

Dios, Gaia y Darwin: evolución cosmológica, biológica y cultural, y su efecto en la vida en la Tierra

Ramón López Alemán

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras
rlopez@uprrp.edu

Resumen

La Teoría de Gaia se puede resumir en la hipótesis de que “el planeta Tierra se comporta como si estuviese vivo”. Es decir, posee equilibrios químicos y físicos a nivel global que por medio de retroalimentación planetaria resisten cambios en temperatura, acidez, concentración de oxígeno y otros parámetros necesarios para la vida. De todos los planetas que hemos descubierto en el universo hasta ahora solo la Tierra hace esto. Aquí analizamos desde el punto de vista de la física de partículas elementales y la relatividad dos preguntas fundamentales: *¿Porqué los demás planetas no tienen este equilibrio dinámico de tan baja entropía?* y *¿Porqué la física de este universo permite este tipo de planetas tan “raros” y “vivos” como el nuestro?*

Palabras clave: Gaia, física, evolución, principio antrópico

Abstract

The Gaia hypothesis can be summarized in the phrase “planet Earth behaves as if it were alive”. In other words, it has global chemical and physical equilibrium processes that by a mechanism of planetary feedback resist changes in temperature, acidity, oxygen concentration and other physical parameters needed for life. Of all the planets in the universe discovered so far, only Earth can do this. We analyze based on a point of view of fundamental particle physics and relativity the possible answers to two basic questions: *Why do the other planets do not possess this low entropy dynamic equilibrium?*, and *Why do the physical laws of this universe permits the existence of “rare” and “living” planets such as ours?*

Keywords: Gaia, physics, evolution, anthropic principle

James Lovelock, autor de la teoría Gaia, estudiando la atmósfera de Marte para tratar de determinar si había vida allí o no, se dio cuenta de un dato muy importante. La atmósfera y la geología terrestres son dinámicas y están en un continuo proceso caracterizado una entropía bien baja y fuera de equilibrio, a diferencia de los demás planetas. En otras palabras, la física y la química de la Tierra son muy diferentes a la de los demás planetas muertos y estáticos. Lovelock postuló que el planeta completo constituye un gigantesco sistema que busca la *homeostasis*, es decir que cada cambio en una variable física desencadena un mecanismo de las demás variables para devolverla a su valor original (o cerca de éste). Y estos valores no pueden cambiar mucho porque cambios grandes matan muchísimas especies vivas, y éstas de alguna manera se ponen de acuerdo para impedir dichos cambios.

Pero esta idea nos pone a pensar un poco a los astrónomos y personas con una perspectiva cósmica a gran escala. La Tierra no es el único planeta. Si lo que pasó aquí es algo natural puede que pase en otros planetas también. Pero de acuerdo con lo que conocemos ahora del universo parece ser que el mecanismo responsable de la existencia de un macrosistema complejo como el postulado para Gaia es algo muy difícil de lograr.

En nuestro Sistema Solar hay 8 planetas, decenas de lunas, varios planetas enanos, y miles de asteroides. Pero solo un mundo tan complejo, cambiante y dinámico como Gaia. Y claro, porque es el único donde claramente hay cosas vivas. La vida en la Tierra es lo que hace posible la complejidad observada en nuestro planeta. Nuestra geología, nuestro clima, nuestra actividad química atmosférica y oceánica, y nuestra distribución termal revelan la existencia de seres vivos que los moldean y configuran. Los otros planetas “muertos” son estáticos con una química y geología que esencialmente no han cambiado durante millones de años. La Física y la Química de Gaia son mucho más dinámicas en varias escalas porque la vida las modifica con su presencia.

Las preguntas de los astrofísicos y evolucionistas son las siguientes: *¿A qué se debe tan radical diferencia? ¿Habrá otras “Gaias” en este inmenso universo nuestro?* Nuestra cultura popular moderna parece indicarnos que sí. Hay cientos de películas sobre extraterrestres, y muchos creyentes en OVNIS y naves espaciales. La idea de que debiera haber vida en otros planetas es bastante popular. Pero científicamente no hay ninguna evidencia de que esto sea así. Y llevamos más de 40 años buscando ETs.

