

Definiendo la vida: *nullius in verba*

Antonio Lazcano

Una vez explicadas las razones por las que considera que todas las aproximaciones que se han hecho a la vida desde la física –incluida la clásica de Schrödinger que celebramos– están condenadas al fracaso, el autor destaca el irreducible carácter histórico y evolutivo de lo vivo, que dificulta enormemente su definición.

A finales de 1944 se publicó *¿Qué es la vida?*,¹ un pequeño libro de divulgación que Erwin Schrödinger había escrito desde el exilio irlandés a donde había llegado empujado por su repudio a la infamia nazi. El texto apareció precedido no solo por la extraordinaria reputación científica y el refinamiento intelectual de su autor, sino también por el peso académico (ahora de alguna manera disminuido) del que gozaron los físicos durante la primera mitad del siglo xx. Como escribió Yoxen,² uno de los estudiosos más acuciosos que ha tenido la obra de Schrödinger, lo que este pretendía era explicar la naturaleza del material hereditario y la estabilidad y persistencia de la vida recurriendo no a la física clásica sino a la mecánica cuántica. A casi 70 años de distancia no deja de sorprender la persistencia del mito que le atribuye al libro un papel central en el nacimiento y desarrollo de la biología molecular, y el escaso interés que Schrödinger mostró por las aportaciones que químicos, genetistas y bioquímicos habían hecho sobre algunos de los temas que abordó.

Aunque muchos se sorprendieron por los excesos metafísicos del capítulo final, el

libro fue bien recibido por John B. S. Haldane, Hermann J. Muller, Max Delbrück y otros académicos igualmente distinguidos. Pero la aceptación no fue unánime; en 1987, Linus Pauling escribió que «leí el libro hace más de 40 años y me decepcionó».³ Entonces creí, y sigo creyendo, que Schrödinger no hizo contribución alguna a nuestra comprensión de lo vivo». Max Perutz fue más contundente al afirmar que «desafortunadamente, el análisis cuidadoso de este volumen y de las publicaciones relacionadas muestra que lo que era cierto en el libro no era original, y que desde que se publicó el libro se sabía que la mayor parte de lo que era original no era cierto» y agregó que «la aparente contradicción entre la vida y las leyes de la física estadística se pueden evitar apelando a una disciplina científica que Schrödinger ignoró. Esa ciencia es la química». ⁴ Perutz tenía razón. Schrödinger era un hombre íntegro, y las limitaciones de su obra no son una muestra de deshonestidad intelectual sino simplemente el reflejo de su desinterés e ignorancia sobre los descubrimientos e hipótesis que biólogos como Needham, Haldane y otros más habían publicado mucho tiempo atrás, y que incluían discusiones detalladas sobre la complementariedad molecular para ex-

plicar la replicación y los mecanismos de la herencia.⁵

El libro de Schrödinger debe ser leído como una invitación abierta para emprender programas multidisciplinarios de investigación, pero a decir verdad ni catalizó el desarrollo de la biología molecular, ni provocó un éxodo masivo de físicos hacia la nueva disciplina científica. La biología molecular nos ha permitido asomarnos de manera inédita a las estructuras, mecanismos y procesos subcelulares, pero como ha señalado Morange,⁶ durante mucho tiempo dejó de lado cuestiones como la de la definición de lo vivo. Es cierto que los libros de biología molecular son una celebración de una visión secular de los fenómenos biológicos, pero también es verdad que su reduccionismo metodológico provocó enfrentamientos con los naturalistas, marginó a los bioquímicos y, salvo excepciones puntuales, desdeñó el valor de preguntas relacionadas con el origen, la naturaleza y la evolución de la vida. En esa atmósfera competitiva pero limitada intelectualmente, los lectores que se mantuvieron atentos a la obra de Schrödinger fueron quienes mantuvieron la vigencia de una pregunta a la que la biología molecular le había dado la espalda.

