

La milagrosa difusión de la vida hacia el vacío

Arturo Sánchez-Paz

Laboratorio de Virología. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Calle Hermosa 101, Col. Los Ángeles. Hermosillo, Sonora. México. CP. 83106.

Vivir significa dejar huellas. Todo lo que cotidianamente nos rodea inevitablemente preserva algo nuestro. No hay lugar en el que los organismos vivos no hayamos dejado huella.

El exquisito libro Blanco de la escritora sudcoreana Han Kang, publicado en 2017, reúne una serie de relatos breves en los que, con delicadeza, describe, entre las frágiles páginas de sus textos, diversas cosas cotidianas. Curiosamente, todas esas cosas que Kang describe con una impresionante fuerza creativa son blancas: sal, nieve, luna, arroz, leche materna, olas... En algunas culturas orientales, como la coreana, el blanco es el color tradicional del luto, de la muerte y del adiós. Es una señal de respeto y serenidad. Y precisamente, la autora opta por escribir sobre cosas blancas como un proceso transformador, “algo así como un ungüento blanco

aplicado sobre una hinchazón, como una gasa colocada sobre una herida. Algo que necesitaba”. Un vendaje para sanar el dolor que la ausencia de una hermana que no conoció le causa, una hermana que murió en los brazos de su madre “sintiendo cómo el frío entraba poco a poco en la carne, hundiéndose hasta los huesos”.

En el relato “Nube de aliento”, Kang relata que “En las mañanas frías, esa primera nube blanca de aliento que escapa es prueba de que estamos vivos. Prueba del calor de nuestros cuerpos. El aire frío entra a raudales en nuestros pulmones oscuros, absorbe el calor de nuestro cuerpo y se

exhala como una forma perceptible, blanca salpicada de gris. La milagrosa difusión de nuestras vidas hacia el vacío". Difícilmente encontraré una forma más poética de expresar que la vida deja huella y ha transformado cada espacio de nuestro planeta.

De acuerdo con el primer libro de la Biblia, el Génesis, *"en el principio todo era caos, oscuridad y silencio"*. Moisés, al que se le atribuye la autoría de este libro, olvidó mencionar (o quizá no lo sabía) que *"en el principio tampoco había oxígeno"*. La ausencia inicial de este elemento es fundamental para entender la historia de nuestro planeta. Cuando la Tierra se formó hace 4,500 millones de años, el aire apenas contenía un 0.0001 % de oxígeno. La evidencia más reciente sugiere que la atmósfera terrestre primitiva estaba compuesta por nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), agua (H_2O) y, en menor medida, metano (CH_4), hidrógeno y oxígeno. Actualmente, nuestra atmósfera contiene poco menos del 21 % de este gas (el resto es básicamente N_2 , que constituye el 78 % de la atmósfera). Nuestra atmósfera no ha sido una masa estática de gases. Diversos factores han contribuido a su evolución.

Para comprender como surgió una atmósfera rica en oxígeno, es necesario examinar los procesos que contribuyeron a su establecimiento. Antes de que se formara la atmósfera rica en oxígeno en la que habitamos hoy, la concentración de este gas era apenas detectable. Se ha sugerido que una pequeña cantidad de oxígeno llegó a la atmósfera mediante la "fotodisociación" del agua por la luz ultravioleta del sol. Debido a que nuestra atmósfera carecía de una capa de ozono que obstaculizara la entrada de la peligrosa radiación ultravioleta, esta "rompía" las moléculas de agua presentes en nuestro planeta, liberando hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2). El H_2 es un gas con una masa tan baja y una velocidad térmica tan alta que le permiten "escapar" de la gravedad terrestre (un

proceso que ocurre constantemente y se conoce como *"escape de Jeans"*). Por su parte, el oxígeno es un gas más pesado, por lo que la gravedad lo retiene en la atmósfera. La mayor parte del oxígeno así formado reaccionó con el hierro de las rocas y de los océanos, quedando atrapado para siempre en la corteza terrestre. La tasa a la que se producía oxígeno de esta forma debió ser muy similar a la de la formación de nuevas rocas y minerales que se exponían en la cambiante corteza terrestre. A este paso, el oxígeno difícilmente se acumularía en la atmósfera. Algo similar ocurrió en los planetas Venus y Marte. Lenta pero constantemente, estos planetas perdieron el agua que los cubría debido a la radiación ultravioleta, convirtiéndolos en lugares áridos y estériles.

