



James Lovelock
(1919-2022)



Lynn Margulis
(1938-2011)



Kenneth Shii
(1929-)

Evocación de tres científicos de nuestro más próximo pasado

“Tres personalidades que han ejercido, cada una en su campo de las Ciencias de la Vida y de la Tierra, una influencia fundamental en el pensamiento científico de nuestro tiempo.”

Gonzalo Pardo y Concha Arenas



Lynn Margulis.

Este artículo tiene por objeto recordar a tres personalidades que han ejercido, cada una en su campo de las Ciencias de la Vida y de la Tierra, una influencia fundamental en el pensamiento científico de nuestro tiempo, con unas visiones originales que en el siglo XX supusieron el establecimiento, no fácil en todos los casos, de nuevos paradigmas. Dos de ellas las perdimos no hace mucho, en el presente siglo: Margulis (1938-2011), autora de la teoría de la endosimbiosis seriada, y Lovelock (1919-2022), padre de la teoría de Gaia con ayuda de la anterior. La tercera, Hsü (1929-), principal responsable de la hipótesis de la desecación del Mediterráneo al final del Mioceno y del principio del catastrofismo actualista en geología, todavía vive y esperemos que disfrute, tanto como lo hizo Lovelock, de una feliz y productiva vejez.

Lynn Margulis, estadounidense licenciada por la universidad de Chicago, realizó un máster en zoología y genética en la universidad de Wisconsin-Madison y se doctoró en la universidad de California en Berkeley. Margulis, (dígase Márgulis, porque se enfadaba si se pronunciaba su nombre según las reglas de acentuación

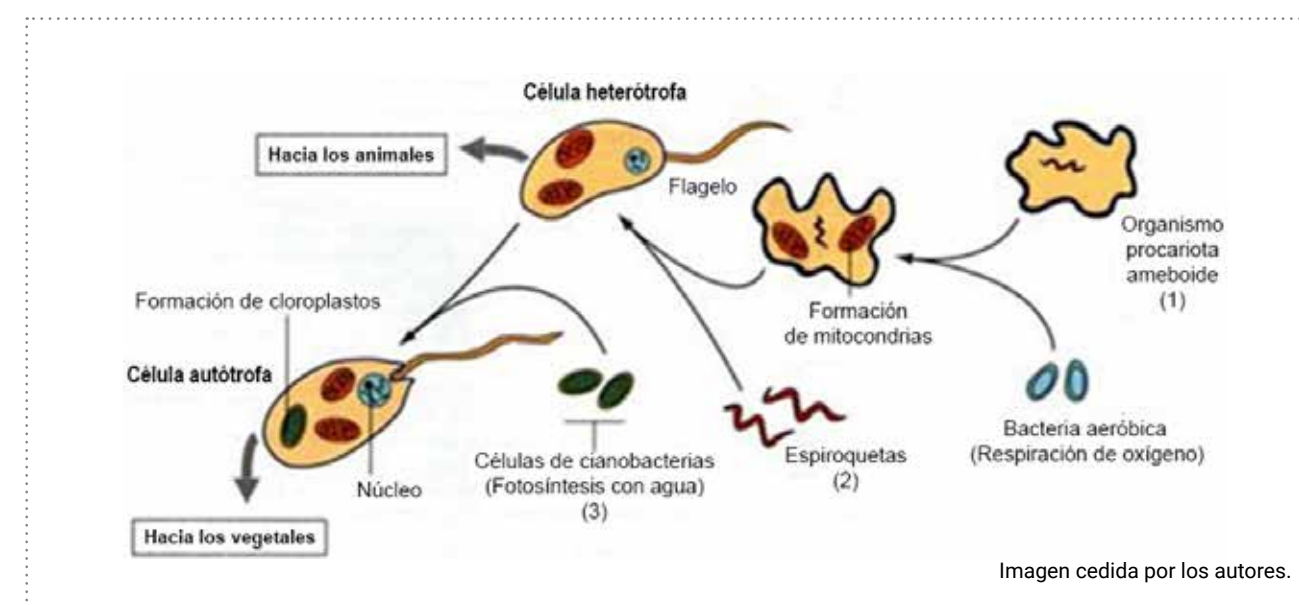
españolas), es su tercer nombre. Alexander por nacimiento; después Sagan, por matrimonio con el astrofísico y divulgador Carl Sagan; finalmente Margulis por segundo matrimonio, apellido que usó hasta el final, aún después de divorciarse. Así que podrían encontrarse artículos de la misma persona con tres apellidos distintos. No conocemos ninguno como Alexander (se casó muy joven), pero como Lynn Sagan, tenemos referencias de al menos cuatro entre 1958 y 1967.

Su aportación científica más relevante, antes de la hipótesis Gaia que publicó con Lovelock en 1974, de la que trataremos más adelante, es la hipótesis de la aparición de la célula eucariota (con núcleo diferenciado por membrana propia), por *endosimbiosis seriada* de diferentes células procariotas (arqueas y bacterias carentes de núcleo). En el mundo procarionte primitivo ya existía la competición, la depredación y el parasitismo, y bacterias apresadas dentro de otras, o dentro de arqueas, y parcialmente asimiladas, se convirtieron en orgánulos de éstas (Fig. 1). La biología molecular ha probado que las mitocondrias, los orgánulos de nuestras células que se encargan de convertir los nutrientes en energía, son antiguas bacterias de vida libre que, de hecho, conservan aún su propio genoma. También los cloroplastos, que permiten a las plantas vivir de la luz solar, provienen de primitivas bacterias autótrofas que ya lo hacían así en los albores de la vida terrestre. La existencia de las células eucariotas posibilitó más adelante la aparición de los organismos pluricelulares y las radiaciones adaptativas de estos. Se alcanza así toda la variedad de

especies de protistas (diatomeas, radiolarios, foraminíferos y un largo etc.), animales, vegetales y hongos que han existido a lo largo de la historia de la biosfera. De las sucesivas incorporaciones simbiogénicas de diferentes células procariotas que propuso Margulis, solo una de ellas no ha podido ser demostrada: la endosimbiosis de las espiroquetas como origen de los cilios y flagelos de algunas células eucariotas. Margulis falleció de un accidente vascular cerebral trabajando en estos temas en su laboratorio de la universidad de Massachusetts.

