

La enseñanza de las MARGARITAS: manejando la complejidad en un mundo egoísta

Daniel Iván **Garduño Ruíz**

La teoría de Gaia propone que la interacción de los organismos con el sistema Tierra produce mecanismos de retroalimentación autorregulatorios que mantienen el ambiente superficial de la Tierra estable y habitable para la vida. Desde sus inicios, esta teoría ha estado sujeta a fuertes críticas y ha experimentado varios cambios, pero con el paso del tiempo ha sido parcialmente aceptada, como ha quedado demostrado en la declaración de Ámsterdam sobre cambio global (2001), cuyo primer punto establece que “el sistema Tierra se comporta como un sistema autorregulado con componentes físicos, químicos, biológicos y humanos”. Considero que elucidar el proceso de aprobación de esta teoría es una tarea importante debido a que nos puede ayudar a entender cómo avanza la ciencia. En este ensayo, apoyándome en la perspectiva del manejo de complejidad que sostiene García-Deister (2013), analizaré un evento que me parece fundamental para el desarrollo y la aprobación de esta teoría: la creación del modelo de Daisyworld.

UN NOMBRE POCO ORTODOXO

En 1967, Jim Lovelock, un reconocido científico, salió a dar un paseo con su vecino y buen amigo William Golding,



© Enrique Soto. Ruta 2010, Puebla-Querétaro, 2009.



© Enrique Soto. Ruta 2010, Puebla-Querétaro, 2009.

quien era un célebre novelista. La conversación versó sobre una idea que había estado rondando por la mente de Lovelock desde hacía dos años: la Tierra es un sistema autorregulado en el que la biosfera mantiene y controla activamente el ambiente con el objetivo de conservarlo confortable para la vida. Esta idea había llegado a su mente cuando trabajaba para la NASA diseñando un experimento para detectar vida en otros planetas, por medio del análisis de sus atmósferas. Dado que la composición de la atmósfera y la temperatura superficial de la Tierra se han mantenido aproximadamente constantes durante un gran periodo de tiempo, de alguna manera la vida debería de estar contribuyendo a mantener este balance, pues la mayoría de los gases atmosféricos son producidos por organismos vivos.

Durante la conversación, Golding escuchó a Lovelock con gran interés. “Una idea tan extraordinaria –dijo– debería de tener un nombre apropiado”. “¿Qué sugieres?”, preguntó Lovelock. “Yo la llamaría Gaia”, sugirió Golding, haciendo referencia a la diosa griega de la Tierra. Sin embargo, Lovelock entendió “Gyre”, palabra utilizada para designar los giros oceánicos, y creyó que Golding se refería a que estaba cayendo en un razonamiento circular. Ya estaba esbozando algún reclamo cuando Golding aclaró: “No, no, no, me refiero a G-a-i-a”,

y explicó el contexto. Lovelock supo de inmediato que era el nombre correcto.¹

UN COMIENZO INADVERTIDO

“Casi nadie, incluido yo mismo durante los primeros diez años después de que naciera esta idea, parecía saber qué era Gaia”, recuerda Lovelock al hablar de los inicios de su teoría (Lovelock, 2007, p. 37). Una vez que había bautizado sus ideas debía comenzar a esclarecerlas, a desarrollarlas y a difundirlas. Sin embargo, al principio no tuvo mucho éxito. El primer artículo en el que se pueden reconocer indicios de Gaia fue publicado en 1969, donde Lovelock expone sus razonamientos en favor del análisis atmosférico como una forma de detectar vida extraterrestre (Lovelock y Giffin, 1969). “El artículo casi pasó desapercibido” (Lovelock, 2009, p. 135). En ese mismo año, presentando la idea básica de la Tierra como un sistema autorregulado en varias reuniones científicas, Lovelock conoció a Lynn Margulis, con quien dos años más tarde iniciaría una colaboración científica. La primera publicación en la que se menciona a Gaia explícitamente apareció en 1972, cuando fue resultado de una pequeña presentación de sobremesa en un congreso de química atmosférica. En este documento Lovelock explica de manera muy resumida sus ideas sobre Gaia (Lovelock, 1972). Fue en 1974, casi diez años después

de que naciera la idea, cuando Lovelock y Margulis comenzaron a publicar los primeros artículos en los que presentan a Gaia de manera detallada. Al principio intentaron publicar en la prestigiosa revista *Science*, pero fueron rechazados. Por fortuna, Carl Sagan aceptó publicar su primer artículo en la revista *Icarus*, de la que en ese tiempo era editor (Margulis y Lovelock, 1974). Posteriormente publicaron otros dos artículos, en los que presentan evidencias que soportan la hipótesis de que la biosfera puede regular la atmósfera terrestre, manteniéndola en un estado homeostático (Lovelock y Margulis, 1974 a, b). Desafortunadamente, estas primeras publicaciones no tuvieron mucho impacto en la comunidad científica. Ni siquiera el reconocimiento que recibió Lovelock durante estos años, al ser nombrado parte de la *Royal Society*, contribuyó a llamar la atención hacia sus ideas.

