

Filosofía de la biología. De una definición formal de 'vida' hacia una teoría general de la 'vida': simbiogénesis y educación

Miquel Amorós Hernández*

Resumen

En este trabajo se realiza una discusión acerca de los dos principales tipos de definiciones del concepto de «vida» biológica, las replicacionales y las metabólicas. Para ello se muestran algunas de las debilidades de ambas, del concepto mismo de «definición», y se concluye que tal vez sería una mejor estrategia el proporcionar algún esbozo acerca de una teoría general de la vida vinculada a una teoría de la educación. Esta teoría se fundamentaría en la función biológica de la relación, la función que ha contribuido al desarrollo evolutivo de los sistemas cognoscitivos. Se propone que la relación está en la base de los procesos evolutivos de la simbiogénesis, proceso de indudable importancia pedagógica, dado que la relación entre el educando y el educador es de tipo dialógico simbiogénico.

Palabras clave

Vida, replicación, metabolismo, relación, simbiosis, simbiogénesis, educando, educador.

Recepción original: 21 de julio de 2020

Aceptación: 8 de octubre de 2020

Publicación: 1 de junio de 2021

Para Olga

Introducción

La filosofía de la ciencia debería incluir a la filosofía de la biología entre sus campos preferentes de estudio, tanto por el interés filosófico que posee una ciencia empírica del mismo *status* epistemológico que las ciencias fisicoquímicas, como por la necesidad de disponer de conocimientos y de herramientas de análisis relativos a la biología. Ésta es una de las ciencias cuyas tecnologías derivadas más incidirán en las vidas futuras de los seres humanos. La filosofía de la biología es el área de investigación de mayor interés en la filosofía de la ciencia contemporánea (Diéguez, 2012, p. 16).

Las técnicas o disciplinas de la clonación, epigenómica, modificación genética, bioética, conservación del medio natural y de las especies, creación de vida artificial, o la posibilidad de una exobiología, son todas ellas derivadas de la biología; su alcance e interés filosófico no es menester justificarlo aquí. Los problemas que plantean competen a la filosofía, de hecho, uno de los principales problemas filosóficos que conciernen a la Nueva Biología es el de dotar de sentido a la investigación (Jouve, 2008, pp. 308-309).

La aporía filosófica entre *condición humana* y *naturaleza humana*, o entre cultura y genética, se muestra como un pseudoproblema (Wilson, 1999, p. 210): existe una función coevolutiva de tipo simbiótico entre genes y cultura (Castro *et al.*, 2008, p. 107). El mismo

(*) Licenciado en Biología, Pedagogía y Filosofía. Doctor en Pedagogía. Profesor asociado en el Departamento de Teoría e Historia de la Educación, Facultad de Educación, Universidad de Barcelona. Dirección electrónica: miquelamoros@ub.edu

filósofo es un ser biológico, además de un ser de cultura, dada la doble articulación antropológica del ser humano como ser biológico y ser de cultura.

La aporía cartesiana entre *res cogitans* y *res extensa* es hoy trascendida y reunificada por la biología, allende la mera historiografía del pensamiento especulativo filosófico, mediante el conocimiento derivado de la aplicación empírica del método científico: el conjunto de operaciones neurofisiológicas denominadas 'mente' emanan del complejo cuerpo-cerebro en interacción relacional ecológica con el ambiente, codeterminado por el propio organismo (Damasio, 1999, p. 17).

Sin embargo, todo pensar más o menos especializado no está desinserto de todas las otras formas de pensamiento, especialmente si intenta responder al denominado 'hechizo jónico' (Wilson, 1999, p. 11), que trata de subsumir todo el conocimiento en una 'teoría total del Universo', ante la que no son lícitas las simplificaciones mutilantes del conocimiento (Morin, 2011, p. 22). Tal vez sea ésta, la aspiración más noble de todo filósofo, el buscar a través del uso de su mente el sentido que no puede proporcionar por sí sólo el mero conocimiento científico (Skolimowski, 2016, p. 17), la conversión de la materia en significado o el explorar la transformación de la naturaleza en conocimiento por parte de nuestra mente (Gumbrecht *et al.*, 2010, p. 43).

Las cuestiones filosóficas enunciadas en las líneas anteriores derivan, según nuestro parecer, de un problema filosófico mucho más fundamental, que dio título a uno de los libros más brillantes escritos por Erwin Schrödinger: *¿Qué es la vida?* Este trabajo constituye nuestra particular aproximación a este problema fundamental, al hecho causante del asombro, padre de todo filosofar, de la singularidad cósmica de la vida en nuestro planeta, y de la aparición coevolutiva con ella de la cognición (Wuketits, 1990, p. 53).