A Lynn Margulis le resultó difícil publicar sus ideas, hoy presentes hasta en los libros de Biología de bachillerato. Tras múltiples rechazos, el primero de sus artículos sobre el tema apareció, como último recurso y todavía firmando como Sagan, en *Journal of Theoretical Biology* (1967). Inicialmente cosechó multitud de críticas por una gran parte de la comunidad científica, sobre todo de los biólogos neodarwinistas, pero cuando su hipótesis acabó siendo validada, el mundo microbiano, y en especial los procesos simbióticos, adquieren la máxima

Fig. 1: Origen de las células eucariotas animales y vegetales según Marquis (1970).



relevancia como impulsores de la evolución de la biosfera. De alguna manera esto supone un cambio de paradigma: la competición, la acumulación de pequeñas mutaciones y la selección neodarwiniana, se enfrentan a la cooperación, la interacción, y la dependencia mutua de la teoría endogenética. Según ésta, el paso más importante dado por la evolución desde el origen de la vida –la aparición de la célula con núcleo– no se dio a base de mutaciones, sino por absorción de genomas enteros. En efecto, mitocondrias y cloroplastos contienen genes propios, independientes de los del núcleo de los eucariontes que los hospedan, y los análisis moleculares han descubierto una gran coincidencia entre las secuencias genéticas de estos orgánulos y las de bacterias primitivas respiradoras de oxígeno y cianobacterias, respectivamente. Hoy, Lynn Margulis hubiera gozado al saber que se ha logrado producir endosimbiosis en el laboratorio (Giger et al. 2024).

A partir del refrendo de su teoría, Margulis recibió numerosos reconocimientos: doctorados honoris causa por diferentes universidades, entre ellas 4 españolas; la *Medalla Nacional de la Ciencia* de EEUU en 1999; y en 2008 la *Medalla Darwin-Wallace* de la Sociedad Linneana de Londres, que cada 50 años (a partir de 2008 cada 4) premia la investigación en Biología evolutiva. Lynn se expresaba bastante bien en español; trabajó en diversos proyectos de microbiología con la Universidad de Barcelona en Bañolas y el delta del Ebro, donde descubrió bacterias nuevas como la espiroqueta *Spirosymplokos deltaeiberi* en 1993. En Zaragoza dio una conferencia en el Ateneo de la EINA en 2007 y otra en la Tribuna del Agua de la Expo 2008.

Las ideas de Margulis sobre el origen de la célula eucariota pueden leerse en Margulis y Sagan (2003) y en Margulis y Dolan (2009). Y las muchas incógnitas que años después del fallecimiento de Lynn Margulis todavía planteaba dicho origen, pueden consultarse en López-García y Moreira (2015).

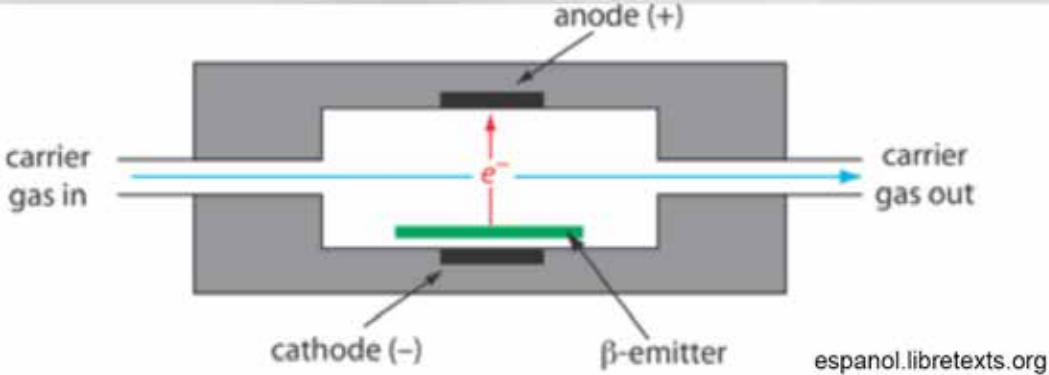
“A Lynn Margulis le resultó difícil publicar sus ideas, hoy presentes hasta en los libros de Biología de bachillerato.”



James Lovelock.

