

HIPÓTESIS DE GAIA

JAMES LOVELOCK, LYNN MARGULIS

Por: Erwin Andrei Hortua Cortes

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”

andreihortua@gmail.com

Julio de 2007

Resumen

Este documento expone brevemente la hipótesis de Gaia de James Lovelock y Lynn Margulis, la cual afirma que el planeta Tierra en su totalidad, incluyendo seres vivos, océanos, rocas y atmósfera, funciona como un super-organismo que modifica activamente su composición interna para asegurar su supervivencia.

Palabras Clave:

Hipótesis de Gaia

Autorregulación

Homeostasis

Autopoiesis

El Mundo de las Margaritas

Abstract

This document shows a brief introduction to The Gaia hypothesis by James Lovelock and Lynn Margulis which states that the Earth planet as a whole, including alive beings, oceans, rocks and atmosphere, works like a super-organism that modifies its internal composition dynamically, to assure its own survival.

Keywords:

Gaia Theory

Self-regulation

Homeostasis

Autopoiesis

DaisyWorld

1. Antecedentes.

La idea de un planeta viviente (Gaia) no es reciente para la ciencia, hace más de doscientos años, James Hutton (1726 – 1797), considerado el padre de la geología, calificó el planeta Tierra como un superorganismo viviente y sugirió que su estudio se realizara desde la fisiología (ciencia biológica que estudia las funciones de los seres orgánicos). Hutton publicó la teoría de la Tierra¹ en 1789; en la que afirma que la biósfera recicla continuamente la materia orgánica; pero encontró un marcado aislamiento entre las ciencias, los biólogos daban por aleatorios los cambios físico-químicos del planeta, y las ciencias de la Tierra descartaban el impacto de la vida globalmente. El aislamiento de las ciencias naturales generó separación entre áreas del conocimiento lo que dificultó integrarles para obtener un modelo holístico de la vida en el planeta Tierra.

James Lovelock químico británico y autor de la Hipótesis de Gaia e inventor de el detector de electrones por captura (ECP, 1957), un aparato capaz de detectar una parte entre un trillón; en los años setenta permitió descubrir vestigios de pesticidas en los organismos de los pingüinos de la Antártica, se utilizó para la cromatografía (análisis de gases), y monitorear los gases CFC². Lovelock fue invitado por el programa exploratorio de vida lunar y planetaria de la NASA en 1961 para detectar vida, las ideas de los demás

¹ [HUTT89]

² Cloro Fluoro Carburos

científicos requerirían aterrizar en Marte; en cambio Lovelock se interesó por la composición atmosférica marciana, encontrándola en condiciones muy estables³, cerca del equilibrio químico, con muy poco oxígeno, metano e hidrógeno, pero abundante cantidad de dióxido de carbono (95%).

Sostuvo que una atmósfera equilibrada químicamente impediría el metabolismo de los organismos, ya que cualquier tipo de vida necesita interactuar activamente con su atmósfera desestabilizándola. La nave espacial “Viking” viajó a Marte en 1975 con el objetivo de analizar la atmósfera y superficie en búsqueda de vida extraterrestre pero no encontró pruebas de vida, en Marte o Venus, el dióxido de carbono sobrepasa el 95% de la atmósfera y el oxígeno es apenas un vestigio. A diferencia de sus planetas vecinos, la atmósfera de la Tierra es muy inestable químicamente (con una alta probabilidad de combustiones), y se ha mantenido constante los niveles globales de nitrógeno (0,79%), oxígeno (20,7%) y dióxido de carbono (0,03%) relativamente constantes desde la existencia de vida, durante los últimos 2.500 millones de años aproximadamente.

2. La Hipótesis de Gaia.

Se comenzó a formular a principios de los años sesenta por James Lovelock (1919-) que analizó los procesos fisiológicos autorregulados del planeta Tierra, con el apoyo de Lynn Margulis, Microbióloga estadounidense publicó un artículo titulado “Gaia as seen through the atmosphere” (Gaia vista desde la atmósfera), en el periódico científico “Atmospheric Environment” en 1972, describiendo la autorregulación de la atmósfera.