Planteamiento del problema: inexistencia de una definición de 'vida' aceptable por todos

En este trabajo nos centraremos en un punto esencial, correspondiente tanto a la biología como a la filosofía, que es la problemática referida a la definición de 'vida'. El principal problema es que no existe una definición de 'vida' que sea unánimemente aceptada (Diéguez, 2012, p. 25). De hecho, algunos autores propugnan la poca utilidad de una definición de 'vida' sin una previa teoría general de la 'vida' que la incluya o, más radicalmente, estiman improbable la consecución de una teoría general de este tipo en el seno de la actual biología o de su utilidad (Sober, 2016, pp. 459-460).

Junto con la nutrición (metabolismo) y la reproducción (replicación del DNA), la tercera función biológica es la de la relación: conocer el entorno, adquiriendo información acerca de los parámetros básicos que lo definen, y de los valores que adoptan sus variables, y procesar esta información regulando el comportamiento de acuerdo a ellos, de manera adaptativa, para dar una respuesta, parece ser una característica esencial para el desarrollo de la 'vida' (Diéguez, 2011, p. 13). Sin embargo, en las definiciones de 'vida' se ha tendido a conceder menos importancia a la función de relación que al metabolismo o la replicación.

Mientras que el metabolismo y la replicación del material genético hereditario son procesos fundamentalmente mecánicos, y que tienden a ofrecer una repetición constante de sus procesos –exceptuando la mutación genética, proceso aleatorio infrecuente y más probablemente neutro o perjudicial que ventajoso–, las capacidades cognitivas

pueden ofrecer una respuesta más rápida y fluida que la respuesta basada en la modificación de la genética, a los desafíos que plantea un entorno cambiante (Diéguez, 2011, p. 14). Especialmente en los Vertebrados (*Chordata, Craniata*), en los que el Sistema Nervioso Central aparece fuertemente encefalizado, el grado de libertad comportamental, más allá de lo programado genéticamente, merece propiamente el nombre de 'cognición'.

En sentido estricto, un sistema cognitivo es aquel capaz de tener representaciones mentales. Por ello, atribuimos 'cognición' de modo exclusivo, a los organismos que están dotados de un sistema nervioso, pues es en éste en donde acaecen los sistemas de representaciones (Diéguez, 2011, p. 65). Este es el uso del concepto 'cognición' que haremos servir en este trabajo referido a los seres vivos biológicos.

Como 'representación' se entiende una modificación permanente en el nivel celular de las estructuras moleculares necesarias para captar y metabolizar las sustancias químicas presentes en el medio o, en organismos superiores, el establecimiento de sinapsis o conexiones neuronales (Changeux, 2005, p. 45), cuya permanencia en el tiempo recibe el nombre de asambleas neuronales de Hebb o huellas psíquicas (Ansermet y Magistretti, 2010, pp. 88-89).

Los organismos con funciones cognitivas son aquellos capaces de poseer un sistema representacional relativo a la información procedente del entorno, de forma que estos sistemas portadores de información son capaces de interrelacionarse entre sí, posibilitando una mejor interacción con el entorno (Diéguez, 2011, p. 75). Como contraejemplo a este punto, un termostato sería, hasta cierto punto, capaz de tener cierto grado de estados internos con respecto a los cambios del entorno y de producir una respuesta. Pero no estaría vivo por estar desvinculada esta función del metabolismo y de la reproducción. Además, el mecanismo relacional de un termostato es notablemente más sencillo que cualquier sistema nervioso biológico (Diéguez, 2011, p. 75). Por un motivo análogo, un virus no es un ser vivo.

Improbabilidad de establecer una definición de 'vida' como declaración teórica de identidad

También la IA (Inteligencia artificial) y la VA (Vida artificial) pueden tener sistemas de representación análogos a los considerados para los vertebrados superiores, que ya aparecen, en su forma elemental en Invertebrados como el gasterópodo *Aplysia* (Kandel, 2007, p. 156), en este caso no basados en neuronas biológicas sino en redes neurales artificiales, tales como aquellas capaces de computar reglas gramaticales para producir representaciones de objetos (Pinker, 2009, p. 349), de ahí su interés para proceder a un estudio de anatomía y fisiología comparadas en una teorización general acerca de la 'vida' y de la 'cognición'.