James Lovelock, británico licenciado en Química, (Universidad de Manchester, 1941), doctor en Medicina (London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, 1948) y en Biofísica (Universidad de Londres, 1959), fue genial y original en muchos aspectos; hasta en el hecho de fallecer justo el día de su 103 cumpleaños. Del reconocimiento de Lovelock como científico de primer nivel dan cuenta sus seis nombramientos como *Doctor honoris causa* por diversas universidades; los numerosos premios y distinciones recibidos, como los de *Comendador de la Orden del Imperio Británico* (1990) y *Compañero de Honor de Su Majestad la Reina* (2003), que se otorga por tener una contribución importante a las artes, la ciencia, la medicina o el gobierno durante

Fig. 2: arriba, el detector de captura de electrones (ECD) elaborado por James Lovelock. Abajo, diagrama esquemático del detector. Típicamente, un ECD contiene unos 5 milicurios de emisor β . Dicho emisor produce una ráfaga de electrones que ionizan el gas a analizar. Si se aplica un campo eléctrico constante mediante un par de electrodos se tendrá una corriente entre ambos, del orden de un nanoamperio. Si el gas contiene especies orgánicas, éstas capturan parte de los electrones, disminuyendo la intensidad de la corriente.



un largo período de tiempo. Los premios recibidos hasta 2003 pueden verse en su página oficial: www.jameslovelock.org, en la que todavía no se relaciona, pero es destacable, la *Medalla Wollaston* de la Sociedad Geológica de Londres que recibió en 2006, y que se otorga “por la creación de un campo de estudios enteramente nuevo en Ciencias de la Tierra”. En este caso se podría hablar de la Ciencia del sistema Tierra, o de la Tierra como sistema. La *Medalla Wollaston* la han recibido, desde 1831, las figuras más reconocidas de la geología en sus distintas facetas, y también Charles Darwin en 1859.

Entre las manifestaciones de su genialidad, está el invento del detector de captura de electrones (ECD en siglas inglesas) en 1956, un dispositivo capaz de medir trazas (10^{-12} moles) de compuestos orgánicos con halógenos, peróxidos, quinonas y grupos nitro en una muestra de aire. Barato de construir, del tamaño de un paquete de cigarrillos (Fig. 2), con este aparato se rastrearon en la

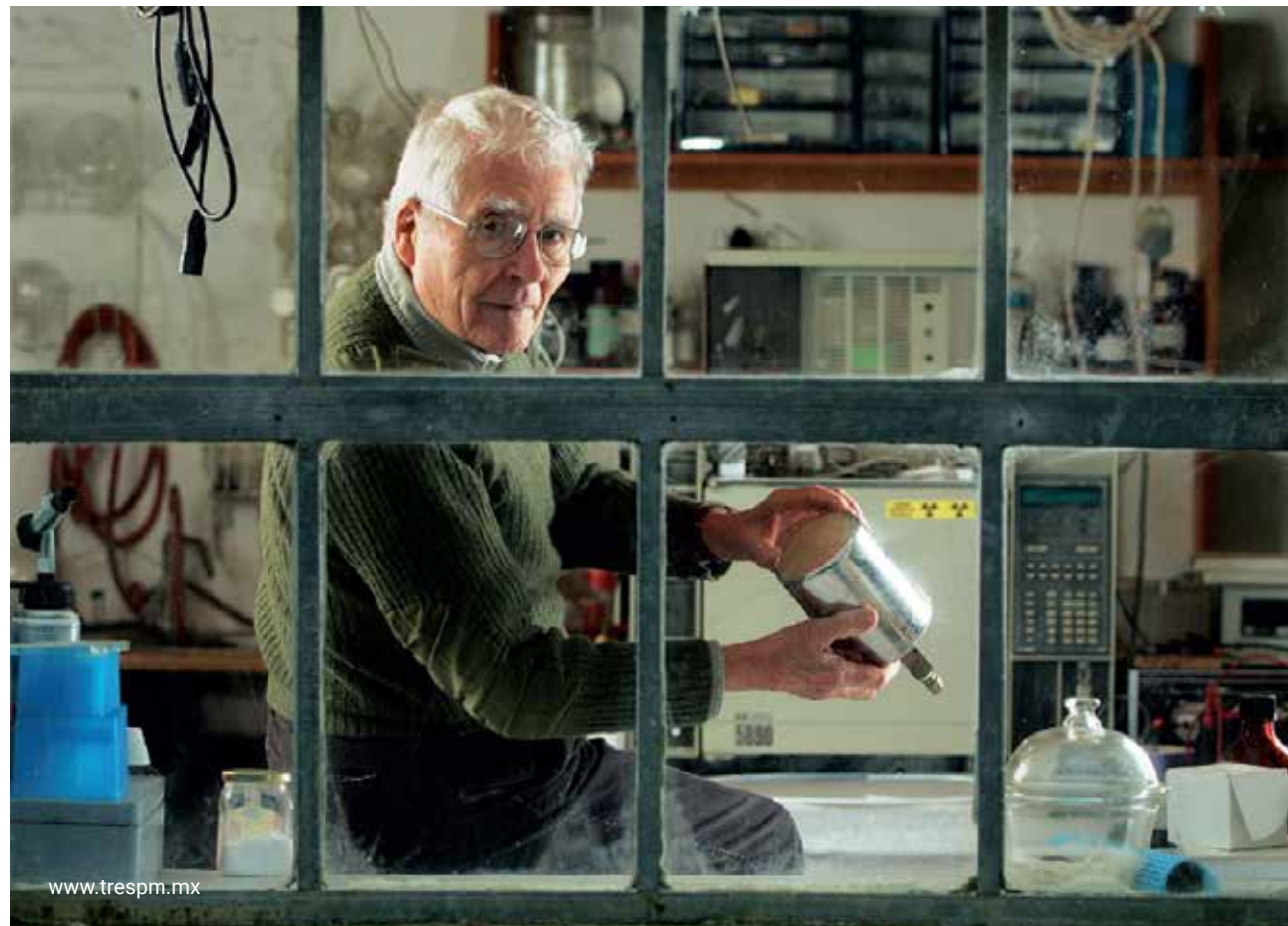
atmósfera y en los seres vivos de las áreas naturales más remotas, p. ej.: en la Antártida o el centro de los océanos, componentes tóxicos como el óxido nítrico, los policlorobifenilos y los clorofluorocarbonados. La preocupación por la afectación de estos últimos a la capa de ozono culminó en el Protocolo de Montreal de 1989.

