

Dorion Sagan
y Lynn Margulis

GAIA Y FILOSOFÍA ¹

GAIA es una perspectiva científica de la vida en la Tierra, que representa una nueva visión del mundo biológico. En términos filosóficos, una visión tal es más aristotélica que platónica. Se corresponde con la Tierra real, no con una abstracción ideal, aunque presenta algunas connotaciones metafísicas. Esta nueva visión del mundo biológico abarca la lógica circular de la vida y de los sistemas de ingeniería, esquivando la herencia greco-occidental de los silogismos finales.

Gaia es una teoría de la atmósfera y de los sedimentos de la superficie del planeta Tierra considerados como un todo.

En su forma más general, Gaia sostiene que la regulación de la temperatura y la composición de la atmósfera terrestre están controladas activamente por la vida en el planeta, es decir, la biota. Esa regulación de la superficie terrestre por parte de la biota y para la biota tiene lugar ininterrumpidamente desde la

¹ Publicado originalmente en 1984 como *Gaia and philosophy* en *On Nature*. L. S. Rouner, ed. University of Notre Dame Press, Notre Dame, IN, pp. 60-75. Recogido en el capítulo *Gaia and Philosophy*, en *Slanted Truths. Essays on Gaia, Symbiosis, and Evolution*, © Springer-Verlag, NY, 1997, pp.145-157.

aparición de la vida. La seguridad de una habitabilidad global continuada, según Gaia, no es una mera cuestión de casualidad. La visión gaiana de la atmósfera es un punto de partida radicalmente contrapuesto a la concepción anterior de que la vida en la Tierra está rodeada de un ambiente esencialmente estático al cual se adapta; que la vida interacciona con el ambiente y acaba siendo su propio ambiente; que la atmósfera es una extensión de la biosfera, casi en el mismo sentido que la mente humana es una extensión del DNA; que la vida interacciona con los atributos físicos de la Tierra, a los cuales controla a escala global. Todo esto resuena con fuerza con el antiguo sentimiento mágico-religioso de que todo es uno. En un plano más práctico, Gaia tiene notables implicaciones, no sólo para entender el pasado de la vida, sino para controlar su futuro.

Gaia, que en la actualidad sólo es una preocupación para algunos científicos interdisciplinarios, puede proporcionar algún día la base para una nueva ecología e incluso convertirse en una palabra familiar. Ya se está convirtiendo en la base para una nueva y rica visión del mundo. Examinemos primero el fundamento científico de la hipótesis, para explorar después algunas de sus consecuencias metafísicas. Innovada por el químico atmosférico James Lovelock, defendida por la microbióloga Lynn Margulis, y bautizada por el novelista William Golding, la hipótesis Gaia sostiene que la composición de todos los gases reactivos, así como la temperatura de la parte más baja de la atmósfera han permanecido relativamente constantes durante eones.² A pesar de numerosas perturbaciones externas procedentes del sistema solar en los últimos eones, la superficie de la Tierra ha seguido siendo habitable para muchas clases de vida. La idea gaiana es que la vida hace y deshace en gran parte su propio ambiente. La vida reacciona a las crisis cósmicas y planetarias como, por ejemplo, el aumento de la radiación solar o la aparición del oxígeno en la atmósfera, y responde de manera dinámica para asegurar su propia conservación de forma que las

² Un eón comprende aproximadamente mil millones de años.

crisis son toleradas o anuladas. Tanto desde el punto de vista científico como filosófico, Gaia proporciona un marco teórico claro e importante para lo que Lovelock (1979) describió como «una nueva visión de la vida sobre la Tierra».