En base a ello, en la consecución de una teoría general de la 'vida' vinculada a la cognición en el sentido antes explicitado, puede ser útil considerar la relación de la vida biológica tanto con la vida artificial (VA) como con la inteligencia artificial (IA) (Bedau y Cleland, 2016, p. 447). La comparación de la 'vida' y la cognición biológica con la VA y la IA puede mostrar cuales son las características esenciales de las dos primeras. Sin embargo, en la simulación matemática por computadora tanto de la VA como de la IA, aparecen diversos problemas.

El primero lo constituye el hecho de considerar si la 'vida' o la cognición precisan de unos elementos materiales determinados para darse –por ejemplo, basados en la química orgánica–, o bien, si bajo una perspectiva funcionalista, las propiedades características de ambas pueden darse con independencia de la materia que las constituye como substrato.

Éste ha sido un problema para la filosofía, tanto en lo referido a la filosofía de la mente, como a la filosofía de la biología. En el ámbito de la filosofía de la mente y del lenguaje el debate se dio entre los defensores de la teoría de la identidad y los paladines del funcionalismo. Para los primeros, todos los objetos mentales corresponden a entes físicos, siendo, además, todas las propiedades mentales propiedades físicas (Sober, 2016, p. 462).

Para los segundos, las propiedades mentales pueden manifestarse con independencia de un determinado substrato material. El objeto y la propiedad no son equivalentes, un objeto está constituido por ciertos materiales, por el contrario, una propiedad dada, o un conjunto de propiedades, entendidas como función o conjunto de funciones, puede darse con independencia de las muy diferentes condiciones estructurales y materiales que sustentan la función.

Por ejemplo, una trampa para cazar ratas tiene una función clara, que puede darse partiendo de muy diferentes elementos materiales, desde una jaula de captura hasta un cepo (Sober, 2016, pp. 461-463). Tanto el funcionalismo como la teoría de la identidad aceptan un monismo respecto al problema mente/cuerpo, eliminando en lo posible cualquier intervención metafísica como la que implicaría una posición dualista

La VA y la IA implican, a su vez, una posición funcionalista: la función representacional cognitiva puede tener como substrato neuronas, pero también soportes informáticos de silicio u otros materiales. Pensamos que es la más adecuada en aras a una formulación de una teoría general de la vida en base a la comparación con respecto a la VA y la IA.

Desde la perspectiva de la lógica y la filosofía del lenguaje ha sido aducida la improbabilidad de que el esfuerzo definitorio rinda frutos apromblemáticos, debido a las dificultades que plantean tanto la naturaleza de las definiciones como a las denominadas declaraciones de identidad teórica (Cleland y Chyba, 2016, p. 661). Por otra parte, en el caso de ser factible el formular una definición de 'vida', ésta deberá tener presente la posibilidad de la adición de propiedades características hasta ahora desconocidas, tales como son las derivadas o del aspecto fenomenológico estructural (composición bioquímica alternativa a la de la química orgánica basada en el carbono) o del aspecto fenomenológico funcional (descripción de nuevas funciones biológicas hasta ahora desconocidas).

Por todo ello, parece más plausible una formalización lógica de tipo disyuntivo y, por ello abierta y en continua revisión (Diéguez, 2012, p. 42), que no una formalización conjuntiva cerrada. De ahí la improbabilidad de llegar a una definición de 'vida' formalmente clausurada.

Así, si consideramos la definición de sistema concreto, S , de Bunge, podemos definir un objeto biológico dado como un sistema concreto si y sólo si es representable de forma adecuada por la terna ordenada de los conjuntos (Bunge, 2002, p. 100):

$$m = \langle \text{composición de } S, \text{ ambiente de } S, \text{ estructura de } S \rangle$$

De este modo, parece lógico suponer que todo intento de definición de 'vida' debe tener en cuenta las funciones biológicas, la relación con el ambiente de las mismas, y la arquitectónica física que las sustenta.

Problemas que ofrecen las 'definiciones'

Desde el punto de vista estrictamente filosófico, una definición consta de dos partes: la expresión a definir –el *definiendum*– y la expresión de la definición –el *definiens*–. Bajo el término 'definición' se comprenden objetos lingüísticos muy diferentes, lo que, sin duda afecta, ya de partida, todo intento de dar una definición de 'vida', tanto en cuanto a 'vida' como a 'definición'. Comprender este punto es esencial para arribar a la conclusión de la improbabilidad de dar una definición acerca de una categoría natural como es 'vida'.

De entre la diversidad de objetos que son conocidos como 'definición' existen, en primer lugar, las denominadas 'definiciones lexicográficas', que exponen, tal como sucede con las definiciones de un diccionario, los significados de los términos mediante un lenguaje natural (Cleland y Chyba, 2016, p. 668). Su principal problema lógico lo constituye que frecuentemente utilizan otros términos en una relación circular, cuando no tautológica.