Otro de sus ingenios, el transmodulador de paladio – precisamente un elemento descubierto por Wollaston en 1803– fue la interfaz entre el cromatógrafo de gases y el espectrómetro de masas que llevaba la nave espacial *Viking* de la NASA que aterrizó en Marte en 1976, con objeto de investigar si en la atmósfera o en el regolito marciano había sustancias volátiles con posible relación con la vida. Este ingenio sustituyó a las bombas de vacío que precisa el espectrómetro de masas para funcionar, cuyo peso vetaba su transporte en una nave espacial.

Además de estos inventos, realizó otros muchos, pero no posee la patente de ninguno. En una entrevista con Rosa Montero publicada en <https://azulambientalis->

[tas.wordpress.com](https://www.trespm.mx) dice, abreviando sus palabras: “Si quieres patentar algo, todo el proceso legal cuesta 100.000 libras. No soy un hombre de negocios, así que lo que hice fue buscar alguna empresa buena, amable y honrada, como *Hewlett-Packard*, por ejemplo. Y llegas a un acuerdo muy simple: les cedas tus inventos dentro de un campo determinado y a cambio ellos te dan un dinero. *Hewlett-Packard* me ha pagado 32.000 dólares al año, y me basta”. Este ejemplo permite vislumbrar por qué Lovelock, con unos 40 inventos a sus espaldas, la mayoría detectores para análisis químicos, pudo trabajar desde 1964 como científico independiente en su propio taller-laboratorio en plena campiña de Devon (Reino Unido), sin formar parte de ningún centro académico o de investigación industrial (Fig. 3).

Fig. 3: James Lovelock, a los 100 años, trabajando en su laboratorio. (Fotografía en *Nature*, 2019).



En la página ya citada –www.jameslovelock.org– se encuentra una relación de sus publicaciones. La página está en vías de actualización (al menos así se asegura en la misma), y hoy por hoy solo contiene referencias hasta 2004. Desde 1942 hasta esa fecha se recopilan sus numerosas publicaciones en campos tan diversos como Medicina (1942-1952), Bioquímica y Biofísica (1951-1965), Instrumentación científica (1945-1988), Química atmosférica (1971-1984) y Geofisiología (1965-2004). De ellas, 36 fueron publicadas en *Nature*, según pueden contarse en este currículum oficial.

Llama la atención, por inusual, ese campo de la Geofisiología, neologismo donde se mezclan conceptualmente geología y medicina. La palabra fisiología en el diccionario de la RAE se define como “Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos”. Así pues, la Geofisiología sería la “Ciencia que tiene por objeto el estudio de la Tierra como ser orgánico”. En el currículum de Lovelock se contabilizan 41 artículos bajo esta denominación. Y es que a James Lovelock se le conoce ante todo por la formulación, junto con Lynn Margulis, de la hipótesis Gaia, a sus 55 años.

Lovelock, Margulis y la hipótesis Gaia. La hipótesis Gaia se comenzó a gestar cuando Lovelock era un consultor en el *Jet Propulsion Laboratory* de Pasadena, California, y colaboró en el proyecto de la NASA para la identificación de vida en Marte. Junto a Hitchcock, en 1967, llegó a la conclusión de que los gases de la atmósfera marciana (CO_2 mayoritario) estaban en equilibrio químico, con lo que no existe intercambio de energía, frente a la atmósfera de la Tierra, muy inestable, con gases altamente reactivos como CH_4 y O_2 , que perduran a lo largo del tiempo debido a su aporte por la biosfera.

La colaboración de Lovelock con Margulis, que dio lugar a la publicación de la hipótesis de Gaia, surgió a partir de una presentación del primero en unas jornadas en Princeton sobre los orígenes de la vida en la Tierra, en las cuales Margulis era editora de las contribuciones. En la suya, Lovelock pone por primera vez Gaia en un título (una sola página, como carta a los editores en *Atmospheric Environment*, en 1972), pero el trabajo no interesó salvo a Margulis, cuya aportación a la hipótesis Gaia, según dijo ella misma, fue determinar el papel de los microorganismos en la regulación de las características atmosféricas de la Tierra. No sabemos si fue fácil la publicación de la hipótesis; hay que notar que se hizo en las revistas *Tellus* e *Icarus* del *International Meteorological Institute in Stockholm* y de la *American Astronomical Society*, respectivamente.

“(James Lovelock) Entre las manifestaciones de su genialidad, está el invento del detector de captura de electrones (ECD en siglas inglesas) en 1956.”

Es difícil exponer, resumida en pocas palabras, la hipótesis Gaia a partir de los trabajos pioneros de estos autores. Si recurrimos a los libros de Lovelock sobre Gaia, por estar más orientados a la divulgación, en el primero de ellos, *GAIA, a new look at Life on Earth*, de 1979, se pueden leer, en traducción de 1985 de Alberto Jiménez Rioja, frases como:

Hipótesis según la cual la materia viviente de la Tierra y su aire, océanos y superficie forman un sistema complejo al que puede considerarse como un organismo individual capaz de mantener las condiciones que hacen posible la vida en nuestro planeta. Tales condiciones son la temperatura, la composición de la atmósfera, la salinidad y el pH de los océanos.

