

La vida desde una perspectiva física

FAVIO CALA VITERY Y JUAN CAMILO ESPEJO

¿Qué es la vida? Cualquier intento por definir la vida como fenómeno natural ha resultado controversial. Hay quienes incluso hoy consideran, como lo hiciera Aristóteles, que la cuestión carece de sentido ya que la vida es un hecho irreducible de la naturaleza.

En los libros de texto de biología básica, la vida se suele definir en función de una serie de propiedades que en conjunto permiten distinguir sistemas vivos u organismos de sistemas inertes. Aunque algunas de estas propiedades –el movimiento, por ejemplo– pueden ser observadas en materia inerte, se argumenta que lo no-vivo no satisface el listado completo de propiedades.

La lista de propiedades que como etiquetas se asignan a lo vivo, varía dependiendo del énfasis de los autores. Digamos aquí que los seres vivos crecen, metabolizan, se reproducen, mueren, tienen aparatos o estructuras funcionales complejas y organizadas, también poseen variabilidad hereditaria y descendencias sucesivas que evolucionan en períodos de tiempo que dependen de cada especie.

En el siglo xx y entrado el xxi, ha persistido algún defensor de la vieja escuela vitalista según la cual la complejidad de los fenómenos biológicos no puede ser resumida por las leyes causales de la física y la química.

Pero el siglo xx fue el siglo que vio emerger la biología molecular, la bioquímica y el estudio de la dinámica de interacciones no lineales con técnicas computacionales, y todas estas disciplinas de algún modo obligan a replantear el interrogante sobre la naturaleza de la vida.

Como su nombre indica, la biología molecular introduce la perspectiva molecular en el estudio de la estructura y de los procesos biológicos; la bioquímica revela a las células como cierto tipo de máquinas fisicoquímicas y la dinámica computacional no lineal permite pensar en la descripción física de sistemas complejos, como los biológicos, conformados por gran número de partículas.

Estarían dadas, por ello, las condiciones para si no explicar al menos describir todo el listado de propiedades y procesos que caracterizan la vida como fenómeno natural a partir de las leyes que regulan los sistemas físicos. Con todo, todavía en el siglo xx y entrado el xxi, ha persistido algún defensor de la vieja escuela vitalista; aquella según la cual la complejidad de los fenómenos biológicos no puede ser resumida por las leyes causales de la física y la química.

Hopkins (1913), uno de los padres de la bioquímica, y Haldane (1931), por mencionar algunos, rechazaron la reducción de los fenómenos biológicos a explicaciones mecanicistas ya que veían profundas diferencias entre los comportamientos de los sistemas físicos y los biológicos. El vitalismo, entonces, exige la postulación de algún tipo de principio activo independiente de las leyes de la física para, por decirlo de algún modo, inyectar el soplo de vida a la materia inerte. El panorama actual, como veremos, es otro.

Una vez descartadas perspectivas como la del vitalismo o su pariente reciente el diseño inteligente, surge, como consecuencia del desarrollo de la ciencia, una visión de la vida en la que no se deben adicionar principios diferentes a los que se han introducido en la descripción del resto de la naturaleza. Desde la física, el fenómeno que llamamos *vida* debería ser entendido acudiendo entonces a las nociones de materia, interacciones fundamentales, espacio y tiempo.

En otras palabras, los fenómenos biológicos deberían admitir una explicación mecanicista. Esta tarea, sin embargo, está lejos de ser sencilla. Reducir la gran complejidad de la vida a movimiento de átomos y moléculas, si bien es algo imaginable en principio, plantea al menos tres grandes retos, uno de los cuales deja a semejante empresa por fuera de toda posibilidad práctica, al menos si se busca una descripción cuántica del movimiento de los átomos y moléculas:

¿Cómo puede la información genética emerger a nivel molecular si los ensamblajes de átomos se comportan estadísticamente?

¿Cómo pueden los sistemas biológicos mantener su orden interno ante el imperativo de la segunda ley de la termodinámica que establece que todos los sistemas naturales incrementan su entropía?

¿Es posible registrar y procesar toda la información asociada con el movimiento de los átomos en un sistema de complejidad biológica?