Por lo general, los astrónomos están de acuerdo en que la luminosidad total del Sol (emisión de energía lumínica) ha aumentado durante los pasados 4.000 millones de años. En consecuencia, infieren que la temperatura media de la superficie de la Tierra debería haber aumentado. Pero los registros fósiles muestran que la temperatura de la Tierra ha permanecido relativamente estable (Margulis y Lovelock 1974). Gaia reconoce en esa estabilidad una propiedad de la vida sobre la superficie terrestre. Veremos que la hipótesis explica la regulación de la temperatura como uno entre muchos factores cuya modulación puede atribuirse a Gaia. La temperatura de la atmósfera inferior está dirigida por la vida dentro de unos límites establecidos por los factores físicos. Con un sencillo modelo que aplica conceptos cibernéticos al crecimiento, al comportamiento y a la diversidad de poblaciones de organismos vivos, Lovelock ha mostrado recientemente la forma en que, en principio, las propiedades intrínsecas de la vida llevan a una regulación activa de la temperatura de la superficie terrestre. No hay nada místico en el proceso. Al examinar con algún detalle la vida de un planeta imaginario que contenga sólo margaritas (algo de lo que hablaremos más adelante), incluso los lectores escépticos se convencerían de que es teóricamente posible para las comunidades de organismos que viven, crecen y actúan, controlar los factores que afectan a su propia supervivencia. No es necesario invocar a fuerzas conscientes desconocidas; la regulación de la temperatura es una consecuencia de propiedades bien conocidas del crecimiento y grado de reacción de la vida. Es posible que la conclusión filosófica más sorprendente sea que el control cibernético de la superficie terrestre por organismos no inteligentes, ponga en solfa la pretendida consciencia inteligente exclusiva de los humanos.

Cuando nos adentramos en las propiedades reguladoras de los

seres vivos, parece muy probable que el equilibrio atmosférico pueda atribuirse a la combinación de las actividades metabólicas y de crecimiento de los organismos, especialmente de los microorganismos. Los microorganismos son esos seres vivos visibles sólo al microscopio. Muestran una capacidad impresionante para transformar los gases de la atmósfera que contienen nitrógeno, azufre y carbono (Margulis y Lovelock 1974). Los animales y plantas apenas poseen esa capacidad. Todas o casi todas las transformaciones químicas que se dan en animales y plantas estaban ampliamente establecidas en los microorganismos antes de la aparición de animales y plantas. Hasta el desarrollo del llamado «mundo de las margaritas» de Lovelock, el debate sobre el control del metano atmosférico (el metano es un gas producido sólo por las bacterias metanógenas, que afecta indirectamente a la temperatura) ha proporcionado la exposición más detallada del mantenimiento de la estabilidad de la temperatura atmosférica (Watson et al. 1978). La concentración de vapor de agua en el aire se correlaciona con algunas características climáticas, como la temperatura en la superficie de la Tierra. La relación entre temperatura y bosques, que determinan la producción y el transporte de enormes cantidades de agua en un proceso de evaporación por transpiración, fue presentado por unos meteorólogos en un modelo cuantitativo (Shukla y Mintz 1982). Aunque el contexto en el que trataron su trabajo no era gaiano, los autores proporcionaron de manera inadvertida un ejemplo más en favor de Gaia. De hecho, tal como Hutchinson reconoció originalmente cuando describió las consecuencias geológicas de las heces, como muestra el libro de la nueva ecología de Botkin y Keller (1982), numerosas observaciones relacionadas con los efectos de la biota en el mantenimiento del medio pueden reinterpretarse en un contexto gaiano (Hutchinson 1954).

¿De qué manera regulan los organismos la composición gaseosa de la atmósfera y su temperatura? Algunos críticos de Gaia están dispuestos a creer que el metano atmosférico es de origen biológico y que el proceso de evaporación por transpiración des-

plaza enormes cantidades de agua desde el suelo y a través de los árboles hasta la atmósfera. Sin embargo, varios críticos han rechazado la hipótesis porque no ven cómo la temperatura y la composición gaseosa de toda la superficie planetaria pueda ser regulada a lo largo de varios miles de millones de años por una biota en evolución que no puede hacer previsiones ni planes de ningún tipo (Doolittle 1981, Garrels et al. 1981).

En respuesta a tales críticas, el Dr. Lovelock y su entonces estudiante Dr. Andrew Watson formularon un modelo general de modulación de la temperatura por la biota, al que se refirieron como el «mundo de las margaritas». Éste utiliza la temperatura de la superficie en lugar de la composición gaseosa para demostrar las posibles clases de mecanismos de regulación que son compatibles con el comportamiento de las poblaciones de organismos. El mundo de las margaritas es un ejemplo de los mecanismos gaianos que esperaríamos encontrar, basado como está en una analogía entre sistemas cibernéticos y las propiedades de crecimiento de los seres vivos. En una forma simplificada, muestra que la regulación de la temperatura puede ser una consecuencia lógica de las propiedades bien conocidas de la vida. Esto incluye la posibilidad de crecimiento exponencial y la variación de la velocidad de crecimiento según la temperatura. El crecimiento más rápido ocurre a la temperatura óptima de cada población, va disminuyendo alrededor del óptimo hasta que se ve limitado por las temperaturas extremas (altas o bajas). Describiremos el mundo de las margaritas en detalle.