CAMBIO DE RUMBO

“Solo nos ignoraron con la esperanza de que nos largáramos”, comenta Lovelock al hablar de sus primeros artículos sobre Gaia (Gribbin y Gribbin, 2009, p. 136). A pesar de las evidencias, la comunidad científica no estaba tomando sus ideas seriamente. Esto comenzó a cambiar en 1975, cuando Lovelock, junto con un colega, decidió diversificar su audiencia. En un artículo dirigido al público en general que se publicó en *The New Scientist*, una de las revistas británicas de ciencia más populares, Lovelock arguye que la proposición de que la vida existe porque se dieron las condiciones materiales exactas para que pudiera existir no es justificable. En cambio, Lovelock justifica la hipótesis de Gaia, proponiendo que la vida es capaz de manipular la composición de la atmósfera y la temperatura superficial de la Tierra para mantener el ambiente en un estado óptimo (Lovelock y Epton, 1995). El artículo fue todo un éxito. En breve, Lovelock recibió invitaciones por parte de 21 casas editoriales para hacer un libro sobre su hipótesis; se decidió por la editorial de la universidad de Oxford debido a su gran prestigio. La publicación de *Gaia: A New Look at Life on Earth*

en 1979 marcó el inicio de una nueva etapa en el desarrollo de la teoría y en la vida de su autor. Al público no solo le encantó el libro, se volvió loco por las ideas de Lovelock.

Como ha mostrado Michel Ruse, el contexto social en el que Gaia se introdujo al dominio público había preparado a la audiencia para esperar una idea como esta. Justo en esta época el movimiento ambientalista estaba en boga: los ensayos de Aldo Leopold y Rachel Carson habían contribuido a despertar la preocupación por el ambiente; las primeras fotografías de la Tierra, resultado del comienzo de las misiones espaciales, mostraron su frágil y singular belleza; y la revolución científica que se dio en las ciencias de la Tierra, producto de la teoría de la tectónica de placas, reveló la naturaleza dinámica e interconectada de nuestro planeta.

En una sociedad que estaba redescubriendo al planeta y que se preocupaba cada vez más por sus problemas, la idea de la Tierra como un sistema que comparte muchas características con un ser vivo estaba destinada a ser exitosa. Esta idea estaba atrayendo tanta atención que incluso los científicos comenzaron a tomarla en cuenta, desatándose una serie de fuertes críticas hacia la hipótesis. Algunos biólogos neo-darwinistas hicieron las más duras, pero también las más provechosas.

EL ATAQUE DE LOS NEO-DARWINISTAS

“Un crítico se refirió a ella mordazmente como una historia de hadas acerca de una diosa griega. En cierto sentido estaba en lo correcto”, menciona Lovelock al hablar del primer libro dedicado a Gaia (Lovelock, 1979, p. XIV). Al escribir este libro Lovelock no se preocupó demasiado en usar un lenguaje científicamente correcto. Si lo hubiera hecho habría resultado incomprendible para cualquier persona no científica. Su propósito era expandir sus ideas en el rango más amplio posible para que cualquier persona pudiera entender los rasgos básicos de Gaia. Para ello Lovelock ideó

una metáfora sencilla. Si la biosfera era capaz de regular la temperatura terrestre mediante una serie de ciclos de retroalimentación, al igual que lo hacen los seres vivos en sus cuerpos, entonces hablar del concepto de la Tierra como un sistema autorregulado, usando la metáfora de la Tierra como un sistema vivo, podría contribuir a favorecer la comprensión del concepto. Este fue uno de los factores que más incomodaron a algunos biólogos neo-darwinistas, como Ford Doolittle y Richard Dawkins.

En su revisión del primer libro sobre Gaia, Doolittle (1981) hace referencia a un libro para niños: “*El Dr. Dolittle en la Luna*” de Hugh Lofting. En este libro el protagonista se maravilla ante las diligencias del Ministerio de la Vida, una institución creada por el primer humano en la Luna cuya función es regular la vida lunar para evitar la guerra. Gracias a este ministerio, las especies de la Luna están en completa paz y armonía, no hay competencia darwiniana entre ellas. Para Doolittle no hay forma de que la selección natural, operando al nivel de individuos egoístas preocupados solamente por su propia supervivencia en ambientes locales, dé lugar a la emergencia de la autorregulación a nivel planetario sin la intervención natural de algo como el Ministerio de la Vida.