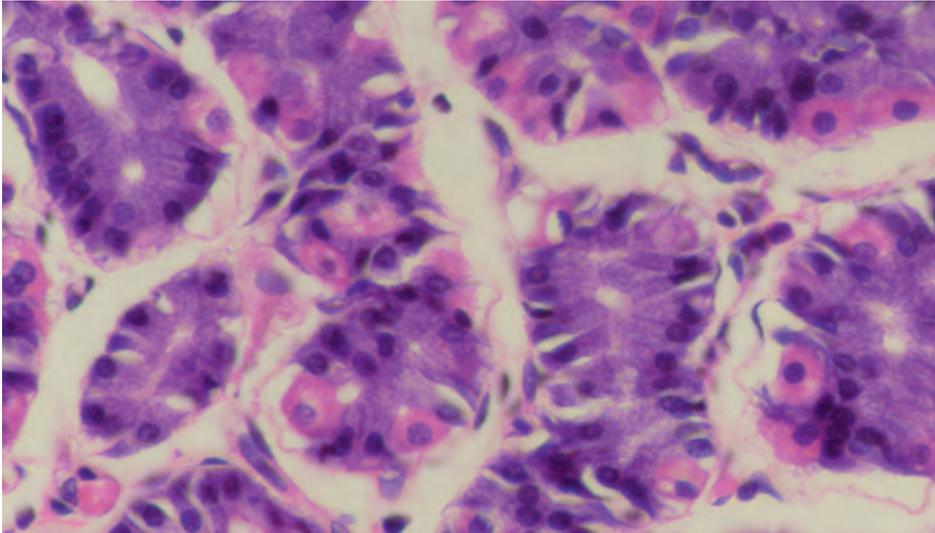
Las primeras dos preguntas fueron advertidas por Schrödinger, uno de los padres de la mecánica cuántica, hace ya 67 años en su famoso libro *¿Qué es la vida?* (Schrödinger, 1944). Podríamos sintetizar estos retos en tres grandes desafíos: el del orden a partir del desorden, el del orden a partir del orden y el de la computabilidad. A continuación, veamos de qué se trata.

Orden a partir del desorden

A nivel nanométrico¹ la imagen del mundo que se nos presenta desde la física, es de conglomerados de átomos que se agitan y se mueven siguiendo trayectorias aleatorias si se



¹ El nanómetro es una mil millonésima parte de un metro. Grupos de decenas a centenas de átomos ocupan volúmenes nanométricos.



Células parietales (Wikimedia Commons, Creative Commons Attribution 3.0 Unported).

trata de sistemas gaseosos o líquidos; o de átomos que se encuentran vibrando alrededor de ciertas posiciones fijas que forman estructuras periódicas en el caso de los sólidos cristalinos.

Por lo tanto, desentrañar los mecanismos por los que surgió –y persiste– el orden molecular y supramolecular que se observa en los sistemas biológicos, a partir del movimiento caótico que hubo en un principio es todo un reto. Un fenómeno descubierto recientemente en el campo de la nanotecnología y que abre la puerta a la comprensión de la formación del orden a partir del desorden es conocido como el auto ensamble molecular, en donde moléculas depositadas sobre superficies de materiales sólidos se auto ordenan formando patrones que exhiben nuevas propiedades físicas y químicas. Se supone que dichas estructuras moleculares transmitieron este ordenamiento a nuevas generaciones de moléculas a través de complejas redes de reacciones químicas (Sowerby, 1998).

► Arriba - Desde la física, el fenómeno *vida* debería ser entendido acudiendo a las nociones de materia, interacciones fundamentales, espacio y tiempo.

Desde la física, el fenómeno que llamamos *vida* debería ser entendido acudiendo a las nociones de materia, interacciones fundamentales, espacio y tiempo.

Desentrañar los mecanismos por los que surgió –y persiste– el orden molecular y supramolecular que se observa en los sistemas biológicos, a partir del movimiento caótico que hubo en un principio, resulta todo un reto.

Orden a partir del orden

Según la termodinámica, todo sistema compuesto por muchos átomos debe evolucionar de tal manera que su entropía siempre va en aumento, es decir, su grado de desorden interno debe aumentar permanentemente hasta alcanzar un estado, conocido como equilibrio termodinámico, en el que no es posible almacenar información.

Ante esta dificultad, y la aparente violación a esta ley que exhiben los sistemas vivientes, Schrödinger postuló, adelantándose casi una década al descubrimiento de la estructura del ADN, que la información genética debía estar almacenada en algún tipo de cristal aperiódico, lo que le permitiría sobrevivir a la agitación térmica y a las interacciones con el medio circundante.