Los primeros organismos que habitaron nuestro planeta aparecieron hace unos 3,800 millones de años. Estas primeras formas microscópicas de vida dependían de un metabolismo anaeróbico, es decir, no utilizaban oxígeno para obtener energía; en su lugar, dependían de compuestos inorgánicos (como algunos minerales o iones) presentes en el océano para generar energía. Eran tan anaeróbicas que, salvo algunas especies que toleraban el poco oxígeno que había, el oxígeno, el *"elixir de la vida"*, las envenenaba. Entonces, hace unos 2,600 millones de años, apareció un grupo muy peculiar de microorganismos, las cianobacterias, que modificó el destino de la vida en la Tierra. Las cianobacterias poseen la notable capacidad de fotosintetizar (es decir, de generar energía a partir de la luz solar). En este proceso, las cianobacterias utilizan agua como fuente de combustible mediante su oxidación y, como subproducto, liberan oxígeno. Y lo generaban con tanta abundancia y a una velocidad tan alta que la cantidad de este gas que secuestraban los minerales ricos en hierro recién expuestos en la corteza terrestre era insignificante. Así, el oxígeno se fue acumulando en la atmósfera terrestre, evitando que el



Foto: natrot

agua evaporada escapara de nuestro planeta. A esta época de la historia de nuestro planeta, en la que la atmósfera terrestre primitiva experimentó un incremento considerable de la concentración de oxígeno libre, se le conoce como el *Gran Evento de Oxidación*.

Si lo vemos desde cierta perspectiva, la vida salvó a la Tierra de convertirse en una fría y estéril roca. Además, la “contaminación” de nuestra atmósfera con oxígeno, que “desechaban” las cianobacterias, impulsó el desarrollo y la evolución de formas de vida más complejas. Sin embargo, la evidencia sugiere que el oxígeno no se acumuló en nuestra atmósfera de forma rápida y constante; por el contrario, factores no biológicos, como la tectónica de placas y las glaciaciones, impulsaron la liberación de oxígeno en descargas repentinas. Cabe destacar que cada incremento significativo de los niveles de oxígeno atmosférico esté estrechamente relacionado con radiaciones biológicas significativas. De hecho, cada pulso de liberación de oxígeno actuó como un catalizador de innovaciones evolutivas que impulsaron la complejidad celular. Así, tras un pulso de oxígeno surgieron las primeras células eucariotas (poseen un núcleo). Después

de otro pulso de liberación de oxígeno, la vida en nuestro planeta experimentó una diversificación sin precedentes conocida como la *Explosión Cámbrica* (hace 541 millones de años). En este momento, los océanos se llenaron de organismos multicelulares complejos y se produjo una dramática transición de organismos de cuerpo blando a animales con estructuras endurecidas, como los artrópodos. Un pulso adicional de liberación de oxígeno, ocurrido hace unos 300 millones de años, durante el Carbonífero, propició que los niveles de este elemento en la atmósfera alcanzaran el 35 %, lo que generó las condiciones propicias para la aparición de insectos gigantes, como la libélula de 70 centímetros del género *Meganeura* o el famoso ciempiés gigante *Arthropleura*. Considerando lo que se ha mencionado y como una metáfora, es necesario comentar que, de forma análoga a lo que expresó Han Kang en el libro Blanco, el oxígeno liberado por las cianobacterias podría ser el vaho exhalado en su relato “*nube de aliento*”: la milagrosa difusión de la vida de las cianobacterias hacia el vacío.

Todas las especies liberan ADN al ambiente a lo largo de su vida. En nuestro caso, a través de exhalaciones, al estornudar, al rascarnos y en nuestras excretas, liberamos una gran cantidad de material rico en ADN. Nuestra huella genética está dispersa en el aire que nos rodea. En 2013, el biólogo Matt Clark, del Museo de Historia Natural de Londres, y Richard Leggett, del Instituto Earlham de Norwich (Reino Unido), se sorprendieron al descubrir una enorme diversidad de ADN “flotando” en el aire que rodeaba un invernadero. Recientemente, Elizabeth Clare de la Universidad York de Toronto, Canadá, y Joanne Littlefair del University College de Londres, filtraron 72 muestras de aire en un área cercana a un zoológico de Cambridge que alberga cerca de 100 especies de animales. Posteriormente, extrajeron el ADN de las muestras y lo amplificaron por PCR. Los resultados de la secuenciación las sorprendieron. De las 72 muestras que se colectaron, 64 contenían ADN de vertebrados terrestres no humanos, incluidos lémures, tigres, suricatas y dingos. Aún más, en estas muestras se identificó ADN de vaca, pollos, caballos o cerdos, y los autores sugieren que pudo originarse del alimento que se les da a los carnívoros. Otro hallazgo relevante es que se detectó la presencia de ADN de algunos animales del zoológico a más de 200 metros del sitio donde estaban aislados (se encontró, por ejemplo, ADN de suricata a 245 metros del área donde habitan).