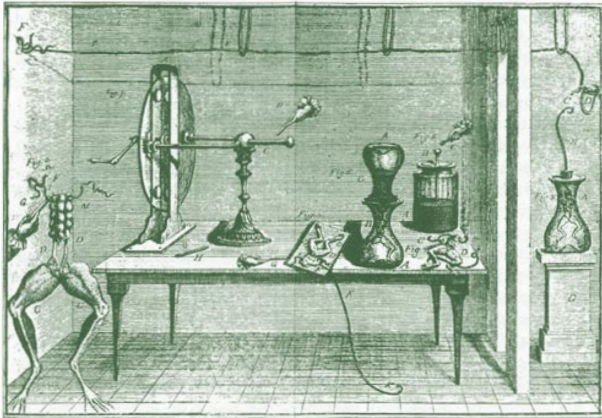


Figura 1. Grabado de la obra *De viribus electricitatis in motu musculari* (1792), de Luigi Galvani, en el que se experimenta sobre una rana en contacto con electricidad. Experimentos como este despertaron una gran fascinación entre científicos y pensadores sobre la naturaleza de la vida.



Figura 2. El Frankenstein recreado por Mary Wollstonecraft Shelley, a modo de moderno Prometeo, «vivió» a base de energía física, medible y observable. La novela de 1831 fue el reflejo literario por esa fascinación.

Contra lo que muchos creen, el libro de Schrödinger tampoco representa el primer intento para explicar la vida en términos físicos, sino más bien es la culminación de una larga tradición intelectual en cuyas raíces están las ideas de los organismos como mecanismos de relojería de Descartes, de La Mettrie sobre el hombre-máquina, y los descubrimientos de Luigi Galvani, cuyos experimentos parecían demostrar que las manifestaciones más visibles de lo vivo no son producto de un soplo divino sino de una fuerza tangible y nada metafísica como la electricidad.⁷ La fascinación que los experimentos de Galvani despertaron en científicos y pensadores debe ser entendida como parte del proceso de secularización que las ciencias de la vida experimentaron en ese período, y que se reflejó espléndidamente en *Frankenstein*, la novela que Mary Wollstonecraft Shelley publicó en 1831. A diferencia de su predecesor el *golem*, que adquiere vida y movimiento gracias a rezos y rituales rabínicos, lo único que anima al monstruo que el Dr. Victor von Frankenstein creó con retacería de cadáveres es la electricidad —es decir, una energía física, medible y observable—.

Como muestran los esfuerzos decimonónicos por describir las propiedades básicas de la vida a partir del magnetismo, la tensión superficial, la radiactividad y otros fenómenos físicos, esta tendencia devino una corriente científica que iba mano a

mano con el positivismo dominante. Es fácil de comprender la fascinación, por ejemplo, de la sorprendente (pero superficial) analogía entre el huso mitótico y las limaduras de hierro alineadas que revelan la forma y la orientación de un campo magnético. Como muestran los trabajos de Jerome Alexander, Stéphane Leduc y Alfonso L. Herrera, durante la primera mitad del siglo XX todavía había científicos que seguían convencidos de que

**«¿Está viva una llama?
El fuego puede crecer, multiplicarse
e intercambiar materia y energía
con lo que lo rodea (...), pero
una llama no tiene herencia y,
por lo tanto, tampoco
genealogía.»**

tanto la naturaleza de la vida como su origen se podían explicar gracias a la caracterización físico-química del protoplasma. La descripción más perdurable de esos esfuerzos científicos se encuentra no en los textos de química coloidal, sino en las páginas de *Doktor Faustus*, la novela de Thomas Mann, donde uno de los personajes recuerda cómo siendo niño presenció experimentos en donde se simulaban las formas y movimientos de amebas al mezclar cloroformo, parafina y otras sustancias inertes. Aunque el trabajo de Alexan-

der, Leduc y Herrera fue denostado por Marcel Florkin, quien los consideró como representantes de lo que llamó la época negra de la biocoloidología, su significado en la búsqueda de explicaciones laicas (y hasta alegremente jacobinas) del fenómeno vital no se puede desdeñar.⁷

La tentación de caracterizar los rasgos esenciales de los seres vivos en términos estrictamente físicos perdura hasta nuestros días, como lo muestran los múltiples intentos por suponer que son resultado de interacciones no lineales, la termodinámica de procesos irreversibles, la teoría del caos, de los atractores y fractales o, más recientemente, de los principios de los llamados sistemas complejos. Como afirma Evelyn Fox Keller,⁸ es fácil reconocer que estos esfuerzos forman parte de una tradición intelectual más o menos errática que ha llevado a muchos científicos a buscar las leyes y principios que puedan integrarse en una gran teoría que abarque muchos, si no es que todos, los sistemas complejos, desde los cambios de la bolsa de valores hasta la forma de las galaxias.