Un modelo como éste sobre la regulación de la temperatura de superficie, tiene que explicar algunas observaciones. Por ejemplo, las rocas más antiguas que no han sufrido metamorfosis por temperaturas y presiones elevadas, en el sistema Swaziland del sur de África (Margulis 1982, Schopf 1983, Walter 1976) y en la formación Warrawoona al oeste de Australia (Awramik et al. 1983), contienen pruebas de vida antigua. Las dos secuencias sedimentarias tienen más de tres mil millones de años. Desde hace tres mil millones de años hasta el presente, tenemos un registro continuo de vida sobre la Tierra, lo cual indica que la

temperatura media de la superficie no ha alcanzado el punto de ebullición del agua ni el de congelación. Dado que para que se produzca una glaciación la temperatura media no desciende ni 10 °c en latitud media, y que las glaciaciones son relativamente raras en el registro fósil, es posible que la temperatura media de la superficie terrestre haya permanecido en un margen de 5 a 25°c. al menos durante tres mil millones de años. Muchos astrónomos creen que la luminosidad solar en los últimos cuatro mil millones de años ha aumentado al menos un 10 por ciento (Newman 1980). La vida en la Tierra parece haber actuado como un termostato planetario. Cualquier estimación actual del aumento de la luminosidad solar que varíe desde menos de 30 a más del 70 por ciento (Newman 1980) no altera las conclusiones del mundo de las margaritas. Un aumento relativo de la luminosidad solar de 0,6 a 2, (el valor actual es 1,0) es compatible con las suposiciones del mundo de las margaritas porque Lovelock y su colaborador Watson han probado un rango de valores.

Como es bien sabido en ciencia y en ingeniería, los sistemas cibernéticos son direccionales. Mantienen activamente en una constante variables especificadas a pesar de que haya influencias perturbadoras. De estos sistemas se dice que son homeostáticos si sus variables, como la temperatura, la dirección, la presión, la intensidad de la luz y otras aparecen reguladas alrededor de un conjunto de puntos fijados. Ejemplos de esos conjuntos pueden ser, en una habitación, 22 °c para el termostato o 40 por ciento de humedad relativa para un humidificador. Si el punto de referencia por sí mismo no es constante sino que cambia con el tiempo, recibe el nombre de punto operativo. Los sistemas con puntos operativos en lugar de puntos fijados se dice que son homeorréticos en lugar de homeostáticos. Los sistemas reguladores de Gaia, como los embriológicos descritos por C.H. Waddington (1976) se describen con más propiedad como homeorréticos. Es bastante sorprendente que ambos sistemas, homeorrético y homeostático, desafíen los presupuestos más básicos del pensamiento silogístico occidental, aunque no al mismo

pensamiento, porque la mayoría de la gente no piensa en términos silogísticos sino de forma asociativa. Por ejemplo, si una persona –seguramente una entidad homeorrética- tiene hambre, comerá. En consecuencia, el hambre cesa. Pero, en términos de silogismo, el sentido de una serie tal se anula: Tengo hambre, por lo tanto como; por lo tanto no tengo hambre. Esta tesis lleva a una antítesis que nunca ha sido sintéticamente resuelta. Este modo tautológico circular de operaciones es característico de los sistemas cibernéticos en los que se incluyen, por supuesto, todos los organismos y combinaciones de organismos. Es consecuente con el poder poético, emotivo de las sentencias contradictorias, las personalidades dicotómicas y la lírica del oxímoron, tales como las referencias al sol de medianoche.

Incluso los sistemas cibernéticos mínimos tienen algunas propiedades que los definen: un sensor, una entrada, una ganancia (el aumento de amplificación del sistema) y una salida. A fin de lograr estabilidad o aumentar la complejidad, la salida se compara con el conjunto o punto operativo de manera que los errores se corrijan. La corrección de errores significa que la salida tiene que retroalimentar el sensor de forma que la nueva entrada pueda compensar el cambio en la salida. En la corrección del error intervienen la retroalimentación positiva o negativa o, generalmente, ambas. Un primer intento de aplicar esta clase de análisis cibernético a la hipótesis Gaia dio lugar al modelo matemático del mundo de las margaritas, primero por Lovelock (1983a) y luego por Watson y Lovelock juntos (Watson y Lovelock 1983, Lovelock 1983b). Vayamos ahora a la descripción del modelo.

