayoría de las constantes fundamentales que aparecen en las teorías están tan ajustadas con tanta precisión que si su valor cambiara aunque sólo fuera ligeramente el universo sería cualitativamente diferente, y en la mayoría de los casos resultaría inadecuado para el desarrollo de la vida (Hawkins, 2010).

Bajo esta línea argumentativa, Martin Rees, en su libro *Apenas seis números* (2000), resume las seis leyes fundamentales de la física que moldean nuestro universo y discute cómo un mínimo cambio en estas constantes hacen imposible el surgimiento de la vida. Dichas constantes son:

$N$  = Expresa la razón entre la fuerza que mantiene unidos a los átomos y la fuerza de la gravedad que hay entre ellos.

$\epsilon$  = Mide la fuerza que une las partículas del núcleo atómico.

$\Omega$  = Cantidad de materia de nuestro universo respecto de la densidad crítica.

$\lambda$  = Controla la expansión del universo.

$Q$  = Energía que mantiene la estructura de las galaxias.

$D$  = Dimensiones del espacio.

El universo sería un lugar sumamente diferente si las propiedades de la materia y de las partículas de fuerza sufrieran algún cambio, aunque éste fuera muy moderado. Por ejemplo, la existencia de núcleos estables que forman los

alrededor de cien elementos de la tabla periódica depende directamente de la proporción entre las magnitudes de la fuerza nuclear fuerte y la fuerza electromagnética. Los protones que se apiñan juntos en los núcleos de los átomos se repelen todos ellos electromagnéticamente entre sí; la fuerza nuclear fuerte que actúa entre los quarks de que están formados, afortunadamente, logra vencer esta repulsión y ata los protones firmemente. Sin embargo, cualquier pequeño cambio en las intensidades relativas de estas dos fuerzas perturbaría fácilmente el equilibrio existente entre ellas y haría que se desintegraran la mayoría de los núcleos atómicos. Aún más, si la masa del electrón fuera unas pocas veces mayor de lo que es, los electrones y los protones tenderían a combinarse para formar neutrones, engullendo los núcleos de hidrógeno (el elemento más sencillo del cosmos, ya que su núcleo contiene un único protón) e impidiendo la producción de elementos más complejos. La existencia de las estrellas se basa en la fusión entre núcleos estables y no se formarían si se produjeran estas alteraciones en la física fundamental. La magnitud de la fuerza de la gravedad también desempeña un papel en la formación de las estrellas. La impresionante densidad de la materia en el núcleo central de una estrella potencia su horno nuclear y es la base de ese resplandor resultante, que es la luz estelar. Si la intensidad de la fuerza de la gravedad aumentara, la masa estelar se uniría con más fuerza, causando un incremento significativo en la velocidad de las reacciones nucleares. Pero, del mismo modo que una bengala resplandeciente agota su combustible mucho más rápido que una vela que arde lentamente, un incremento en la velocidad de las reacciones nucleares haría que estrellas como el sol se quemaran mucho más rápidamente, lo cual tendría, como ya sabemos, un efecto devastador en la formación de seres vivos. Por otra parte, si disminuyera significativamente la intensidad de la fuerza de la gravedad, la materia no se uniría formando bloques, con lo que se impediría la formación de estrellas y galaxias... el universo es como es porque las partículas de la materia y de las fuerzas tienen las propiedades que tienen (Greene, 2006).

En resumen, no sólo vivimos en un planeta amigable, sino en un universo amigable para la vida ¿Por qué esto es así?

Alan Guth desarrolló los cálculos de la teoría inflacionaria donde propone la idea de la gravedad repulsiva que otros autores relacionan con la energía oscura que aleja las galaxias de manera acelerada. Alex Vilenkin y Andrei Linde desarrollaron las ecuaciones que terminan en la deducción del multiverso y la matemática de la teoría de cuerdas añade más dimensiones del espacio que podrían culminar en diferentes universos. Tres teorías físicas diferentes apuntan entonces hacia una misma idea, el multiverso (Greene, 2011).