Es importante mencionar que parte del material genético obtenido a partir de muestras de aire puede provenir de seres humanos. Esto ha generado inquietud en diversos grupos, ya que la información genética que se obtenga puede utilizarse para determinar si alguien padece un trastorno genético, lo que podría ser aprovechado indebidamente por las aseguradoras para negar el acceso a seguros de gastos médicos o de vida. La privacidad de la información genética constituye un desafío ético fundamental. Por otro lado, la información obtenida del ADN humano

puede utilizarse para identificar a individuos concretos. Esto podría ser muy útil para resolver casos en investigaciones criminales, ya que permitiría identificar y localizar a criminales con alta precisión.

Las distintas formas de vida que han habitado nuestro planeta han dejado “*huellas imborrables*”, tanto físicas como químicas, a lo largo de 3,500 millones de años de historia. Desafortunadamente, los seres humanos, novatos en el planeta, hemos contaminado la atmósfera, los océanos, la Tierra. Estamos dejando una huella indeseable que puede tener graves consecuencias ambientales a muy corto plazo. Hemos habitado la Tierra desde hace unos 300,000 años, es decir, somos inquilinos del planeta desde el 0.007 % de los 4,500 millones de años de su historia. Si no comprendemos que debemos modificar nuestras actitudes hacia este maravilloso y único planeta en el que tuvimos la oportunidad de nacer, crecer, desarrollarnos y reproducirnos, quizá no merecemos habitarlo.

Referencias

- Chang, Y., Yu, Y., An, F., Luo, Z., Quan, D., Zhang, X., Hu, X., Li, Q., Yang, J., Chen, Z., Che, L., Zhang, W., Wu, G., Xie, D., Ashfold, M.N.R., Yuan, K., y Yang, X. (2021). Three body photodissociation of the water molecule and its implications for prebiotic oxygen production. *Nat. Commun.* 12(1), 2476. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22824-7>.
- Clare, E.L., Economou, C.K., Bennett, F.J., Dyer, C.E., Adams, K., McRobie, B., Drinkwater, R., y Littlefair, J.E. (2022). Measuring biodiversity from DNA in the air. *Curr. Biol.* 32(3), 693-700.e5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.11.064>.
- Dahl, T.W., Hammarlund, E.U., Anbar, A.D., Bond, D.P., Gill, B.C., Gordon, G.W., Knoll, A.H., Nielsen, A.T., Schovsbo, N.H., y Canfield, D.E. (2010) Devonian rise in atmospheric oxygen correlated to the radiations of terrestrial plants and large predatory fish. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107(42), 17911-17915. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011287107>.

Lu, Z., e Imlay, J.A. (2021). When anaerobes encounter oxygen: mechanisms of oxygen toxicity, tolerance and defence. *Nat. Rev. Microbiol.* 19(12), 774-785.
<https://doi.org/10.1038/s41579-021-00583-y>.

Sánchez-Baracaldo, P., y Cardona, T. (2020). On the origin of oxygenic photosynthesis and Cyanobacteria. *New Phytol.* 225, 1440-1446.
<https://doi.org/10.1111/nph.16249>.

Sobre el autor



El Dr. Arturo Sánchez-Paz es investigador titular encargado del Laboratorio de Virología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste en Hermosillo, Sonora, México. Su investigación ha generado más de 50 artículos publicados en revistas científicas internacionales y ha guiado y dirigido tesis de varios estudiantes de licenciatura y posgrado. Es miembro del SNII (II) y de la Academia Mexicana de Ciencias.

Cita:

Sánchez-Paz, A. (2026). La milagrosa difusión de la vida hacia el vacío. *Biotechnologica Magazine*, 4(2), 57-61.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20147641>