El modelo del mundo de las margaritas se utiliza para demostrar que la temperatura de la superficie planetaria puede ser regulada. Parte de suposiciones sencillas: la superficie del planeta alberga una población de organismos vivos compuestos solamente de margaritas oscuras y margaritas claras. Cada margarita clara produce sólo descendencia de margaritas claras y cada margarita oscura sólo las produce de su misma clase. Las margaritas completamente negras absorben toda la luz que les llega del sol y las

margaritas totalmente blancas la reflejan por completo. La mejor temperatura para ambas clases de margaritas se considera que es la misma. Por debajo de 5°C. no hay crecimiento; el crecimiento aumenta en función de la temperatura hasta un óptimo de 20°C; y por encima del óptimo va disminuyendo hasta 40°C, temperatura a la que cesa el crecimiento.

A una temperatura más baja, se supone que las margaritas más oscuras absorben más calor y, de esta forma crecen más rápidamente en su área local que las margaritas más claras. A temperaturas más elevadas las margaritas más claras reflejan la luz y por lo tanto pierden más calor, lo que lleva a una velocidad mayor de crecimiento en su área local. Los detalles se han publicado en revistas técnicas (Lovelock 1983a, 1983b, Watson y Lovelock 1983) y nosotros los hemos explicado de una forma más divulgativa en la revista británica *The Ecologist: Journal of the Post-Industrial Age* (Sagan y Margulis 1983).

En resumen, la gráfica generada por modelos basados en estas suposiciones muestran que, debido al crecimiento y a la interacción con la luz, la vida de las margaritas oscuras y de las claras puede influir en la temperatura de la superficie del planeta a escala global. En relación a las varias formas del modelo de Lovelock y Watson, hay que destacar que las propiedades de ampliación del crecimiento rápido de organismos (aquí las margaritas) bajo temperaturas cambiantes son suficientes por sí mismas para proporcionar el principio de un mecanismo para la homeorresis térmica planetaria. Se trata de un fenómeno que hay quien podría atribuir sólo a una misteriosa fuerza vital. En general, en esos modelos, un aumento en la diversidad de los organismos, tal como una diferencia mayor entre el tono más claro y el más oscuro de las margaritas, aumenta la capacidad reguladora y el tamaño total de la población.

El mundo de las margaritas es sólo un modelo matemático. Sin embargo, incluso con su extremada simplificación muestra con claridad que la homeorresis de la temperatura en la biosfera no es algo tan misterioso para disponer de un mecanismo. Sugiere

como consecuencia que otras anomalías observadas, como la salinidad casi constante de los mares a lo largo de vastos períodos de tiempo y la coexistencia en la atmósfera de gases químicamente reactivos, pueden explicarse por la intervención activa de formas de vida. La revelación radical que proporciona el mundo de las margaritas es que la homeorresis global es posible, de entrada, sin más que con la introducción de principios biológicos bien conocidos. El sistema Gaia no tiene que planificar por adelantado ni ser previsor de alguna forma para mostrar tendencias homeorréticas. Un sistema biológico que actúa de manera cibernética da la impresión de ser teleológico. Si sólo se destacaran los resultados y no los procesos de retroalimentación, parecería como si los organismos hubieran conspirado para asegurar su propia supervivencia.

La hipótesis Gaia dice, en esencia, que toda la Tierra en conjunto funciona como una máquina o como un organismo capaz de reaccionar. Si bien muchas creencias antiguas y populares han expresado a menudo sentimientos similares, la formulación actual de Lovelock es atractiva porque constituye una moderna amalgama de información derivada de diversas disciplinas científicas. Quizás el mayor cúmulo de pruebas para Gaia proviene no de la regulación térmica modelada en el mundo de las margaritas, sino de la química atmosférica, el campo de investigación propio de Lovelock.³

Desde un punto de vista químico, la atmósfera de la Tierra es anómala. No sólo los gases principales, como el nitrógeno, sino también gases de menor presencia como el metano, el amonio y el dióxido de carbono están presentes en concentraciones de muchos órdenes de magnitud superiores a lo que debería ser en