Aunque es difícil establecer criterios definitorios de que es la “vida” y donde se puede o no formar basándose solo en un ejemplo nada más, hay entre la mayoría de los científicos un consenso preliminar. La vida, tenga la forma que tenga, solo puede existir en lo que se conoce como la *zona habitable* de un cuerpo astronómico. Básicamente si no hay agua líquida (o un solvente con propiedades similares) no puede haber procesos químicos lo suficientemente complejos como para calificarlo como algo “vivo”. Así es que la búsqueda de vida extraterrestre se basa en buscar lugares en el universo donde pueda haber agua líquida, y donde haya alguna evidencia

de procesos metabólicos complejos a escala planetaria que se puedan detectar desde la Tierra.

NASA está en las etapas finales de planificación de un satélite que llevará el nombre de Kepler¹, (en honor a uno de los fundadores de la astronomía moderna), cuyo propósito es buscar planetas sólidos de un tamaño parecido al de la Tierra. Se han encontrado ya muchos planetas en otras estrellas, pero como se detectan por el efecto del bamboleo periódico que su órbita genera en la estrella solo se han visto gigantes gaseosos como Júpiter o sistemas bizarros alrededor de púlsares. Ninguno está en la zona habitable de su estrella, y por tanto la posibilidad de vida en éstos parece ser terriblemente baja o ninguna. Kepler usará un fotómetro muy sensitivo para desde el espacio detectar pequeños cambios en la brillantez a lo largo de la silueta estelar, y así detectar planetas similares a la Tierra. De la forma de su órbita podremos detectar aquellos que estén en la zona habitable de su estrella. Aunque es una especulación y una esperanza optimista en este momento, todo parece indicar que debe haber muchos planetas terrestres con capacidad de tener agua líquida y las condiciones geológicas necesarias para que se pueda sostener vida como la que hay en la Tierra. En unos cuantos años sabremos con más seguridad si esto es o no enteramente cierto.

Pero el tener un planeta adecuado no es suficiente según las leyes de la física. Mientras más se estudia cosmología y física de partículas subatómicas, más nos damos cuenta de que la vida y la evolución, aunque posibles, son fenómenos *contraintuitivos* desde el punto de vista de la física fundamental.

La vida y las leyes de la Física

Según nuestro limitado entendimiento de la Mecánica Cuántica (representada por el Modelo Estándar de la Materia) y la Relatividad General (representada por la Cosmología del “Big Bang”) las leyes de la física que tenemos dependen de varios parámetros que no tendrían por qué tener los valores que tienen. Hay cantidades físicas que podemos medir, pero que no tenemos ningún entendimiento teórico de porque tienen el valor que tienen. Y como no las entendemos pudieran haber tenido

¹ <http://kepler.nasa.gov/>

otro valor, pues no sabemos de ninguna ley o proceso que lo impida. Estas cantidades son:

- Tipos de partículas fundamentales
- Cargas que median las fuerzas o interacciones entre ellas
- Intensidad relativa de estas fuerzas

En estas gráficas² se resumen los componentes básicos de toda la materia y las fuerzas que componen nuestro universo, así como algunas de sus propiedades principales:

| FERMIONS | | | matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2, ... | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|--|---------------------------------|-----------------|
| Leptons spin = 1/2 | | | Quarks spin = 1/2 | | |
| Flavor | Mass GeV/c ² | Electric charge | Flavor | Approx. Mass GeV/c ² | Electric charge |
| ν_e electron neutrino | $<1 \times 10^{-8}$ | 0 | u up | 0.003 | 2/3 |
| e electron | 0.000511 | -1 | d down | 0.006 | -1/3 |
| ν_μ muon neutrino | <0.0002 | 0 | C charm | 1.3 | 2/3 |
| μ muon | 0.106 | -1 | S strange | 0.1 | -1/3 |
| ν_τ tau neutrino | <0.02 | 0 | t top | 175 | 2/3 |
| τ tau | 1.7771 | -1 | b bottom | 4.3 | -1/3 |

| BOSONS | | | force carriers spin = 0, 1, 2, ... | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Unified Electroweak spin = 1 | | | Strong (color) spin = 1 | | |
| Name | Mass GeV/c ² | Electric charge | Name | Mass GeV/c ² | Electric charge |
| γ photon | 0 | 0 | g gluon | 0 | 0 |
| W⁻ | 80.4 | -1 | | | |
| W⁺ | 80.4 | +1 | | | |
| Z⁰ | 91.187 | 0 | | | |

Los fermiones son los constituyentes de la materia (aunque para casi toda la materia que vemos en la Tierra y el universo solo necesitamos 4 de esos 12.