Gaia, Gea, Pachamama o Madre Tierra son nombres que evocan la diosa de la naturaleza en diversas culturas, James Lovelock decidió nombrarle de la misma forma al superorganismo planeta Tierra, compuesto por los seres vivos, los mares, la atmósfera y el suelo. Desde su

³ [LOV85]

bautizo la hipótesis fue tildada de mística por algunos científicos, principalmente darvinistas que ridiculizaron a “Gaia” como un ente personificado que concientemente controla el clima del planeta. Lovelock aclara⁴ que comúnmente se refiere a “Gaia” para referirse a una entidad planetaria viviente sin que ello implique necesariamente la existencia de consciencia. Se generó mayor controversia al calificar al planeta como vivo, por que no se tiene un método riguroso para separar la materia viva de la inerte, Lovelock considera que la materia viva no se separa de su ambiente “inerte” por haber evolucionado en conjunto, siendo la vida una propiedad planetaria no individual.

3. Las características de los seres vivos.

Jacques Monod enumeró las características de la vida en su libro “El Azar y la Necesidad”⁵ (1970) donde destacó tres propiedades características de los seres vivos: Teleonomía, Morfogénesis autónoma e Invariancia reproductiva. La teleonomía se refiere a la propiedad de todos los seres vivos de ser objetos dotados de un proyecto que representan en sus estructuras y cumplen con sus logros. La morfogénesis autónoma señala que la estructura de un ser vivo resulta de procesos que no parecen deber casi nada a la acción de fuerzas exteriores, sino a interacciones morfogenéticas del mismo objeto. Las condiciones externas son capaces de trastornar el desarrollo, pero incapaces de dirigirlo o de imponer al ser vivo su organización. Por último, la invariancia reproductiva, es la posibilidad de reproducir y transmitir “ne varietur” la información correspondiente a su propia estructura.

Monod reconoció la excepción que suponen a la morfogénesis autónoma los cristales, cuya geometría característica es un reflejo de interacciones microscópicas

⁴ [LOV79]

⁵ [MON70]

internas al mismo objeto. Se sabe que algunas estructuras cristalinas presentan invariancia reproductiva, tales estructuras contienen una cantidad de información muy inferior a la transferida de generación en generación en los seres vivos incluso en los más simples que se conocen.

La autopoiesis del griego $\alpha\upsilon\tau\omicron$, auto, "sí mismo", y $\pi\omicron\iota\eta\sigma\iota\varsigma$, poiesis, "creación" o "producción" fue expuesta por dos científicos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela (1984)⁶ como el proceder de un sistema, por el que mantiene su estructura y tiene la capacidad de regeneración a pesar de los cambios en sus condiciones externas. Un sistema autopoietico es capaz de crear sus propios componentes así como modificar su composición interna, la vida en el planeta tierra se comporta de esta manera, regulando compuestos orgánicos para atrapar la radiación solar en forma de calor como efecto invernadero (evitando el enfriamiento característico del universo) o reflejando la energía emitida por el sol al exterior evitando su disipación en su interior.

4. La autorregulación de la temperatura global.

Por las características de nuestro sol, su radiación aumenta constantemente, durante los últimos tres mil millones de años aproximadamente ha habido un incremento mayor al treinta por ciento. Si la Tierra fuese un planeta sin vida, su temperatura superficial hubiera seguido la curva de emisión de energía del sol, en Venus el incremento constante de radiación solar y el efecto invernadero descontrolado lo llevó a los 477 °C, Marte por el contrario esta a -53 °C, pero la Tierra ha mantenido una temperatura media de 13° C relativamente constante durante la evolución de la vida. Si la temperatura de nuestro planeta dependiera únicamente de la relación establecida entre la radiación solar y el

balance térmico atmósfera/superficie, se tendrían condiciones extremas de temperatura entre -60° y 110°C.

La vida en la tierra afecta notablemente la temperatura global, se sabe que el efecto invernadero permite que el planeta no se enfríe como el caso de Marte, la liberación de gases invernadero como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) como producto de la respiración o la descomposición de materia orgánica, atrapa el calor proveniente de la radiación solar evitando que se escape al espacio. Sin embargo existe un sinnúmero de procesos orgánicos que colaboran en menor medida al calentamiento de la superficie, pero no todos los mecanismos de la vida en la tierra están encaminados a subir la temperatura porque la Tierra podría convertirse en un planeta como Venus de elevadísimas temperaturas, también existen procesos de enfriamiento tal como un termóstato procura una temperatura ideal.