³ Lovelock, además de científico, es inventor. Diseñó el captador de electrones, un sensor para los cromatógrafos de gases que detecta el freón y otros compuestos halogenados en concentraciones mucho menores que una parte por millón en el aire. Fue precisamente este invento y sus observaciones lo que despertó la preocupación ecológica por la disminución de la capa de ozono, por el aumento de cáncer inducido por las radiaciones ultravioleta y la catástrofe atmosférica general.

un planeta con un 20 por ciento de oxígeno libre en la atmósfera (véase la tabla 8.2). Esta persistencia del exceso de gases que reaccionan con el oxígeno, y cuya proporción se mantiene en presencia de dicho gas, es lo que convenció inicialmente a Lovelock de que no era necesario que la nave espacial Viking viajara a Marte en busca de vida. Esto sucedía cuando trabajaba en la NASA a finales de la década de 1960 y principios de la de 1970. Lovelock estaba seguro de que podría decir tan sólo a partir de la composición de la atmósfera de Marte, que se ajustaba al principio del equilibrio químico, que allí no había vida (Lovelock y Margulis 1976). De hecho, la atmósfera de la Tierra no es lo que podría esperarse de una simple interpolación de las atmósferas de nuestros planetas vecinos, Marte y Venus. Ambos planetas poseen en su atmósfera principalmente dióxido de carbono y casi nada de oxígeno libre, mientras que en la Tierra el principal componente de la atmósfera es el nitrógeno, y el oxígeno respirable constituye algo más de la quinta parte del aire.

Lovelock ha comparado la atmósfera terrestre provista de vida con lo que sería de no existir en el planeta ninguna forma de vida. Una Tierra carente de vida sería fría, sumergida en el dióxido de carbono y sin oxígeno respirable. En un sistema químicamente estable cabría esperar que el nitrógeno y el oxígeno reaccionasen y formasen grandes cantidades de óxidos de nitrógeno tóxicos, así como el ion nitrato soluble. El hecho de que gases que son inestables en presencia de cada uno de los otros, como el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno y el metano, se mantengan en la Tierra en grandes cantidades, debería inducir a reexaminar el status quo científico que se enseña en los libros de texto de una atmósfera pasiva compuesta de gases reactivos en concentraciones apropiadas para la mayor parte de la vida.

En la teoría Gaia de la atmósfera, la vida sintetiza y elimina continuamente los gases necesarios para la propia supervivencia. La vida controla la composición de los gases atmosféricos reactivos. Marte y Venus, y una Tierra hipotéticamente muerta y desprovista de vida, tienen las tres atmósferas químicamente estables que contienen más de un 95 por ciento de dióxido de

carbono. La Tierra en la que vivimos, sin embargo, sólo tiene un 0,03 por ciento de ese gas estable en la atmósfera. Esta anomalía se debe en gran medida a una faceta de las operaciones de Gaia, a saber, al proceso de fotosíntesis. Las bacterias, las algas y las plantas eliminan continuamente dióxido de carbono del aire por medio de la fotosíntesis e incorporan el carbono de dicho gas a estructuras tales como los arrecifes de caliza y finalmente en caparazones. La mayor parte del carbono que está en el aire como dióxido de carbono se incorpora a los organismos que posteriormente quedan enterrados. Los cuerpos de microorganismos fotosintéticos y de plantas muertos, así como los de todas las formas vivas que consumen organismos fotosintéticos, quedan enterrados en el suelo en forma de varios tipos de compuestos de carbono. Por medio de la energía solar el dióxido de carbono se convierte en carbonato cálcico o compuestos orgánicos de los organismos vivos. Una vez muertos, las plantas, las bacterias fotosintéticas y las algas han atrapado y enterrado el dióxido de carbono que fue atmosférico. Los geoquímicos están de acuerdo en que dicho compuesto fue el principal gas de la atmósfera de la Tierra arcaica. De no ser por la vida, y por el *modus operandi* cíclico de Gaia, nuestra atmósfera sería más parecida a las de Venus y Marte. Incluso hoy, el dióxido de carbono sería su gas principal.