A pesar del impresionante aparato matemático que adorna muchas de sus afirmaciones, los modelos de complejidad han prometido mucho pero han cumplido poco. Como dice Fenchel,⁹ la generación espontánea parece acechar las invocaciones a «propiedades emergentes» o «prin-

cipios autoorganizativos», que son usados para lo que muchos vemos como generalizaciones grandilocuentes con poca relación con los fenómenos biológicos reales. Como han insistido Lewontin y Levins,¹⁰ la creencia de que los rasgos moleculares de los seres vivos tienen un carácter no contingente no es más que la extrapolación de un modelo simplista tomado de las ciencias físicas que deja de lado el carácter histórico de los sistemas biológicos. Es cierto que no se necesitan genes para que los lípidos formen espontáneamente membranas y liposomas, pero las diferencias entre las rutas biosintéticas de los lípidos de bacterias y arqueas solamente se pueden explicar como resultado de la contingencia histórica y el pasado evolutivo de cada uno de estos dos grandes taxones.

«Como afirmó Nietzsche, 'hay conceptos que se pueden definir, y otros que tienen una historia'.»

A pesar del avance extraordinario de las ciencias biológicas, carecemos de una definición universalmente aceptada de la vida. No es un asunto meramente académico, sino un problema que ha desbordado aulas y laboratorios, y que afecta aspectos de lo cotidiano. El debate de lo que está vivo o no, subyace no solo las discusiones sobre la naturaleza de los priones, las estrategias para buscar vida extraterrestre, los criterios para distinguir minerales y pseudofósiles de los auténticos restos paleontológicos, las investigaciones sobre la llamada biología sintética, sino también las discusiones sobre los límites de los trasplantes, la eutanasia y, por supuesto, el aborto.

La definición de la vida adopta otros giros cuando hablamos de especies multicelulares, como las vacas y los humanos. Un organismo multicelular persiste aunque mueran muchas de sus células o sus tejidos,¹¹ como lo prueban todos aquellos a quienes han extirpado el apéndice o, en casos más dramáticos aún, a aquellos que han perdido una extremidad y que sin embargo, tienen una calidad de vida

decorosa. Como bien dicen Szathmary *et al.*, los organismos multicelulares consisten en unidades que son, en sí mismas, sistemas vivos, y que permanecerán vivos aunque muera el organismo multicelular. En ello descansa el extraordinario éxito de trasplantes que van de córneas hasta rostros completos.

¿Por qué no podemos definir lo que es vida? Como ha insistido Iris Fry al amparo de la obra de Kant,¹² a diferencia de lo que ocurre en otras disciplinas como la filosofía o las matemáticas, en biología las propiedades del objeto de estudio se conocen en forma empírica, y ello depende del contexto histórico. En matemáticas, por ejemplo, podemos definir con toda precisión lo que llamamos un número imaginario, que no es más que

es un múltiplo de la raíz cuadrada de un número negativo. ¡En cambio la biología! Los libros de citología escritos hace cien años, por ejemplo, hablan de una masa gelatinosa llamada *protoplasma* a la que se le atribuían las propiedades fisicoquímicas que definían a los seres vivos, y que hemos eliminado piadosamente de los textos contemporáneos. A principio del siglo XX, el DNA era una mera curiosidad científica, y hoy no podemos prescindir de la doble hélice para explicar los fenómenos de la herencia. Estos ejemplos no implican que la biología sea una disciplina con menor validez científica que las matemáticas; simplemente demuestran que existen conceptos empíricos, como la vida, que se pueden describir en términos fenomenológicos pero que no es fácil definir. Es decir, a diferencia de la precisión con la que definimos los números imaginarios, para entender lo que es la vida tenemos que dar un listado de propiedades que la caracterizan y que la diferencian de lo inerte. Como afirmó Nietzsche, «hay conceptos que se pueden definir, y otros que tienen una historia».