² <http://particleadventure.org>

Electrones, sus neutrinos, y los quarks “up” y “down” para formar protones y neutrones.) Los bosones son los mediadores de todas las fuerzas³. El problema filosófico serio con este Modelo Estándar de la materia es que el número de partículas, sus masas, sus cargas, y las constantes de acoplamiento pudieran haber tenido cualquier otro valor, y no solo el que aparece en estas tablas. No hay razón para pensar que no pudiera haber habido quarks más pesados, electrones con una carga eléctrica más alta, o gluones con una constante de acoplamiento menor que hiciesen a la fuerza nuclear fuerte un poco menos intensa.

Hay 20 parámetros en la mecánica cuántica (masas, cargas y espines de los fermiones y bosones) que definen las leyes de la física que conocemos, y que tipos de agregados de estas partículas materiales pueden formarse. Se ha estudiado que cualquier pequeño cambio en la mayoría de estos parámetros que definen las leyes del universo destruirían los agregados estables y de generación abundante de energía que necesitamos para tener galaxias, estrellas, planetas y tiempo suficiente para una evolución biológica. Si el valor de cualquiera de esos parámetros hubiera sido levemente diferente tendríamos un universo muy diferente y totalmente muerto. No se sabe si esta es la única combinación de números compatible con la vida, pero hasta ahora nadie ha encontrado otra.

En Relatividad General y Cosmología parece ocurrir una situación similar. Parámetros cosmológicos como la densidad de fluctuaciones cuánticas primordiales al momento de ocurrir el Big Bang, la suma total de masa-energía inicial, la cantidad de energía oscura, la baja entropía inicial al principio del universo, y la duración del período inflacionario no tienen ninguna explicación teórica de porqué tienen el valor que tienen. Pero si hubiese habido algún minúsculo cambio en alguno de esos parámetros cuando ocurrió la explosión que dio origen al universo no habría galaxias, estrellas, planetas, ni hubiese la posibilidad de poder tener seres vivos.

Otro efecto determinante de la física sobre la estabilidad y posibilidad de que exista vida en el universo lo encontramos en las leyes de la termodinámica (que en el fondo se reducen a enunciados matemáticos de la probabilidad con la que ocurren los

³ En el Modelo Estándar no está incluida la **gravedad** porque no es renormalizable, y no se sabe aún como hacer una teoría de campos cuánticos para la gravedad. Pero cuando se logre tal meta teórica se especula que habrá un *gravitón* de masa cero y spin 2 que medie la gravedad.

procesos que envuelven fermiones y bosones). La famosa *Segunda ley de la Termodinámica* especifica que todo proceso aislado debe incrementar la entropía total del universo. La entropía está relacionada al número de posibles microestados cuánticos que vistos en su conjunto produzcan un mismo estado físico del sistema aislado en cuestión. De ahí la interpretación popular de que la entropía es una medida del “desorden” del sistema.

La formación de la vida y la evolución biológica, aunque no violan esta ley (como erróneamente alegan varios creacionistas anti-científicos para falsamente argumentar la existencia de un Creador inteligente), deberían ser extremadamente raras pues son procesos completamente *anti-entrópicos*. Es obvio que los seres vivos y la evolución son capaces de producir organismos y productos extremadamente complejos y ordenados reduciendo marcadamente la entropía local de éstos (aunque la Segunda Ley no se viola porque esto se hace a expensas de incrementar aún más la entropía del ambiente que los rodea, es decir no se trata de sistemas aislados). Pero no se puede negar que la vida, aunque posible bajo las leyes de la física, parece fluir en la dirección opuesta a la de los demás procesos naturales del universo.