Aunque su idea resultó completamente cierta, ahora sabemos que la estabilidad de los sistemas vivientes y en particular la de la información genética, no se debe solamente al sustrato material en el que se almacena la información, sino también a cierta estabilidad dinámica en las complejas redes de procesos bioquímicos que tienen lugar en las células y en sus interacciones con el medio ambiente. Los detalles de estas dinámicas y las razones detrás de su estabilidad constituyen un gran epicentro de la investigación actual, pero es un tema en el que aún hay muchas preguntas en discusión (Kauffman, 1995).

Computabilidad

El registro de toda la información asociada con el estado de los átomos y moléculas que componen un sistema biológico es una tarea imposible si se emplea la mecánica cuántica para su descripción. Este sería el imperativo si tomáramos una postura reduccionista. Con tan sólo mil electrones, se ocuparía todo el poder computacional actual de todos los computadores en el mundo, lo que deja sin posibilidades ese intento.

De otro lado, si suponemos por un momento que podemos desarrollar un modelo completo de una célula, por ejemplo, que pudiera reproducir todos

los procesos bioquímicos en su interior y que al final se comportara como una célula real, no sería mucho lo que habríamos aprendido o entendido acerca de dicha célula, dados los gigantescos volúmenes de información que tendríamos que analizar. Si bien hoy en día somos capaces de resolver y cuantificar a nivel subcelular e incluso a nivel molecular la dinámica espacio temporal de moléculas y procesos al interior de las células, se requiere de grandes esfuerzos en la integración de la información detallada que tanto experimentos como modelos proporcionan sobre procesos específicos, para ganar una visión comprensible de la totalidad del fenómeno de la vida (Wolgemuth, 2011).

Esta es la dirección en la que actualmente se desarrolla la investigación, que por su naturaleza interdisciplinaria, requiere del trabajo conjunto de biólogos, químicos y físicos.

El registro de toda la información asociada con el estado de los átomos y las moléculas que componen un sistema biológico es una tarea imposible, si se emplea la mecánica cuántica para su descripción.

FAVIO CALA VITERY es Físico y MSc de la Universidad Industrial de Santander, y MSc y PhD de la Universidad Autónoma de Barcelona. Ha escrito artículos sobre historia y fundamentos de la cosmología, la termodinámica y la mecánica cuántica. Actualmente, dirige el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

JUAN CAMILO ESPEJO es Físico y MSc de la Universidad Nacional de Colombia. Desde 2003 es docente asociado en el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Actualmente, adelanta estudios de doctorado en nanociencias y nanotecnología en el CINVESTAV, Querétaro, México.

Referencias

- HALDANE, J.S. *The Philosophical Basis of Life*. Doubleday. Garden City. 1931.
- HOPKINS, F.G. *The dynamic side of biochemistry, Report of the British Association*. 1913 [1949] págs 652-658.

KAUFFMAN, S. *¿Qué es la vida?: ¿tenía razón Schrödinger? En La biología del futuro. ¿Qué es la vida? Cincuenta años después.* Tusquets Editores (Metatemas 58), págs 117-159, Barcelona, 1999.

SCHRÖDINGER, E. *¿Qué es la vida?*, Tusquets Editores (Metatemas 1), Barcelona, 1983.

SOWERBY, S. and HECKL, W. *The role of Self-Assembled Monolayers of the Purine and Pyrimidine Bases in the Emergence of Life, Origins of Life and Evolution of Biospheres* 28 (1998), págs. 283-310.

WOLGEMUTH, C. *Does Cell Biology needs Physicists?*, Physics 4 (2011), pp. 4.



INDICACIONES PARA AUTORES

La Revista *EXPEDITIO* es una publicación trimestral de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, que publica artículos de investigación, manuscritos de reflexión y textos de revisión, enfocados en el área de gestión del conocimiento (ciencias humanas, arte y diseño; ciencias naturales e ingeniería; ciencias económicas y administrativas; ciencias jurídico-políticas y relaciones internacionales).

Los interesados en publicar en *EXPEDITIO* deben tener en cuenta las indicaciones, de manera cuidadosa, antes de enviar sus propuestas. Los textos contarán con una revisión realizada por el Editor y por el Comité Editorial de la revista, quienes podrán sugerir cuáles tienen las condiciones idóneas para ser sometidos a evaluación por parte de árbitros y para ser publicados.

La recepción de artículos para la revista *EXPEDITIO* es de periodicidad continúa.