Incapaces de definir la naturaleza de la vida, con frecuencia buscamos analogías para explicarla. Una de las más populares es, por supuesto, el fuego. ¿Está viva una llama? Al igual que muchos organismos, el fuego puede crecer, multiplicarse e intercambiar materia y energía con lo que lo rodea. Una llama puede provenir de otra llama. Como se muestra en la manera en que los portadores de las antorchas olímpicas transmiten su llama de corredor a corredor, el fuego puede tener historia. Pero como bien dice Richard Dawkins,¹³ una llama no tiene herencia y, por lo tanto, tampoco genealogía.

A pesar de numerosos y fascinantes equivalentes teóricos y experimentales de sistemas biológicos como los liposomas replicativos, los autómatas celulares de Turing, o las reacciones tipo Belousov-Zhabotinsky, la esencia de la vida no se puede comprender sin una perspectiva histórica. En contraste con la física clásica o la química orgánica, por ejemplo, la biología es una disciplina histórica, como la cosmología y la geología. Como muestra el listado de los papas en el Vaticano, puede existir continuidad histórica sin herencia genética. Sin embargo, en biología, la historia implica genealogía y, a largo plazo, filogenia. Esto requiere un aparato genético intracelular capaz de almacenar y transmitir a su progenie información susceptible de mutar y de experimentar cambios evolutivos. Se puede afirmar, pues, que la evolución darwiniana, entendida en su sentido más amplio, es esencial (pero no suficiente) para comprender la naturaleza de la vida misma.

Muchas propiedades asociadas con las células se observan en sistemas no vivos, como la catálisis, las reacciones de polimerización de nucleótidos y la formación espontánea de membranas. Sin embargo, ninguna de ellas basta por sí sola para definir la vida. Como nos ha recordado Morange,¹⁴ el primero en subrayar esta situación fue Alexander I. Oparin en 1924: «La peculiaridad específica de los organismos vivos es que solo en ellos se ha reunido e integrado una combinación extremadamente compleja de un gran número de propiedades y características que están presentes, en forma aislada, en diversas entidades inorgánicas e inertes.»¹⁵ Es decir, la vida no está caracterizada por propiedades especiales, sino por una combinación específica de esas propiedades. Esto implica, por supuesto, que no la podemos definir sobre la base de una sola propiedad o sustancia, y sugiere

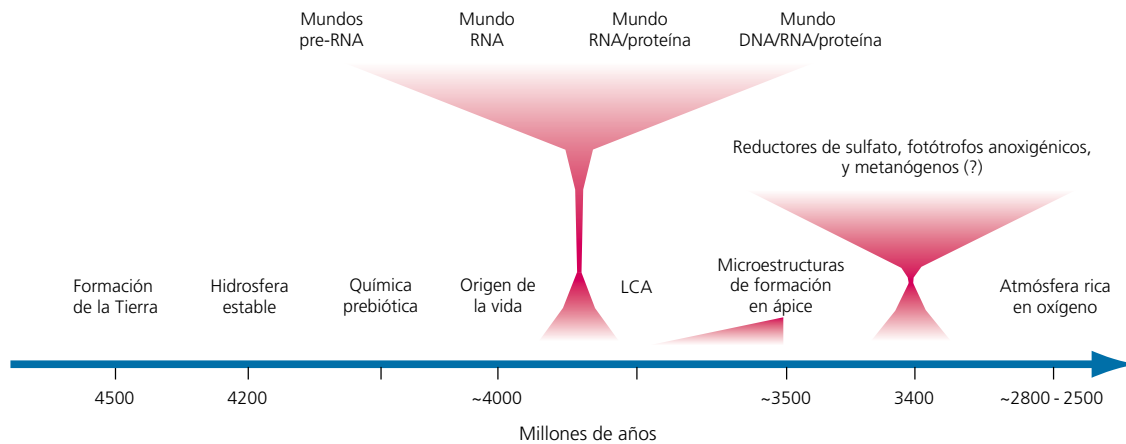


Figura 3. Cronología de los acontecimientos claves en el origen y primera evolución de la vida

LCA: último ancestro común. Fuente: Adaptada de Becerra et al.¹⁶

que la aparición de los primeros sistemas vivos fue el resultado del surgimiento y la coevolución sincrónica de sus componentes básicos (fig. 3).