Asimismo, en su célebre libro “*El fenotipo extendido*”, Richard Dawkins (1982, p. 236) argumenta que la selección natural nunca actúa para el bien de un grupo, siempre actúa para el bien de un individuo. Así, pensar que la selección natural podría actuar a nivel global no tiene sentido, pues para esto tendríamos que admitir la absurda idea de que la Tierra se puede reproducir y puede competir con otros planetas.

LA ENSEÑANZA DE LAS MARGARITAS

“Ni Lynn Margulis ni yo pudimos hacer una defensa convincente, en parte porque... la hipótesis de Gaia estaba mal”, rememora Lovelock al hablar de las críticas que sufrió su teoría (Lovelock, 2009, p. 168).

Tanto Dawkins como Doolittle habían hecho comentarios sobresalientes que llevaron a Lovelock a reconsiderar sus ideas. Estaba claro que, al contrario de lo que él pensaba, la biosfera no podía regular el ambiente, pero entonces ¿cómo se daba la autorregulación planetaria? El mecanismo convencional y aceptado por los científicos de la Tierra establecía que la autorregulación es producida por un conjunto de ciclos de retroalimentación en los que la vida no interviene, pero Lovelock no estaba convencido de esta idea.

Un día se le ocurrió que las críticas de los neo-darwinistas se derrumbarían si pudiera mostrar que la regulación ocurre en el sistema Tierra entero, compuesto no solo por la vida, sino también por el aire, los océanos y las rocas superficiales. Mostrar esto requeriría hacer un experimento en todo el planeta, lo cual no es posible, por lo que Lovelock optó por desarrollar un modelo. Caracterizar las interacciones de millones de organismos con el océano, la atmósfera y las rocas superficiales es una tarea extremadamente compleja y nada factible. De alguna manera Lovelock debía de reducir enormemente la complejidad, pero a la vez debía de retenerla en cierto grado para que su modelo le permitiera probar que la autorregulación puede ser el resultado de la selección natural actuando en los organismos, así como de la interacción de estos con el ambiente. Lovelock estuvo todo un año buscando la forma de realizar esta tarea sin éxito. Afortunadamente, en diciembre de 1981, mientras revisaba la revista *Nature*, se encontró con un artículo que describía ecuaciones sencillas para modelar la propagación de especies (Carte y Prince, 1981). Este artículo despertó la inspiración en Lovelock, quien usaría estas ecuaciones para crear el modelo que se proponía: Daisyworld.

Daisyworld es un modelo climático que consta de seis ecuaciones que representan un planeta imaginario sin dimensiones en el que solo viven dos formas de vida: margaritas blancas y margaritas negras. Al igual que la Tierra, Daisyworld está cerca de una estrella que le provee energía en forma de radiación y que va aumentando su intensidad lumínica conforme pasa el tiempo. Como todos los



© Enrique Soto. Ruta 2010, Puebla-Querétaro, 2009.

organismos, estas margaritas solo pueden sobrevivir en un rango de temperatura ambiental relativamente chico, y existe una temperatura óptima a la cual su tasa de crecimiento es máxima. Puesto que las margaritas negras tienen un mayor albedo (absorben una mayor cantidad de energía) se calientan más rápido que las margaritas blancas, por lo que, cuando la estrella que rodea a Daisyworld es joven y no envía mucha radiación, las margaritas negras están más cerca de la temperatura óptima de crecimiento que las margaritas blancas y tienden a tener una mayor población. Sin embargo, conforme la luminosidad del sol comienza a aumentar, las margaritas negras se calientan demasiado, por lo que tienden a estar más alejadas de la temperatura óptima de crecimiento, en comparación con las margaritas blancas, que comienzan a ganar terreno en Daisyworld. Cuando las margaritas blancas empiezan a crecer, afectan el balance radiativo de Daisyworld y tienden a regular su temperatura (Lovelock y Watson, 1983).