Los microorganismos, las primeras formas de vida que se originaron, están de hecho en el centro del fenómeno Gaia. Las bacterias fotosintéticas han estado enterrando carbono y liberando oxígeno residual durante millones de años antes de la aparición de las plantas y de los animales. Las bacterias metanógenas y algunas transformadoras del azufre, que no toleran el oxígeno libre, intervienen en la regulación gaiana de los gases atmosféricos desde el principio. Desde el punto de vista de Gaia, todos los animales, que están cubiertos y rellenos de microorganismos que intercambian gases, pueden ser simplemente un medio adecuado de distribuir abundantemente esos microbios por la superficie del planeta. Los animales y las plantas son unos recién llegados al escenario de Gaia. Las primeras comunidades

de organismos que eliminaron el dióxido de carbono atmosférico a gran escala deben de haber sido microorganismos y, de hecho, tenemos un registro directo de su actividad en forma de fósiles. Estos miembros del antiguo mundo microscópico construyeron tapetes microbianos complejos, algunos de los cuales se han conservado como estromatolitos o rocas laminadas cuya génesis, en la actualidad y hace miles de millones de años, es obra de la actividad microbiana. Aunque esas comunidades de microorganismos que eliminaban el dióxido de carbono son muy activas todavía hoy, su actividad se suplementa y queda camuflada por la de comunidades de organismos más conspicuos tales como los bosques y los arrecifes de coral.

A fin de mantener la temperatura y la composición de los gases en valores compatibles con la vida, los microorganismos reaccionan ante cualquier amenaza de una manera controlada, diríase siguiendo un propósito. La composición de los gases y la temperatura deben de haberse mantenido estables durante largos períodos de tiempo. Por ejemplo, si el porcentaje de oxígeno atmosférico disminuyera sólo un poco, toda la vida animal dependiente de concentraciones más elevadas desaparecería. Por otro lado, tal como demostraron Andrew Watson y colaboradores, un aumento del nivel del oxígeno atmosférico produciría peligrosos incendios forestales (Watson et al. 1978). Aumentos ligeros de oxígeno llevarían a incendios forestales debido a la ignición por los rayos de las tormentas, incluso en selvas empapadas de lluvia. Por tanto, la cantidad de oxígeno en la atmósfera debe de haber permanecido relativamente constante desde que los animales respiradores de aire viven en los bosques, algo que sucede desde hace unos 300 millones de años. Así como las abejas y los termites regulan la temperatura y la humedad del aire en sus colmenas y hormigueros, así la biota controla de alguna manera la concentración de oxígeno y de otros gases en la atmósfera terrestre.

Es este «de alguna manera» lo que preocupa y enfurece a algunos de los biólogos darwinistas más tradicionales. El problema general más grave para una aceptación amplia de Gaia se rela-

ciona con las implicaciones de la pre-ciencia (saber de antemano) y planificación intencional de Gaia para reaccionar ante crisis inminentes y protegerse del destino ecológico.

¿Cómo pueden las masas de genes de los organismos de la superficie de la Tierra saber cómo tienen que regular macro-condiciones tales como la composición de los gases y la temperatura globales?, preguntan estos biólogos. W. Ford Doolittle, que es biólogo molecular, y por su trabajo se encuentra quizá predispuesto a aceptar una visión evolutiva a pequeña escala, considera la hipótesis Gaia insostenible, una teoría maternal de la naturaleza carente de mecanismo alguno (1981).

Richard Dawkins, científico evolucionista de la Universidad de Oxford va aún más lejos en su rechazo de la teoría. Asimilándola a un Teorema BBC (referencia peyorativa a la noción televisiva de la naturaleza como un equilibrio bello y armónico), Dawkins tiene notables dificultades para imaginar una situación en la que el mecanismo de Gaia para la perpetuación de la vida como fenómeno planetario pueda haberse desarrollado alguna vez. Dawkins, autor de *El gen egoísta*, sólo puede concebir la evolución de la homeorresis planetaria en relación a una selección interplanetaria: «El universo debería estar lleno de planetas muertos cuyos sistemas de regulación homeostática habrían fallado, y de vez en cuando habría algunos planetas bien regulados uno de los cuales es la Tierra» (Dawkins 1982).

Esto suena a argumento forzado. Si los críticos de Gaia no aceptan la noción de un planeta como entidad biológica amorfa pero viable, han de tener una razón igual, o mayor, para descartar el origen de la vida. Seguramente, en algún punto de la historia de la Tierra, existió una bacteria homeostática que no tuvo que luchar con otras células para sobrevivir, porque no había otras células. La génesis de la primera célula no puede ser explicada ya desde un estricto punto de vista darwiniano de competencia entre individuos. Mientras que la primera célula y el planeta actual pueden ser vistos correctamente como individuos, están igualmente solos, y caen fuera del ámbito de la genética de po-

blaciones moderna.