5. El Albedo las algas y las nubes.

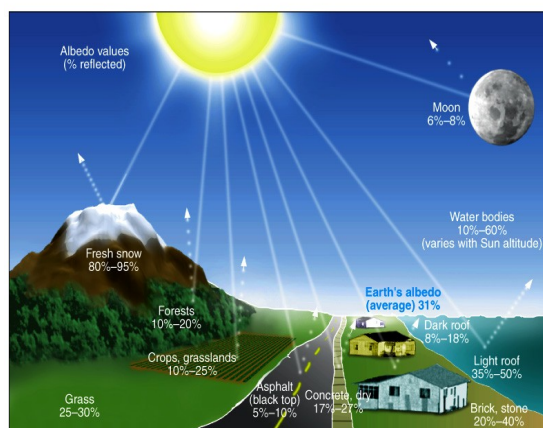


Fig. 1. El albedo 1

El albedo es la capacidad de los cuerpos para reflejar la radiación solar incidente en su superficie, se calcula en razón de la radiación reflejada por la incidente.

La nieve tiene entre el 80% y 95% un espejo ideal tendría el valor de 100% una superficie rugosa ideal como el negro opaco tendría el 0%. La radiación solar que no se refleja se disipa en la superficie como

⁶ [MAT84]

energía térmica haciendo que el cuerpo aumente de temperatura.

Las nubes son cuerpos de gran albedo, disipan poca energía y devuelven la mayor cantidad al espacio. Se forman sobre los océanos a partir de moléculas del gas DMS Dimethyl Sulfide ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$) que forma el núcleo de la nube, este compuesto es emitido por las algas marinas⁷ *Emiliania huxleyi* en su metabolismo para la regulación de la concentración de sal. Bajo una radiación solar alta, las algas tendrán un aumento de población significativo debido a que el sol es la fuente de energía para la fotosíntesis, al aumentar la población de algas marinas, igualmente aumentan sus emisiones totales de DMS.

La abundancia de Dimethyl Sulfide conlleva a un aumento de nubes y ello a una reducción de la radiación solar sobre el océano, reduciendo el número de algas y controlando su población. Sin ser su propósito las algas marinas contribuyen a la regulación de la temperatura global, a simple vista parecerían ser tan pequeñas que sus efectos sobre el planeta serían irrelevantes, pero el 75% del planeta está cubierto por océanos y las algas marinas conforman una biomasa mucho mayor que todos los bosques de la tierra firme.

6. DaisyWorld.

Ford Doolittle crítico de la hipótesis de Gaia aludía⁸ que no había forma de que los organismos regularan el clima sin planeación o previsión, ya que esto implicaría un objetivo consciente. Lovelock aceptó la crítica que le obligó a ordenar sus argumentos, como respuesta ideó un modelo matemático simplificado de Gaia, bautizado DaisyWorld⁹ (El mundo de las margaritas). El objetivo de este modelo es

mostrar como el crecimiento y la competencia por el espacio entre dos especies de margaritas puede mantener la temperatura de Daisyworld constante y apta, en un amplio lapso de tiempo aunque sea afectado por el incremento de radiación proveniente de una estrella como nuestro sol.

Imagine un planeta frío y sin vida, orbitando un sol que aumenta su radiación con el paso del tiempo, este planeta tiene superficie de tierra apta para el crecimiento de las plantas y se han esparcido semillas de margaritas de dos colores blancas y negras en toda la tierra. Tales margaritas se clasifican en dos especies, blancas teniendo un albedo máximo y negras con un albedo mínimo, ambas requieren una temperatura ideal para sobrevivir, las margaritas oscuras al tener tan poco albedo tendrán una temperatura interna alta, mientras las claras mantendrán una temperatura interna menor.