En 1981 nació la teoría de la inflación cosmológica, que propone la idea que en su origen el universo experimentó una expansión exponencial que en apenas entre  $10^{-35}$  y  $10^{-10}$  segundos, donde cada dirección del espacio habría aumentado sus dimensiones en un factor de, al menos,  $10^{26}$ . Ello explicaría el problema de la homogeneidad del universo, lo que además

sostiene que la energía responsable de esta inflación se habría transformado en toda la materia y radiación que hoy llenan el cosmos. En otras palabras, la energía rápidamente se transformó en materia (Figuroa & García, 2012).

Para desencadenar la inflación, Guth supone que en el principio del tiempo había minúsculas burbujas de espacio-tiempo, una de las cuales se infló enormemente para convertirse en el universo de hoy (Kaku, 2009).

Es decir, que nuestro universo no es más que una de muchas burbujas en el espacio-tiempo.

La teoría de cuerdas propone que las partículas subatómicas del modelo estándar no son más que vibraciones de una minúscula cuerda de energía; si se golpea dicha cuerda, ésta vibra de diferente manera y cada vibración encarna una particular diferente.

Pero la extraña característica de la teoría de cuerdas es que éstas sólo pueden vibrar en unas dimensiones concretas del espacio-tiempo; sólo pueden vibrar en diez dimensiones. Si tratamos de crear una teoría de cuerdas en otras dimensiones, la teoría se viene abajo matemáticamente (Kaku, 2009).

En 1994, Edward Witten, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, y Paul Townsend, de la Universidad de Cambridge, añadieron una undécima dimensión de la que surge la posibilidad de que el universo sea una membrana que flota en espacio-tiempo 11-dimensional.

Pensemos en una gran serie de burbujas de jabón flotantes o membranas. Cada burbuja de jabón representa un universo entero que flota en un escenario mayor del hiperespacio 11-dimensional... Una característica embarazosa de la teoría de cuerdas es que hay billones de billones de universos posibles, cada uno de ellos compatible con la relatividad y la teoría cuántica (Kaku, 2009).

Brian Greene hace la siguiente analogía utilizando una baraja de naipes. Sabemos que ésta tiene 52 cartas diferentes, y en una partida cada jugador tendrá un grupo de cartas diferentes ya que no hay ninguna repetida. Sin embargo, si se juega con la misma baraja infinidad de veces, eventualmente algunas de las combinaciones comenzarán a repetirse como consecuencia de que con 52 cartas hay un número limitado de combinaciones posibles, así que repetir combinaciones se hace inevitable. En palabras de la física, los componentes fundamentales y las leyes de la física son como una baraja de naipes y tendrían un número finito de combinaciones. Entonces, si el espacio es infinito (un número infinito de universos) esas mismas configuraciones están destinadas a repetirse, o por lo menos, tener

los valores correctos de los seis números de Martin Rees que permiten el surgimiento de la vida.

Si la hipótesis del multiverso resulta ser verdadera:

Reduce el principio antrópico fuerte al débil, al situar los ajustes finos de las leyes físicas en la misma base que los factores ambientales, ya que significa que nuestro hábitat cósmico — actualmente la totalidad del universo observable— es tan solo uno entre otros muchos, tal como nuestro sistema solar es uno entre muchos otros. Ello quiere decir que de la misma manera que las coincidencias ambientales de nuestro sistema solar fueron convertidas en irrelevantes al darnos cuenta de que existen miles de millones de sistemas planetarios, los ajustes finos de las leyes de la naturaleza pueden ser explicados por la existencia de miles de millones de universos (Hawking, 2010).

#### LA VIDA EN LA TIERRA

La materia y la energía son originalmente dos conceptos diferentes, aunque de acuerdo con la teoría de relatividad especial, son convertibles el uno al otro, y esto se desprende de la famosa fórmula  $E = mc^2$ .