Lovelock, un hombre sensible con un profundo sentido de la malicia intelectual, ha contestado a sus críticos con una de sus armas favoritas: el modelo matemático mencionado del mundo de las margaritas (Watson y Lovelock 1983, Lovelock 1983 b). Al no creer que la temperatura y los gases de la Tierra hayan podido estar regulados con precisión durante miles de millones de años, porque los organismos no pueden en manera alguna planear el futuro, los críticos de Lovelock rechazan su personificación del planeta en una entidad femenina consciente llamada Gaia. Carente originalmente de un mecanismo explícito y al situarse fuera del paradigma darwiniano del individualismo egoísta, fue y es todavía difícil para los evolucionistas dejar de considerar a Gaia como la última deificación de la Tierra de los chiflados de la naturaleza. ¿Cómo puede una maraña inconexa de microbios, se preguntan, ejercer cualquier efecto global a una extensión tal que nos permita considerar la Tierra como un solo organismo? La respuesta, por supuesto, es del tipo del análisis que explora el mundo de las margaritas y uno todavía espera ver cómo quienes acusan a Lovelock de misticismo consciente y ecología *pop* responderán a la complejidad matemática del modelo.

Quizá el mayor obstáculo psicológico en el camino para la aceptación académica de Gaia es la duda implícita que extiende sobre el concepto de exclusividad de la humanidad en la naturaleza. Gaia niega la «santidad» de los atributos humanos. Si la planificación compleja, por ejemplo, puede ser imitada por las ordenaciones astutas de entidades subvisibles, ¿qué es lo que hay de especial en el Homo sapiens y en nuestra posesión congénita más apreciada, el intelecto humano? La respuesta de Gaia es probablemente que no hay nada tan especial en la especie o el cerebro humano. De hecho, investigaciones recientes apuntan la posibilidad de que los atributos físicos y las capacidades del cerebro puedan ser un caso especial de simbiosis entre bacterias modificadas (Margulis y Sagan 1986b).

En la vida real, en oposición al mundo de las margaritas, los microorganismos, no las margaritas, desempeñan una función crucial en la producción continua y en el control de compuestos reactivos y poco abundantes. El crecimiento microbiano es también responsable de la regulación termostática continua de la Tierra, posiblemente a través de la producción de gases que retienen el calor así como del cambio de las superficies coloreadas. Desde el punto de vista evolutivo, los microorganismos han sido responsables del establecimiento del sistema gaiano. Dado que, como formas mayores, los animales y plantas son esencialmente colecciones de microorganismos en interacción, Gaia todavía puede ser pensada principalmente como un fenómeno microbiano (Kaveski et al.1983). Nosotros, seres humanos, compuestos de microorganismos, somos parte de Gaia no menos que los huesos, hechos del calcio de nuestras células, son parte de nosotros.

En un artículo reciente sobre la perspectiva clásica de Gaia, J. D. Hughes (1983) citaba la obra griega *Economía* de Jenofonte: «La Tierra es una diosa y enseña justicia a aquellos capaces de aprender, para aquellos que mejor la sirven, reserva a su vez lo mejor». En la visión clásica, esto es, la Gaia griega o Diosa de la Tierra y la Tellus latina, la Tierra es un enorme ser vivo. El himno homérico dice:

Canto a Gaia, madre de todas las cosas, la antigua,
firmemente asentada en sus fundamentos, que nutre
todo cuanto hay de vivo en la Tierra;
lo que camina sobre el suelo, lo que avanza por el mar
y vuela por el aire. Todo vive, oh Gaia, alimentado por tu abundancia;
de ti nacen nuestros hijos y las generosas cosechas;
en ti está el dar y tomar la vida a los mortales...

Aunque Gaia reaparece con vestiduras modernas, la formulación científica de la idea gaiana es completamente diferente a la antigua. Gaia no es la madre nutrida o la representación de la fertili-

dad de la raza humana. Los seres humanos, a pesar de nuestro fiero antropocentrismo, hemos sido relegados a una parte diminuta no significativa del sistema. Las personas, como los Brontosaurus y la hierba de los prados, son meramente uno de los muchos componentes de relleno de un enorme sistema vivo dominado por microorganismos. Gaia posee antecedentes no sólo entre los poetas clásicos sino también entre científicos, más notablemente en el trabajo del ruso V. I. Vernadsky (1863-1945) (Lapo 1987). Pero la hipótesis Gaia de Lovelock es una pieza científica moderna: sujeta a observación, verificación experimental y modificación.