GUÍA BÁSICA

- ▶ Los artículos serán entregados, vía correo electrónico, en la dirección expeditio@utadeo.edu.co, como archivos adjuntos. Una vez recibido cada correo, se enviará un acuse de recibo (sin la respuesta, *EXPEDITIO* no se hará responsable de los mensajes y/o archivos enviados). También podrá entregarse una copia, en físico, en el módulo 15, oficina 302, de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- ▶ Al momento de presentar su artículo, el autor acepta que “el texto expone resultados originales, que no está siendo considerado para darse a conocer en otra publicación y que corresponde con las normas vigentes de derechos de autor y propiedad intelectual”.
- ▶ Cada uno de los manuscritos será evaluado por dos árbitros seleccionados de una lista de expertos, quienes podrán sugerir posibles modificaciones, cuando lo consideren pertinente. El Editor se encargará de gestionar, en un tiempo no mayor a dos semanas (quince días), las modificaciones sugeridas por los árbitros con los autores.

ESTRUCTURA GENERAL

- ▶ Los artículos deberán contener, en página inicial, el título del trabajo, así como el nombre completo, el domicilio (institución, departamento, facultad, etc.; calle, número, ciudad, departamento, país) y el correo electrónico del autor. En caso de que sea un texto escrito por varios autores, se deberán incluir los datos de quien ejerce como responsable del mismo.
- ▶ Para asegurar que el arbitraje sea objetivo, el artículo será enviado a los árbitros sin el nombre del/los autor/es.
- ▶ Formato: Los artículos tendrán una extensión no mayor a 7 páginas, y serán presentados en hojas tamaño carta ó A4, fuente tipo Arial de 12 puntos, a espacio sencillo, en archivo .doc (Microsot Word).
- ▶ Los títulos y entretítulos con los que cuente el artículo, deberán resaltarse utilizando fuente negrilla y MAYÚSCULAS.
- ▶ Será indispensable la inclusión de un resumen del artículo, en español e inglés, no superior a 400 caracteres; así como un grupo de cinco palabras clave, también en ambos idiomas.
- ▶ Se debe incluir, al final del artículo, un perfil del/los autor/es, con una extensión máxima de 400 caracteres, mencionando títulos académicos y ocupación actual.

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ La bibliografía del artículo debe incluirse, sin excepción, de acuerdo a las normas de la American Psychological Association, APA, para la confección de Referencias Bibliográficas, e incluirse en el cuerpo de texto, así: (apellido, año, página).
- ▶ La bibliografía será presentada, al final del artículo, de la siguiente forma:

Para libros:

Watson, J. (2008). *Molecular biology of the gene*. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings.

Para capítulos de libro:

Keim, P. (2005). La vida en el universo. En R.G.Breeze (Eds.), *Visión universal*. (pp. 99-107). Amsterdam: Elsevier Academic Press.

Para artículos en revistas:

RODRÍGUEZ-PÉREZ, M. (2005). Herramientas moleculares para el combate de la oncocercosis en México. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 47 (3-4), 112-129.

Para referencia de páginas web:

López, C. (2007-2009). *Gestión del conocimiento organizacional*. Madrid: Gestipolis. Tomado de www.gestipolis.com

Para referencia de artículo de revista en línea:

Cavero, T. (2011). Erradicar la pobreza extrema y el hambre. *Estudios de Política Exterior*, 11(55), 89-103. Recuperado de <http://www.politicaexterior.com/articulo?id=4534>

GRÁFICOS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

- ▶ Cuando la entrega de los artículos se realice vía correo electrónico, los archivos correspondientes a gráficos, tablas y fotografías deberán enviarse como adjuntos, independientes del correspondiente al artículo.
- ▶ En caso de realizar la entrega del artículo en formato físico, tales materiales se deberán adjuntar, aparte del manuscrito, en un disco compacto.
- ▶ El material correspondiente a gráficos y tablas debe estar correctamente citado dentro del artículo y ser entregado, en formato Excel, incluyendo 1) la tabulación de los datos y 2) la manera en la que se verá la proyección una vez terminada.
- ▶ En cuanto a fotografías, cada una de ellas debe estar en formato JPG o TIFF, con una calidad de resolución de 300 puntos por pulgada (dpi).

FRANCISCO BUITRAGO CASTILLO

Editor

luisf.buitrago@utadeo.edu.co

Teléfonos: 242 7030, ext. 1158 – 318 736 6218