Daisyworld demuestra que la autorregulación es teóricamente posible sin la necesidad de apelar a un Ministerio de la Vida, aun cuando la selección actúe a nivel individual y las margaritas solo estén preocupadas por sus propios beneficios. Este modelo prueba que la hipótesis de Gaia es factible. Con todo, a los críticos les resultaba difícil creer

que Lovelock estaba en lo correcto. Se formularon muchas objeciones al modelo de Daisyworld. Por una parte, se dijo que en un mundo real habría una margarita de un determinado pigmento que le permitiría almacenar energía y disfrutar de la regulación climática de las demás margaritas al mismo tiempo, maximizando su beneficio propio y tendiendo a desestabilizar al planeta. Por otra parte, se dijo que hay una suposición fundamental en el modelo que lo hace completamente no realista: el hecho de que las margaritas tienen efectos similares en el ambiente local y global, de modo que cada vez que las margaritas mejoran su ambiente local, también mejoran el ambiente global. Si esta suposición clave es removida, la regulación de la temperatura desaparece. Además, se dijo que el modelo de Daisyworld es demasiado sencillo y que no sería apropiado extrapolar los resultados de dicho modelo a nuestro planeta.

No obstante, Daisyworld sentó las bases para que se desarrollara una serie de modelos que hicieron frente a estas críticas. Se hicieron modelos que incluían margaritas de distintos colores, conejos que se comían a las margaritas y zorros que se comían a los conejos, y aun así la autorregulación se seguía apreciando. Se hicieron modelos que no



© Enrique Soto. Cuetzalan, Puebla, 2009.

consideraban la suposición de que las margaritas afectan al ambiente local y global de la misma forma en los que la regulación surgía. Se hicieron modelos más complejos que incluían más dimensiones espaciales y más ecuaciones en los que la autorregulación se mantenía. Hoy en día podemos ver a Daisyworld como un modelo icónico que abrió las puertas a una nueva perspectiva para estudiar a la Tierra. Daisyworld contribuyó a legitimar el estudio de la hipótesis de Gaia (Wood y cols., 2008).

MANEJANDO LA COMPLEJIDAD

Me parece que la forma en que la teoría de Gaia ha ganado un cierto grado de aceptación científica se puede caracterizar desde la perspectiva del “manejo de complejidad” que sostiene García-Deister. Esta perspectiva permite entender cómo los científicos “producen conocimiento a partir de la complejidad, gestionándola, administrándola, transformándola, modelándola, movilizándola, incluso reproduciéndola...” (García-Deister, 2013, p. 8); es

[...] una perspectiva histórica, filosófica y sociológica (una alternativa a la visión de la ciencia que resuelve problemas) que ofrece los medios para

identificar las distintas tecnologías mediante las cuales los científicos gestionan la complejidad (García-Deister, 2013, p. 6).

Considero que la creación del modelo de Daisyworld no solo fue una respuesta a tratar de resolver el problema de explicar cómo se da la autorregulación en un mundo egoísta, sino que fue consecuencia del manejo de la complejidad que Lovelock llevó a cabo en “un determinado contexto, atendiendo al establecimiento y el uso de tres tipos de tecnologías: la material, la literaria y la social” (García-Deister, 2013, p. 5).

Por un lado, Lovelock hizo uso de una técnica literaria que le permitió dirigirse al público en general y popularizar su teoría, usando metáforas y un lenguaje sencillo y no muy preocupado por ser científicamente correcto. No obstante, esto no habría contribuido mucho a mejorar el estatus de Gaia de no ser por la técnica social que utilizó Lovelock, la cual, a mi parecer, consistió en hacer notar que Gaia ofrecía una nueva forma de ver a la Tierra, que abordaba problemas extremadamente importantes para la sociedad, que compartía las preocupaciones del movimiento ambientalista y proponía soluciones con base en el entendimiento del planeta que promovía. Creo que fue precisamente la combinación de estas dos técnicas –literaria y

social— lo que provocó que la teoría de Gaia fuera ganando momento y relevancia, hasta llegar a oídos de los científicos que anteriormente habían optado por ignorar las ideas de Lovelock. Fueron ellos mismos quienes sintieron la necesidad de mostrar al público en general que la teoría que a muchas personas les parecía genial no era plausible.

Por otra parte, una vez que estas críticas le habían hecho ver que había algo mal con sus ideas, Lovelock tuvo que manejar la complejidad de este dilema haciendo uso de una tecnología literaria constituida por artículos científicos; de una tecnología social constituida por relaciones con otros científicos (biólogos, climatólogos, meteorólogos, etc.); y de una tecnología material constituida por herramientas matemáticas y computacionales —particularmente una computadora HP 9845— que le permitieron replantear sus ideas, dejando atrás la hipótesis de que la vida puede regular al ambiente, para adoptar la idea de que la regulación no solo la hace la vida, sino el sistema acoplado compuesto por la vida y el ambiente. Todo ello fue fundamental para la construcción del modelo de Daisyworld. Lovelock no solo tuvo que reducir la enorme complejidad del mundo real para poder crear el modelo de Daisyworld, como si esta fuera un obstáculo epistemológico que le impedía investigar su objeto de estudio. Al contrario, la complejidad fue el terreno fértil donde las ideas de Lovelock florecieron. Fue justamente el manejo y la gestión de la complejidad lo que, por medio de las tres tecnologías mencionadas anteriormente, facilitó el surgimiento de este modelo.