Sin embargo, en la Tierra la vida parece haberse formado tan pronto el planeta se enfrió y se condensaron los mares. Es un fenómeno variado que experimenta rápidamente con una impresionante diversidad de formas en períodos relativamente rápidos de “desequilibrio puntuado”. Es extremadamente resistente e invade todo posible nicho en la Tierra donde concebiblemente pueda existir. Y si la teoría de Gaia es correcta es capaz de crear enormes redes de retroalimentación y homeostasis planetaria. Solo tenemos un planeta de ejemplo y hacer conclusiones generales es algo peligroso, pero a juzgar por la vida en la Tierra ésta no parece ser nada raro ni excepcional, sino algo que se forma y evoluciona con relativa facilidad tan pronto se dan las condiciones físicas y químicas que lo posibiliten.

El principio antrópico

Como muchos científicos han sido y son todavía atacados fuertemente por las fuerzas del misticismo, la irracionalidad, la religión y la pseudociencia, hay un mecanismo natural de defensa de ver con extrema suspicacia toda teoría sobre la vida que tenga

visos de “religiosidad” o que promueva la existencia de mecanismos biológicos que no sean desarrollados evolutivamente por procesos puramente naturales y causales sin la intervención mágica de dioses o diseñadores. Y es bueno que así ocurra. Por eso en casos como éste del origen y la probabilidad de la existencia de la vida, el hablar de este tipo de datos (porque todavía no he argumentado nada) se ve como algo peligroso y de mal gusto por muchos. Sin embargo recientemente han salido físicos teóricos de supercuerdas de la talla de Leonard Susskind (2006) o Steven Weinberg (1987) especulando abiertamente sobre la utilidad del llamado “principio antrópico” para la física teórica fundamental. Particularmente cuando la teoría M y las supercuerdas parecen haber chocado con una pared conceptual que no las deja avanzar mucho. Y leyendo estos debates me di cuenta de la conexión interesante que hay entre el principio antrópico y la teoría de Gaia.

El principio antrópico se basa en la idea altamente especulativa, (pero bastante seductora aunque no sea totalmente científica), de que nuestro universo no es el único que existe. Que si es verdad que nuestro universo tiene 11 dimensiones y tuvo un período inicial de inflación superluminal luego del Big Bang, lo que pasó aquí cuando se formó el universo puede repetirse. Que existía algo antes⁴ del Big Bang, y que por procesos causales naturales se formó este universo local de espaciotiempo curvo de 4 dimensiones y lleno de la energía y los campos cuánticos que vemos. El Big Bang sería entonces solo una instancia particular de un conjunto cuasi-infinito de “universos” que denominaremos como el *multiverso*.

Se ha estimado que si pudiéramos variar esos parámetros físicos que no entendemos por qué son como son habría solo una probabilidad de 1 en 10^{60} de tener un universo capaz de albergar la vida. Si hay un multiverso del cual nuestro universo es un miembro, y a cada uno le tocan parámetros físicos al azar parecemos haber tenido una “buena suerte” que desafía la imaginación. Aunque, claro, si nos hubiera tocado cualquier otro universo con otra física no estaríamos aquí para maravillarnos por estas cosas. A alguno le tenía que tocar este set de parámetros. Es decir, alguien gana la

⁴ Aunque técnicamente la palabra del lenguaje común “antes” no tendría sentido aquí ya que en el Big Bang se creó el tiempo al cual se refiere usualmente. Para que esto haga sentido habría que definir un “tiempo” diferente usando nociones de topología y geometría diferencial en manifolds multidimensionales.

lotería, por más improbable que sea, y no nos preguntamos porqué una persona en particular la ganó.

Desde un punto de vista filosófico, esta “casualidad” parece requerir de una explicación racional, natural, mecanicista, y que no contenga un diseñador sobrenatural que exista fuera del multiverso. Como no vamos a aceptar ni dioses ni magia en nuestras explicaciones debemos de postular hipótesis que expliquen como fue que nos tocó este universo tan amigable y hospitalario de entre las billones de posibles otras formas en el multiverso, pero por procesos ciegos, naturales y al azar como los de la evolución darwiniana.