De forma algo más elaborada también se refiere a Gaia como *Una entidad compleja que comprende el suelo, los océanos, la atmósfera y la biosfera terrestre: el conjunto constituye un sistema cibernético autoajustado por realimentación que se encarga de mantener en el planeta un entorno físico y químicamente óptimo para la vida. El mantenimiento de unas condiciones hasta cierto punto constantes mediante control activo es adecuadamente descrito con el término homeostasis.*

Definiciones como esta sugieren fuertemente la analogía entre Gaia y un superorganismo vivo, y hasta que éste tuviera consciencia y propósito. Contribuye a ello el propio nombre de Gaia, la diosa griega de la Tierra, que le fue sugerido a Lovelock por su vecino, el escritor y luego Premio Nobel de Literatura en 1983, William



Golding. Según Lovelock no es más que una manera de nombrar la hipótesis, como lo es el nombre dado a un barco en su bautismo. Nunca quiso sugerir que Gaia fuese un ser pensante o con algún propósito. Pero Lovelock no puede evitar escribir frases como “... la mano de Gaia” o títulos como “La venganza de Gaia”, donde palabras como *mano* o *venganza* no se perciben como expresiones metafóricas, sino como una visión panteísta con connotaciones teleológicas, esotéricas o místicas. De ahí que inicialmente la reacción mayoritaria en el ámbito científico fuese de rechazo. Aun así, Lovelock no se oculta de expresar su *sentimiento* (instintivo, no racional) de *especial bienestar* al contemplar la Tierra como organismo vivo. ¿Una expresión de fe?

En definitiva, lo que propone la hipótesis Gaia es que, dadas unas condiciones iniciales que hicieron posible el comienzo de la vida en el planeta, ha sido el metabolismo del conjunto de organismos que lo habitan (y principalmente las bacterias como primeros colonizadores y mayor biomasa a lo largo del tiempo geológico) el que ha ido modificando las condiciones ambientales y que, por tanto, éstas son consecuencia y responsabilidad de la vida que habita la Tierra. Dicho de otra manera: las especies se han adaptado a las variables condicio-

nes físicas y químicas de la Tierra, pero éstas han sido y son adecuadas para la biosfera de cada momento gracias precisamente a la presencia de la vida misma.

En los ya más de 50 años de la hipótesis se han sucedido ciclos de exposición de hechos y datos referentes a la entropía, al equilibrio termodinámico de la atmósfera, a las fuentes de los diferentes gases, a sus reacciones y a su papel en la homeostasis del sistema Tierra; definiciones y matizaciones de éstas; duras críticas en contra, en especial de biólogos neodarwinistas y adhesiones, en especial de climatólogos; modelos conceptuales y matemáticos del control cibernético de parámetros como la temperatura (véase su *Daisyworld* en Watson y Lovelock, de 1983, en su segundo libro, *The ages of Gaia*, de 1989, y en la revisión de Lenton, en *Nature*). A partir de los años 90 se considera ya una teoría científica básica para entender la complejidad del sistema terrestre, que aporta una aproximación más holística al planeta, y es capaz de predicciones. Sus mismos críticos reconocen que ha inspirado interrogantes y respuestas sobre cómo los procesos biológicos influyen en los procesos fisicoquímicos de los suelos, la atmósfera y los océanos, o coevolucionan con ellos. Señalaremos que la *Declaración de Amsterdam* sobre Cambio Global del 13

de julio de 2001, https://monoskop.org/images/7/7b/Amsterdam_Declaration_on_Global_Change_2001.pdf, comienza con la siguiente frase: “The Earth System behaves as a *single, self-regulating system* comprised of physical, chemical, biological and human components”.

Al respecto del componente humano, a Lovelock le inquietaba el cambio climático, y ya lo publicó en un artículo de 1971. En sus libros sobre Gaia su alarma es creciente, y en *La venganza de la Tierra* su visión es apocalíptica para la humanidad. Margulis comparte esta idea; su creencia es que Gaia no nos necesita: la vida en la Tierra no se va a extinguir por nuestras acciones, sólo suponemos una amenaza para nosotros mismos. En la misma línea, todavía más agravada, continúa Lovelock en 2009 con *The vanishing face of Gaia. A final warning*, en que profetiza un colapso de población, con la energía nuclear (de la que siempre estuvo a favor) como principal recurso para los supervivientes. En 2019, con 100 años, predice la superación de nuestra era de afecciones a Gaia, el Antropoceno, en su libro *Novacene: The coming age of hyperintelligence*, una obra futurista en que imagina una esperanza para la Tierra gracias a entes de inteligencia artificial autoconscientes, integrados con los humanos.

Kenneth J. Hsü, nació en Nanjing, China, en cuya universidad se licenció. En 1948 estudió en la universidad de Ohio donde obtuvo un máster en 1950, y se doctoró en la Universidad de California, Los Ángeles, en 1953. Como geólogo. trabajó en la *Shell Oil Company*, y desde 1967 fue profesor de geología en el Instituto federal suizo de tecnología, en Zúrich, hasta su retiro en 1994. Desde entonces ha sido profesor invitado en diversas universidades de Europa, Norteamérica, China e Israel. Hsü también fue merecedor de la *Medalla Wollaston* en 1984, de la *Medalla Twenhofel* de la *Society of Sedimentary Geology* el mismo año y de la *Medalla Penrose* de la *Geological Society of America* en 2001. Geólogo completo, experto en tectónica, sedimentología, oceanografía, limnogeología y geoquímica isotópica; en su currículo (<https://web.archive.org/web/20090406091112/http://www.kennethjhsu.com>) se recogen sus múltiples artículos y libros hasta 2002, entre los que hay que des-



Kenneth J. Hsü.

“Hsü propuso un nuevo principio geológico, el del *catastrofismo actualista* (1983), que otros, como Berggren, prefieren denominar *neouniformitarismo*.”