CONCLUSIÓN

Considero que la perspectiva del manejo de complejidad puede ser una herramienta muy útil para dar cuenta de los avances científicos, debido a que nos recuerda que la ciencia no avanza tratando a la complejidad como si esta fuera un problema a ser superado, sino que los avances científicos son resultado de todo un proceso gerencial en el que la complejidad es gestionada, dando lugar a diferentes preguntas que se plantean en

determinados contextos de producción de conocimiento caracterizados por las herramientas literarias, sociales y materiales disponibles para posibilitar respuestas.

En el caso de la teoría de Gaia, creo que la construcción del modelo de Daisyworld fue un evento clave para el establecimiento de la relevancia científica de las ideas de Lovelock. Este modelo no solo fue una consecuencia de que el problema de la autorregulación en un mundo egoísta requería una solución. También fue resultado del contexto social en el que se inscribe la teoría de Gaia, un contexto caracterizado por una creciente preocupación por el ambiente y por una fuerte controversia científica sobre las unidades de selección. Dicho contexto facilitó la popularización de la teoría y la formulación de las críticas constructivas que se hicieron hacia esta. Para crear el modelo de Daisyworld, Lovelock no solo tuvo que resolver el problema que plantearon los biólogos neo-darwinistas, sino que tuvo que manejar la complejidad del mismo, planteándose distintas preguntas que lo llevaron a considerar diferentes modificaciones a sus ideas, eligiendo la modificación más plausible de acuerdo con las herramientas literarias, sociales y materiales disponibles en su contexto específico.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Vivette García Deister por los comentarios y correcciones que muy amablemente hizo a una primera versión de este texto.

R E F E R E N C I A S

- Carte R and Prince S (1981). Epidemic models used to explain biogeographical distribution limits. *Nature* 293: 644-645.
- Dawkins R (1982). *The extended phenotype: The long reach of the gene*. Oxford University Press.
- Doolittle F (1981). Is Nature Really Motherly? *The Coevolution Quarterly Spring* 29: 58-62.
- García-Deister V (2013). *Interruptores, Baterías y Redes. El Manejo de la Complejidad en la Regulación Genética*. Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano.



Gribbin J and Gribbin M (2009). *He Knew He Was Right. The Irrepressible Life of James Lovelock*. Penguin Books.

Lovelock J and Giffin C (1969). Planetary Atmospheres: Compositional and other Changes Associated with the Presence of Life. *Advances in the Astronautical Sciences* 25: 179-193.

Lovelock J (1972). Gaia as Seen Through the Atmosphere. *Atmospheric Environment* 6(8): 579-580.

Lovelock J and Margulis L (1974a). Homeostatic Tendencies of the Earth's Atmosphere. *Origins of Life* 5: 93-103.

Lovelock J and Margulis L (1974b). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus* 26: 2-10.

Lovelock J and Epton S (1975). The quest for Gaia. *The New Scientist* 65(935): 304-306.

Lovelock J (1979). *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press. 4th Ed.

Lovelock J and Watson A (1983). Biological homeostasis of the global environment: the parable of Daisyworld. *Tellus* 35B: 284-289.

Lovelock J (2007). *La venganza de la Tierra. Por qué la Tierra está rebelándose y cómo podemos todavía salvar a la humanidad*. Edición en español. Editorial Planeta. Barcelona.

Lovelock J (2009). *The Vanishing Face of Gaia. A Final Warning*. Basic Books.

Margulis L and Lovelock J (1974). Biological Modulation of the Earth's Atmosphere. *Icarus* 21: 471-489.

Ruse M (2013). *The Gaia hypothesis. Science in a pagan planet*. The University of Chicago Press.

The Amsterdam Declaration on Global Change. Issued at a joint meeting of the International Geosphere Biosphere Programme, the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, the World Climate Research Programme, and the International Biodiversity Programme. Amsterdam, 2001.

Wood J, Ackland G, Dyke J, Williams H and Lenton T (2008). Daisyworld: A review. *Reviews of Geophysics* 46:1-23.

NOTAS

¹ Este diálogo es narrado por Lovelock en una entrevista que se puede encontrar en <https://www.youtube.com/watch?v=fOqmfRxwnD8>.

Daniel Iván Garduño Ruíz
Posgrado en Filosofía de la Ciencia, UNAM
dan_y@ciencias.unam.mx