El principio antrópico es un tipo de argumento según el cual se dice que debemos usar la existencia de la vida como punto de partida para explicar estos misterios de la física fundamental (y quizás llegar a una teoría de TODO completamente unificada). Usando dátale dato real y obvio de que si somos seres vivos en el universo podemos sacar conclusiones de cómo deben ser los mecanismos fundamentales de la física y la química que permitan este innegable hecho. Es usar la Biología para deducir la Física y la Química en vez de lo opuesto, como sería lo natural en una visión estrictamente reduccionista de la naturaleza.

Muchos físicos detestan esta idea pues piensan que es inútil, no falsable, que solo haría sentido si hubiese otros universos, y que no tiene consecuencia alguna en cómo hacemos física. Debiéramos aceptar las leyes que tenemos y el único universo que sabemos con certeza que existe así como vemos que es. No deberíamos tocar preguntas cuasi-religiosas y metafísicas como ésta ni con un palo largo.

Pero aunque aceptamos totalmente que lo que sigue de aquí en adelante no es ciencia de verdad no deja por eso de ser una idea interdisciplinaria la mar de interesante. Tampoco es ciencia-ficción. Su única carta de presentación entre los físicos es que cuenta con un rigor metodológico propio de la filosofía académica y no contradice en nada el conocimiento previo en cosmología o física de partículas elementales. Yo prefiero llamarla ciencia-especulación.

Evolución Cosmológica por Selección Natural

El reconocido cosmólogo Lee Smolin (2000) propuso que como un hueco negro y el Big Bang contienen ambos singularidades relativistas, que es concebible que al formarse un hueco negro esto cree un Big Bang en otra parte del multiverso.

Si cada “universo bebé” se crea al formarse una singularidad en un hueco negro bajo las leyes de la física prevalcientes en el “universo madre”, entonces el conjunto de parámetros que permiten esas leyes de la física constituirían el análogo del DNA en los organismos vivos (el mecanismo de herencia de características similares). Cada “universo bebé” sería muy parecido a su “madre” heredando la mayor parte de las características de su física de ésta. Pero podría haber leves cambios de una generación a otra. Luego de un proceso cuasi-infinito de selección natural la población total de universos tendería así a tener todas nuestras leyes de la Física porque este es el tipo de universo que más progenie produce en un ciclo de vida cósmico. Mientras más estrellas, más huecos negros. Mientras más huecos negros, más “universos bebés”. Al igual que ocurre con los genes en la evolución biológica, universos con parámetros de la física que produzcan una ventaja reproductiva tendrán una mayor probabilidad de generar copias, lo que los seleccionará preferencialmente de entre la competencia por sobrevivir como ente particular en el multiverso. Así al igual que con los organismos vivos se obtiene un producto aparentemente bien diseñado sin necesidad de un diseñador.

¿Pero, y qué de la vida? ¿Estará el multiverso evolucionando no sólo para formar muchas galaxias y estrellas, sino planetas “vivos” como Gaia? Una cosa es producir un universo con muchas estrellas y huecos negros, otra diferente es tener planetas como la Tierra de tercera y cuarta generación estelar donde haya seres vivos inteligentes. Esto requeriría de un ajuste aún más fino y aparentemente inexplicable en las leyes de la física para promover procesos emergentes en sistemas de cierto nivel y complejidad que se muevan espontánea y copiosamente contra la Segunda Ley de la Termodinámica. Muchas de las críticas a la hipótesis de Smolin tienden a girar sobre el hecho de que no es suficiente como para producir universos con seres vivos complejos como nosotros. Quedarían muchos eslabones en la cadena desde las estrellas hasta los seres humanos sin una explicación adecuada.

Gaia y la evolución de la inteligencia

El problema parece ser uno de escala. El mecanismo de la evolución por selección natural parece ser una idea muy poderosa que se puede aplicar a diversas escalas de la realidad física. Si el universo evoluciona para crear estrellas que evolucionan con planetas con seres vivos que evolucionan y eventualmente producen sociedades y culturas que evolucionan, ¿qué otro nivel de evolución por selección natural puede posibilitar universos tan singulares como el nuestro si es verdad que hay un multiverso diverso?