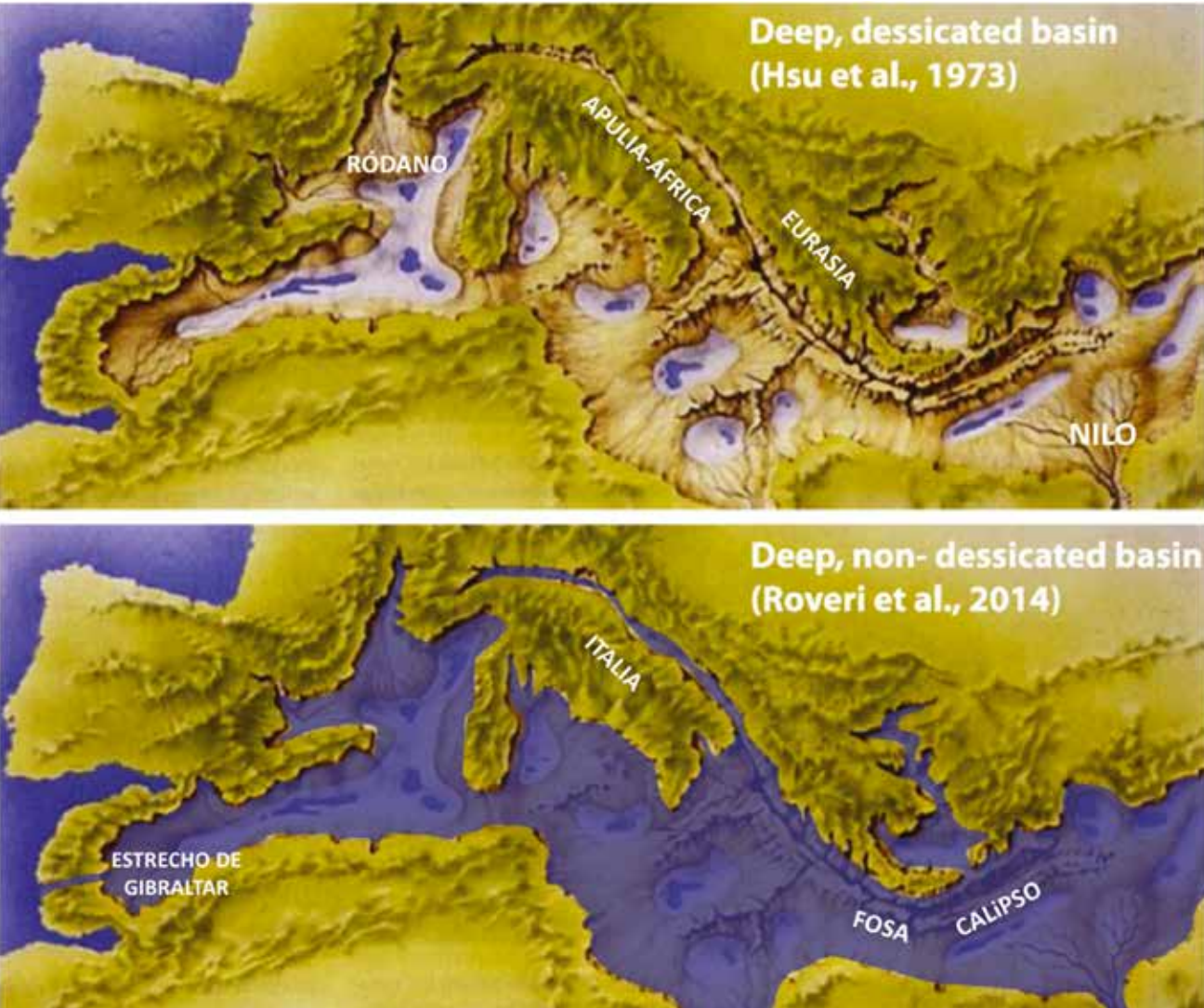


Fig. 4.- Dos visiones de la paleogeografía del Mediterráneo durante la crisis de Salinidad del Messiniense. Arriba, según la hipótesis de desecación de Hsü et al. Abajo, según el modelo de Roveri et al., en el que el descenso máximo del Mediterráneo sería de 200 m, pero una comunicación restringida con el Atlántico por el estrecho de Gibraltar conduciría a la progresiva concentración salina por evaporación para dar lugar, de igual manera, a un gigante salino. (En Krijgsman et al. 2018).

taçar los referidos a los resultados del *Deep Sea Drilling Project* en diversas áreas marinas entre 1970 y 1978. Son de particular interés los de 1973 y 1983 sobre la crisis de salinidad del Messiniense (Mioceno Tardío, entre 5,97 y 5,33 Ma), en los que propone el cierre y desecación del Mediterráneo (véase Pardo y Arenas, 2019), una hipótesis atrevida para el origen del millón de kilómetros cúbicos de sulfatos y halita presentes en sus fondos. Esta hipótesis fue bien aceptada por la comunidad geológica y sigue vigente en el siglo actual, pero en competencia con otros modelos físico-matemáticos del origen de tales evaporitas, en los que el descenso del nivel del Mediterráneo es mucho menos importante (Fig. 4). Influido también por otros descubrimientos de la época, como el impacto del asteroide en el límite Cretácico-Cenozoico (Álvarez et al., 1980), Hsü propuso un nuevo principio geológico, el del *catastrofismo actualista* (1983), que otros, como

“La hipótesis Gaia encuentra una de sus principales dificultades en el mantenimiento de la salinidad dentro de los límites de tolerancia de las especies que habitan los océanos.”