Gaia aporta frescura y novedad, a la vez que conserva su atracción mitológica. Una teoría científica de la Tierra que, en cierto modo, siente y responde es bienvenida. La mezcla gaiana de organismos y medio en una entidad en la que la atmósfera es una extensión de la biosfera es una formulación racionalista moderna de un sentimiento intuitivo clásico. Una consecuencia es que puede ser un buen precedente biogeológico para un objetivo político y místico, respetable hace tiempo, de coexistencia pacífica y unidad global.

Contrariamente a las primeras impresiones posibles, la hipótesis Gaia, especialmente en manos de su innovador, no casa con todas las sanciones morales de la ecología popular. El mismo Lovelock no es ningún admirador de la mayoría de movimientos ecologistas. Ha mostrado desdén hacia aquellos críticos tecnológicos a quienes caracteriza de misántropos o ludistas, gente «más preocupada por la acción destructiva que por el pensamiento constructivo» (Lovelock 1979, p. 95). Ha proclamado: «Si por contaminación nos referimos al vertido de material de desecho, existen pruebas suficientes de que la contaminación es tan natural para Gaia como respirar lo es para nosotros y para la mayoría de los animales» (Lovelock 1979, p. 95). Respiramos oxígeno, que en su origen y en su esencia es un producto de desecho de las bacterias. Lovelock cree que las toxinas biológicas son más peligrosas que las tecnológicas, y añade sardónicamente, que hasta se venderían en las tiendas de dietética si no

fuera por su toxicidad. Sin embargo, no hay una división clara entre lo técnico y biológico. Al final, todas las toxinas tecnológicas son subproductos biológicos naturales que, aunque sea a través de los seres humanos, acaban siendo elementos del sistema Gaia. De forma similar, la legislación y los intentos de grupos de presión, como el reciente furor desencadenado en los Estados Unidos sobre los defectos de gestión en la Agencia de Protección Ambiental, no son más que parte de los ciclos de retroalimentación de Gaia.

En términos ecológicos, Gaia apenas reserva lugar en el panteón de la vida a los seres humanos. De aparición reciente, y en consecuencia inmaduros desde el punto de vista de Gaia, hace poco que nos hemos incorporado a la escena biológica global. Nuestra relación con Gaia es todavía superficial. Por otro lado, nuestro potencial último como sistema nervioso de alerta para Gaia todavía no se ha superado. La desviación de asteroides procedentes del espacio y la siembra de vida en otros planetas representan nuevas acciones en el repertorio de Gaia que nuestra especie tiene que iniciar. Por otro lado, Gaia ha sido un desarrollo temprano y crucial en la historia del pasado evolutivo de la vida. Sin un sistema modulador del medio, probablemente la vida no se hubiera mantenido. Hoy sólo comprendiendo la complejidad de Gaia podemos aspirar a descubrir la forma en que la biota ha creado y regulado la superficie del planeta durante los últimos tres mil millones de años. La completa exploración científica de los mecanismos de Gaia es probablemente el camino más seguro para llegar al desarrollo satisfactorio de hábitats auto-mantenibles en el espacio. Si alguna vez tenemos que diseñar grandes estaciones espaciales que provean su propio suministro vital, tendremos que estudiar la tecnología natural de Gaia. Y algo todavía más ambicioso, la «terraformación» de otro planeta, por ejemplo Marte, de manera que pueda realmente mantener seres humanos en el exterior es una labor gigantesca en la que sólo se puede pensar desde la perspectiva de Gaia.

En términos de metafísica del espacio interior, aceptar el enfoque de Gaia lleva como en cascada a un cambio de perspectiva

filosófica. Como ejemplo, los artefactos humanos, como las máquinas, la contaminación e incluso las obras de arte, ya no son vistos como algo separado de los procesos de retroalimentación de la naturaleza. Recuperado del ataque copernicano y de la agresión darwiniana, el antropocentrismo ha sido barrido por otro soplo de Gaia. Este soplo, sin embargo, no debería enviarnos a nuevos abismos de desilusión o desesperación existenciales. Antes al contrario, deberíamos regocijarnos por las nuevas verdades de nuestra pertenencia esencial, de nuestra relativamente escasa importancia, y de nuestra completa dependencia de una biosfera que ha tenido siempre una vida enteramente propia. ■

[Biblioteca](#)
Omegalfa