El planeta se comienza a calentar y nacen las margaritas oscuras, que al absorber más calor están en ventaja debido a que su temperatura interna es mayor que la ambiente, lo que les permite desarrollarse y reproducirse mejor. Las próximas generaciones serán en su mayoría de margaritas negras y se expandirán rápidamente sobre la superficie del planeta, calentándose ellas mismas y el área que ocupan. Luego con la retroalimentación positiva la temperatura, las margaritas negras llegarán a poblar casi todo el planeta, sin embargo esto no puede seguir indefinidamente, porque se alcanzará una temperatura intolerable para las margaritas oscuras que les hará perder vitalidad, favoreciendo el desarrollo y reproducción de las margaritas blancas que también compiten por el espacio ocupado.

Con el paso de las generaciones la población de margaritas blancas llegarán a igualar sus rivales oscuras, regulando por un tiempo considerable la temperatura global del planeta, que estando sometido a

⁷ Gaian Hipótesis. [Visitado el 07-Jul-07]
<http://www.gaianvariations.com/learn/op125.htm>

⁸ Doolittle Ford, "Is Gaia Really Motherly?", "¿Es Gaia realmente maternal?" [Visitado el 07-Jul-07]

⁹ [WAT83]

un incremento gradual de radiación solar tiende a aumentar su temperatura, favoreciendo la diseminación de margaritas blancas. Este ecosistema planetario pasa de ser dominado por margaritas negras a blancas como resultado del aumento de radiación natural de la estrella a medida que envejece, sucesivamente las margaritas blancas llegarán a poblar toda la superficie del planeta, hasta que la temperatura aumente tanto que la reflexión de la radiación no sea suficiente para enfriar el planeta y colapse la vida sobre el planeta por exceso de calor.

7. Conclusiones.

La hipótesis de Gaia abre nuevos horizontes a la ciencia moderna integrando una variedad de conceptos que antes se habían desarrollado aisladamente, aunque aún no es posible afirmar que el planeta sea un organismo viviente, se ha despertado el interés de la comunidad científica en general para desarrollar pruebas o críticas que permitan esclarecer el comportamiento de la vida en nuestro planeta, así como la investigación de procesos autorregulados relacionados con las necesidades indispensables de los seres vivos.

8. El Autor.



Erwin Andrei Hortua Cortes, nació en Bogotá, Colombia (21 de Junio de 1981) es estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Distrital, realiza su grupo de investigación en la hipótesis de Gaia con el grupo de Complejidad UD. Sus áreas de interés son la filosofía natural, la ecología, la cibernética y el pensamiento complejo. Actualmente se encuentra desarrollando su pasantía en ingeniería de software para una empresa privada.

andreihortua@gmail.com

9. Referencias.

[HUTT89] Hutton, James. Theory of the earth. London: The Geological Society, 1997. 278 p. ISBN 1897799780.

[LOV72] Lovelock, James. Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra. Barcelona: Ediciones Orbis, 1985, 185p. (Biblioteca de divulgación científica. Muy Interesante; no. 22) ISBN 84-7634-252-7.

[MAT84] Maturana, Humberto. Varela, Francisco. El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del conocimiento humano. Madrid: Debate, 1990, 219 p. ISBN 956-11-1749-5

[MON70] Monod, Jacques. El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna. Barcelona: Tusquets Editores, 1970, 194p. ISBN 84-7223-600-5.

[WAT83] Watson A, Lovelock James, Homeostasis biológica del medio ambiente global: la parábola de DaisyWorld. 1983.

Referencias Electrónicas

López Tapia, Alexis, Teoría de Gaia. 1996. <http://www.accionchilena.cl/Ecofilosofia/la teoriagaia.htm> [Visitado el 07-Jul-07]

Asimov, Isaac. Pohl, Frederik La Hipótesis Gaia, la Tierra como Planeta Vivo. Extraído de La Ira de la Tierra <http://www.espinoso.org/biblioteca/hipotesi sgaia.htm> [Visitado el 07-Jul-07]

Lovelock, James. The Evolving Gaia Theory. Tokio, Japan: Paper presented at the United Nations University. 1992., <http://www.unu.edu/unupress/lecture1.html> [Visitado el 07-Jul-07]

Sessini, Phillipa. Modeling the Gaia Hypothesis: DaisyWorld. University of Calgary. Canada. <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~psessini/565/> [Visitado el 07-Jul-07]