Berggren, prefieren denominar *neouniformitarismo*. Este concepto no contradice el *principio del uniformismo* de Hutton de 1788, una de las bases de la metodología geológica, sino que lo amplía. En efecto, además de los procesos geológicos graduales (meteorización y erosión de las rocas, transporte y depósito de sedimentos, derivas continentales, levantamiento de montañas, etc.), también tenemos constancia de fenómenos catastróficos a escala humana, como terremotos, tsunamis, inundaciones y volcanes. Pues bien, a lo largo de la historia geológica tales fenómenos se han registrado con magnitudes mayores, pero con una frecuencia muy baja, inversa a su magnitud. Como en el caso del hipotético cierre y evaporación del Mediterráneo, son excepcionales y no conocemos equivalentes históricos de semejante magnitud (caídas de grandes meteoritos, megavolcanes, megatsunamis, etc.), pero han dejado su impronta en el registro geológico, llegando a manifestarse como cambios climáticos y extinciones masivas.

Tras su retiro, Hsü inició una nueva vida como inventor y empresario, con patentes para minería, petróleo, agua, carbón, energía y tratamientos medioambientales, y entre 2003 y 2007 fundó varias compañías en UK y China.

Hsü y los riñones de Gaia. La hipótesis Gaia encuentra una de sus principales dificultades en el mantenimiento de la salinidad dentro de los límites de tolerancia de las especies que habitan los océanos. Lovelock trata este tema en *The ages of Gaia*, y concluye que la forma de control de la salinidad marina es su secuestro por precipitación en lagunas evaporíticas. Pero existe la duda implícita de que, si tan sólo se recurre a mecanismos

BIBLIOGRAFÍA (señalados*, los primeros artículos en que se exponen las hipótesis de la endosimbiosis, de Gaia y de la desecación del Mediterráneo)

- Álvarez, L.W., Álvarez, W., Asaro, F. y Michel, H.V. (1980). Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction. *Science*, 208 (4448): 1095-1108.
- Hitchcock, D.R. y Lovelock, J.E. (1967). Life detection by atmospheric analysis. *Icarus*, 7 (1-3): 149-159.
- Hsü, K.J. (1983). *The Mediterranean was a Desert: A Voyage of Discovery*. Princeton University Press, 197 p.
- Hsü, K.J. (1983). Actualistic Catastrophism. Address of the retiring President of the International Association of Sedimentology. *Sedimentology*, 30: 3-9.
- Hsü, K.J. (2001). Gaia and the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 65 (Suppl. 2): 133-140.
- * Hsü, K.J., Ryan, W.B.F. y Cita, M.B. (1973). Late Miocene Desiccation of the Mediterranean. *Nature*, 242: 240-244.
- Krijgsman, W. et al. (2018). The Gibraltar corridor: Watergate of the Messinian Salinity Crisis. *Marine Geology*, 403: 238-246.
- Lenton, T.M. (1998). Gaia and natural selection. *Nature*, 394: 438-447.
- López-García, P. y Moreira, D. (2015). Open Questions on the Origin of Eukaryotes. *Trends in Ecology & Evolution*, 30 (11): 697-708.
- Lovelock, J.E. (1971). Air pollution and climatic change. *Atmospheric Environment*, 5 (6): 403-411.
- Lovelock, J.E. (1972). Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 6: 579.
- Lovelock, J.E. (1979). *GAIA, a new look at Life on Earth*. Oxford University Press. Traducción de Alberto Jiménez Rioja: *Gaia, Una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Ediciones Orbis S.A. 1985, 170 p.
- Lovelock, J. E. (1989). *The Ages of Gaia: A Biography of Our Living Earth*. Oxford University Press, 272 pp. Traducido por Biblioteca Virtual OMEGA-LFA: *Las edades de Gaia. Una biografía de nuestro planeta vivo*. 295 p.
- Lovelock, J.E. (2008). *La venganza de la Tierra. La teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. Ed. Planeta, 249 pp.
- * Lovelock, J.E. y Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis, *Tellus*, XXVI (1-2): 1-10.
- * Margulis, L. y Dolan, M.F. (2009). *Los inicios de la vida. La evolución de la Tierra precámbrica*. Càtedra de Divulgació de la Ciència, Universitat de València, 225 p.

geológicos, el ciclo general del NaCl entre los océanos y los continentes, daría como resultado un aumento de la salinidad en los mares. Hsü interviene en el asunto en un artículo de 2001, y propone que los depósitos de gigantes salinos, como los del Messiniense mediterráneo, son los que han actuado a lo largo del tiempo geológico como riñones de Gaia en la eliminación del exceso de sales y metales pesados en el océano, en similitud geofisiológica con nuestro aparato excretor en la eliminación de desechos. Tales gigantes se encuentran repartidos a lo largo del tiempo geológico (Fig. 5), y Hsü les asigna una periodicidad de formación de unos 100 Ma.

¿Dónde puede situarse el próximo riñón de Gaia? Si el movimiento de las placas litosféricas sigue la tendencia actual, sería en el este africano, a lo largo del Gran Valle del Rift, la rama sur del triángulo de Afar, en proceso de expansión con una longitud de casi 5000 km (Fig. 6). Su apertura daría lugar a un mar estrecho, similar al mar Rojo, con una comunicación restringida con el Índico; por tanto, con máxima probabilidad de albergar depósitos evaporíticos. ¿Puede pensarse entonces que la tectónica de placas es, de esta forma, uno de los controles de la homeostasis de Gaia? No parece plausi-

“(Lovelock) concluye que la forma de control de la salinidad marina es su secuestro por precipitación en lagunas evaporíticas.”