Aquí por fin es que nos conectamos con la razón de ser de esta conferencia: la teoría de Gaia. La motivación principal de esta conferencia es el rol de la influencia humana en los mecanismos de auto-regulación de Gaia (influencia considerada como negativa y peligrosa por la rapidez y poder adquiridos en muy poco tiempo). Con la evolución de la inteligencia humana, la rapidez de la variabilidad evolutiva se ha acelerado por varios órdenes de magnitud.

Al movernos del espacio de fase de los genes biológicos al de los memes (ideas transmisibles por imitación o lenguaje) la propia evolución biológica está ella misma evolucionando cada vez más rápido. Los futuristas más optimistas especulan que, si logramos sobrevivir los peligros que el crecimiento y desarrollo acelerado de la ciencia y tecnología nos presentan, la evolución humana puede llegar a niveles insospechados. Dos posibilidades que muchos admiten son:

- La ingeniería genética, en donde la manipulación del ADN puede producir nuevas especies de seres vivos y acelerar la rapidez de nuestra propia evolución. Ya no habría que depender de mutaciones al azar que se acoplen con el ecosistema a lo largo de millones de años. Concebiblemente se podrían lograr cambios genéticos de una generación a otra.
- La exploración espacial, en donde aprendamos más sobre los otros planetas en otras estrellas para ver si hay vida extraterrestre, así como la posibilidad de expandirnos y establecer colonias por toda la galaxia (a la “Star Trek”). (Limitado por la infranqueable velocidad de la luz.)

Si los seres humanos (u otra especie inteligente en otro planeta si nosotros



decidimos suicidarnos por no bregar adecuadamente con nuestros desechos y nuestra irracionalidad político-social) podemos en el futuro colonizar otros planetas y terraformarlos mediante ciencia y tecnología, nuestra Gaia en esencia adquiriría otra de las capacidades de los seres vivos: **la reproducción**. Tal como la vida en la

Tierra puede cambiar la física y la química del planeta, ¿podrán las diversas Gaias del universo interactuar entre sí, y formar organismos multiplanetarios que actúen como una Super-Gaia en el Cosmos? ¿Y podría una Super-Gaia a nivel multiplanetario afectar la reproducción de las próximas generaciones de “universos bebés” mediante huecos negros? Esto es una especulación impresionante, aunque totalmente alejada de la ciencia como usualmente se practica. Pero es una visión fractal del poder de la vida para afectar no solo a seres vivos vecinos, no solo al ecosistema en que vive, no solo la física y química del planeta en que se forma, sino quizás la misma estructura de éste y otros universos por venir. A esta especulación se le conoce como la hipótesis del *Biocosmos* (Gardner, 2003).

Nosotros los humanos hemos aprendido a ser Copernicanos al mirar al universo. No ocupamos un lugar especial, ni somos ningún tipo de animal especial hecho a imagen ni semejanza de nadie, ni somos el final de la evolución. Sólo somos la última variante local en este planetita entre billones de otros en este pequeño instante de la historia cósmica. Es imposible siquiera especular como evolucionará la inteligencia en el futuro. O si habrá otros niveles de evolución aún más poderosos que los de las evoluciones cosmológica, biológica y cultural que apenas empezamos a comprender.

Pueden leer más artículos de este tipo de conexiones interdisciplinarias entre la física, la filosofía, la política y el futurismo en mi blog cibernético *Ciencia e Independencia* en la dirección <http://cienciaeindependencia.blogspot.com>

Referencias

- Gardner, J. N. (2003). *Biocosm. The new scientific theory of evolution: intelligent life is the architect of the universe*. Makawao: Inner Ocean.
- Smolin, L. (2000). *The life of the Cosmos*. Oxford University Press.
- Susskind, L. (2006). *The cosmic landscape: string theory and the illusion of intelligent design*. Back Bay Books
- The Particle Data Group (2009). *Gráfica de fermiones y de bosones*. Disponible en <http://particleadventure.org>
- Weinberg, S. (1987). Anthropic Bound on the Cosmological Constant, *Phys. Rev. Lett.* 59, 2607–2610.

Citación de este artículo:

López Alemá, R. (2009). Dios, Gaia y Darwin evolución cosmológica, biológica y cultural, y su efecto en la vida en la Tierra. *Revista Umbral*, 1, 54-65. Disponible en: <http://ojs.uprrp.edu/index.php/umbral/article/download/15/4>