Según la teoría inflacionaria, la energía rápidamente se transformó en materia. Esa materia paulatinamente ha ido ganando complejidad a través del tiempo, de los átomos hidrógeno y helio del universo primordial se pasó, dentro de las estrellas, a los átomos de carbono, oxígeno, entre otros. Luego, la muerte de estas últimas como supernovas pobló el universo de elementos más pesados que interactuaron para dar origen a moléculas orgánicas que echaron a andar la evolución prebiótica.

Según Wicken (1980), la evolución prebiótica sería una consecuencia directa de procesos estructurantes de complejidad ascendente. Estos procesos propenden por la independencia de la materia respecto del ambiente y generan mecanismos disipadores que buscan mantener por más tiempo la energía disponible en la biosfera.

La biosfera es esencialmente un transformador de información termodinámica... que da su evolución por medio de estados de incremento en complejidad y estructura.

Desde esta perspectiva,

se puede considerar que la vida se originó de la organización de diferentes moléculas orgánicas en un sistema termodinámicamente abierto lejos del equilibrio y que necesita una constante entrada de energía y materia (Herde-wijn & Kisakkurek, 2008).

Además, si necesita disipar dicha energía para mantenerse lejos del equilibrio termodinámico, entonces,

la vida puede ser vista como una estructura disipativa lejos del equilibrio que mantiene su nivel local de organización a expensas de producir entropía en el ambiente (Schneider & Kay, 1995).

Schneider y Kay (1995) sugieren que la vida existe en la Tierra debido a que es una manera sofisticada de disipación de la energía solar que llega al planeta, en otras palabras, es una manifestación de la segunda ley de la termodinámica. Estos autores también afirman que los sistemas vivos son sistemas dinámicos disipativos con memorias codificadas (genes) que permite a los procesos de disipación mantenerse y evolucionar a formas cada vez más eficientes de disipación de energía. Concluiremos con la síntesis que postulan Margulis y Sagan:

la vida es una exuberancia planetaria, un fenómeno solar. Es la transmutación astronómicamente local del aire, el agua y la luz que llega a la Tierra en células (Margulis y Sagan, 1996).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dawkins, R. (2009), *El espejismo de Dios*. Barcelona: Espasa libros.
- Fairen, A. (2005), *Astrobiología*. España: Editorial Equipo Sirius.
- Figuroa, D. & García, J. (2012), "Una ventana al primer instante del universo", *Investigación y Ciencia* 435: 69-75.
- Gargaud, M. (2011), *Encyclopedia of Astrobiology*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Greene, B. (2006), *El universo elegante*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Greene, B. (2011), *The Hidden Reality*. New York: Alfred A. Knopf.
- Gonzalez, G.; Brownlee, D. and Ward, P. (2001), "Refuges for life: Hostile universe," *Scientific American* 303: 60-67.
- Hawking, S & Mlodinow, L. (2010), *El gran diseño*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Herdewijn, P & Kisakkurek, M (2008), *Origin of Life. Chemical Approach*. Zurich: Wiley-Vch.
- Kaku, M. (2009), *La física de lo imposible*. España: Debate Editorial.
- Margulis L. y D. Sagan (1996), *¿Qué es la vida?*. Barcelona: Tusquets editores.
- Porto de Mello, G. (2010), "Estrellas astrobiológicamente interesantes: criterios modernos para la habitabilidad", en *Astrobiología: Del Big Bang a las civilizaciones*. Montevideo: UNESCO, pp. 77-106.
- Rees, M. (2000), *Just Six Numbers*. New York: Basic Books.
- Schneider, E. D, Kay, J. J. (1995), "Order from disorder: the thermodynamics of complexity in biology", in Michael P. Murphy, Luke A.J. O'Neill (ed.), *What is Life: The Next Fifty Years. Reflections on the Future of Biology*, Cambridge University Press, pp. 161-172.
- Ward, P. & Brownlee, D. (2003), *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*. NY: Copernicus Books Springer-Verlag.
- Wicken, J. (1980), "A thermodynamic theory of evolution," *J. Theor. Biol.* 87: 9-23.