Fig. 5.- Depósitos salinos gigantes a lo largo del tiempo geológico. En este mapa no figuran los del Cretácico Superior situados bajo las plataformas continentales de Brasil y Angola, encontrados con las prospecciones de hidrocarburos, y generados durante la fase de rift de apertura del Atlántico Sur.

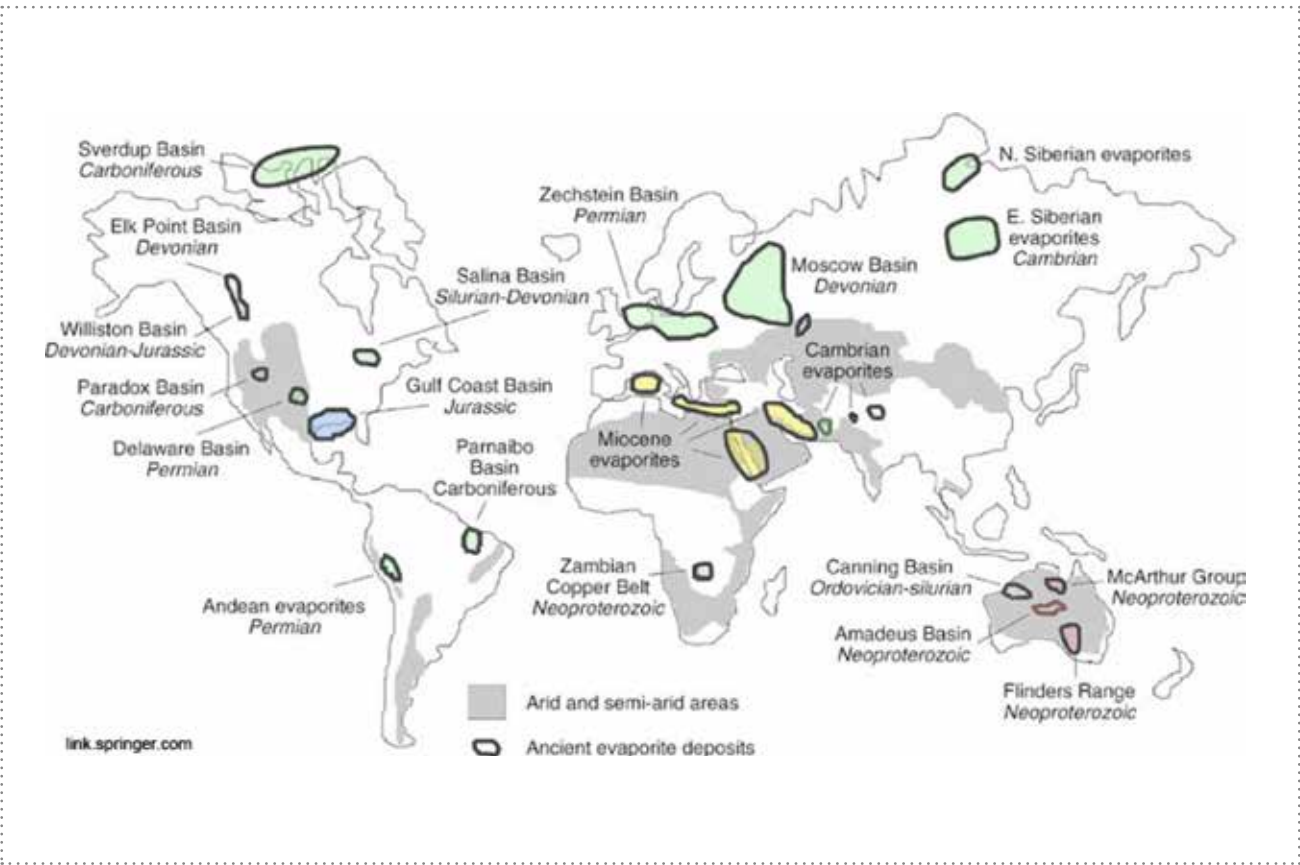


Fig. 6.- Situación del Gran Valle del Rift, rama sur del punto triple de Afar actualmente en extensión; posible área marina en el futuro, que separaría una placa somalí de la placa africana y sería susceptible de albergar un gigante salino tras su invasión por el mar.



ble dentro de la hipótesis. Por último, señalaremos que Shield y Mills (2021) concluyen que la formación de un gigante salino acarrea enfriamiento del clima a escala global. Tampoco es ningún alivio: para que lo anterior suceda en el este de África todavía faltan millones de años.

Gonzalo Pardo y Concha Arenas
Dpto. de Ciencias de la Tierra
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza

- * Margulis, L. (firmando como Sagan, L.) (1967). On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*, 14 (3): 225-274.
- * Margulis, L. (1970). *Origin of Eukaryotic Cells*. Yale University Press, 371 p.
- * Margulis, L. y Lovelock, J.E. (1974). Biological modulation of the Earth atmosphere. *Icarus*, 21, 471-489.
- Margulis, L. y Sagan, D. (2003). *Captando Genomas. Una teoría sobre el origen de las especies*. Editorial Kairos, 308 p.
- Pardo, G. y Arenas, C. (2019). Paisajes que nos hemos perdido. *conCIENCIAS.digital*, 19: 72-87.
- Roveri, M. et al. (2014). The Messinian Salinity Crisis: Past and future of a great challenge for marine sciences. *Marine Geology*, 352: 25-58.
- Shields, G.A. y Mills, B.J.W. (2021). Evaporite weathering and deposition as a long-term climate forcing mechanism. *Geology*, 49: 299-303.
- Watson, A.J. and Lovelock, J.E. (1983). Biological homeostasis of the global environment: the parable of Daisyworld. *Tellus*, 35B, 284-28.