Si bien no sabemos cómo aparecieron los primeros organismos, lo escrito por Oparin permite dejar de lado discusiones sobre si entidades como los virus o el RNA catalítico están vivos o no. Estas disputas, a menudo, están basadas en un énfasis excesivo en algunas de las propiedades que observamos en los seres vivos, como ocurre con los liposomas replicativos o las reacciones químicas no enzimáticas que recuerdan a algunos procesos metabólicos. Es cierto que las evidencias experimentales y analíticas sugieren que antes de que apareciera la vida existía una enorme variedad de moléculas orgánicas, incluyendo aminoácidos, bases nitrogenadas y compuestos capaces de formar membranas. También es verdad que la formación de micelas y liposomas y las asociaciones entre minerales y compuestos orgánicos son ejemplos de autoorganización que pudieron haber tenido lugar en épocas prebióticas sin el concurso de información genética. Estos sistemas deben haber sufrido transformaciones complejas, pero todo cuanto sabemos de la biología indica que la vida no pudo haberse originado en ausencia de un mecanismo genético que garantizara la estabilidad y evolución de sus componentes esenciales. A pesar de muchas especulaciones publicadas, la vida no puede ser

entendida en la ausencia de material genético y la evolución darwiniana. Como afirmó alguna vez Stephen Jay Gould,¹⁷ para entender la naturaleza de la vida tenemos que reconocer tanto los límites impuestos por las leyes de la física y la química, como por la contingencia histórica. #

.....
Antonio Lazcano
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
 DE MÉXICO

► Bibliografía

- Schrödinger E.: *What is Life?* Cambridge, Cambridge University Press, 1944.
- Yoxen E.J.: «Where does Schrödinger's *What is Life?* belong in the History of Molecular Biology? *History of Science* 1979; 17 (35): 17-52.
- Pauling L.: «Schrödinger's contribution to chemistry and biology». En C.W. Kilmister (ed.): *Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath*. Cambridge, Cambridge University Press, 1987: 225-33.
- Perutz M.: «Erwin Schrödinger's What Is Life? and molecular biology». En C.W. Kilmister (ed.): *Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath*. Cambridge, Cambridge University Press, 1987: 234-51.
- Haldane J.B.S.: «The biochemistry of the individual». En J. Needham, D.E. Green (eds.): *Perspectives in Biochemistry*. Cambridge, Cambridge University Press, 1937: 1-10.
- Morange M.: «The resurrection of life». *Origins Life Evol Biosph* 2010; 40: 179-182.

- Lazcano A.: «*What Is Life?* A brief historical overview». *Chemistry and Biodiversity* 2008; 5: 1-15.
- Fox Keller E.: *Making sense of life: explaining biological development with models, metaphors, and machines*. Cambridge, Harvard University Press, 2002.
- Fenchel T.: *Origin and early evolution of life*. Oxford, Oxford University Press, 2002.
- Lewontin R., Levins R.: *Biology under the influence: dialectical essays on ecology, agriculture and health*. Nueva York, Monthly Review Press, 2007.
- Szathmary E., Santos M., C. Fernando: «Evolutionary potential and requirements for minimal protocells». *Top Curr Chem* 2005; 259: 167.
- Fry I.: *The Emergence of Life on Earth*. New Brunswick, Rutgers University Press, 2000.
- Dawkins R.: *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Evolution*. Boston, Houghton & Mifflin, 2004.
- Morange M.: *Life explained*. New Haven, Yale University Press, 2008.
- Oparin A.I.: *Proiskhozhdienie Zhizni*. Moscú, Mockovskii Rabochii, 1924. Traducido y reimpresso en: J.D. Bernal, ed. *The Origin of Life*. Londres, Weidenfeld and Nicolson, 1967.
- Becerra A., Delaye L., Islas S., Lazcano A.: «The very early stages of biological evolution and the nature of the last common ancestor of the three major cell domains». *Annu Rev Ecol Syst* 2007; 38: 361-79.
- Gould S.J.: «'What is life?' as a problem in history». En M.P. Murphy, L.A.J. O'Neill (eds.): *What is Life? The next fifty years*. Cambridge, Cambridge University Press, 1995: 25-39.