Otro grupo lo constituyen las 'definiciones estipulativas' o 'técnicas' de los términos a definir. Se suelen caracterizar por dotar de nuevos significados, técnicos, a términos anteriormente utilizados, de forma arbitraria. Baste considerar, como ejemplo, la definición de 'electrón'.

Un tercer grupo lo constituyen las 'definiciones ostensivas', que definen el *definiendum* en base a una colección de ejemplos prototípicos relativos a la *extensión* del término: el conjunto de objetos que se incluyen en el *definiens* (Cleland y Chyba, 2016, p. 669). Éstas son especialmente importantes en la sistemática y taxonomía biológica constitutivas de la clasificación en tipos biológicos de los objetos vivos.

Vinculadas con ellas están las 'definiciones operativas' que no señalan ejemplos que puedan caer dentro del campo de significado de la definición, pero que apuntan las condiciones necesarias y suficientes para que un objeto incógnito pueda ser incluido como elemento perteneciente al campo de significado de la definición (Cleland y Chyba, 2016, p. 669). Son especialmente interesantes en función de permitir declarar si una forma desconocida de 'vida' –por ejemplo, de posible origen exobiológico– podría ser reconocida como viviente.

Sin embargo, las definiciones con un más elevado carácter informativo son las denominadas 'definiciones totales, completas o ideales'. Éstas excluyen, por principio, del *definiens* toda sinonimia con respecto al *definiendum*. El objetivo lógico es tanto la evitación de la referencia circular en la definición, como el establecimiento de la especificación de las *condiciones necesarias y suficientes* en su aplicación (Cleland y Chyba, 2016, p. 670). Una condición *necesaria* impone el hecho de que el incumplimiento de la presencia de esa propiedad en el objeto lo deje fuera del campo abarcado por un término dado; una condición suficiente es aquella que implica que el hecho de su presencia corresponda con la plena aplicabilidad del término al objeto.

Existen tanto definiciones de 'vida' que podrían incluir objetos que normalmente no serían aceptados como seres vivos, como otras que dejan fuera de ellas a seres tenidos comúnmente por vivos. Aparece aquí el problema de los 'casos límite', tal como son los

virus e, incluso los posibles casos de Vida Artificial (VA), entre otros. Esto es así debido a que las 'definiciones ideales' funcionan bien con términos u objetos que designan categorías correspondientes a los intereses y preocupaciones humanos, pero no proporcionan una buena solución en cuanto a la identidad de las categorías naturales (Cleland y Chyba, 2016, p. 671). Tal podría ser el caso, probablemente, de 'vida' que representa un hecho objetivo relacionado con el mundo natural (Cleland y Chyba, 2016, p. 675), poco vinculado a los términos conceptuales relacionados con los intereses humanos.

Otra estrategia seguida en el intento de resolución del problema ha sido proponer meros listados de propiedades características de la vida. El resultado ha sido la aparición de los mismos problemas comentados con respecto a las definiciones formales (Cleland y Chyba, 2016, pp. 663-664). El problema acerca de la naturaleza de las definiciones y su relación con las categorías naturales es un problema genuinamente filosófico de suma importancia para la taxonomía y sistemática biológicas (Cleland y Chyba, 2002, pp. 387-393).

En este sentido ha sido apuntado que la respuesta al interrogante ¿qué es la vida? iría en la línea, más que de una definición formal, de la formulación de una teoría general de la vida (Cleland y Chyba, 2016, p. 662), especialmente si se persigue la utilidad de la misma en la búsqueda de la probable vida exobiológica.

Pero, previamente a la formulación de una declaración teórica de identidad sobre la 'vida', se muestra necesaria una teoría general que verse acerca de las propiedades de los sistemas vivos. El problema en este punto lo constituye la imposibilidad lógica de formular una generalización inductiva a partir de la única 'vida' que conocemos: la del planeta Tierra (Cleland y Chyba, 2016, pp. 676-677).

Contra esto podría argumentarse en base a la existencia de la diversidad biológica terrestre, que podría ofrecer un conjunto de ejemplos estadísticamente significativos para poder hacer una generalización inductiva confiable acerca de qué sea la 'vida'. Sin embargo, el monofiletismo sistemático de todos los organismos a partir de un origen de la vida único hace 3500 MA, así como la bioquímica basada en la química orgánica del carbono en el aspecto estructural, muestran claramente que nos falta un *tertium comparationis* para poder establecer una teoría sólida (Cleland y Chyba, 2016, pp. 677-678). Nuevamente, la perspectiva funcionalista puede ser útil en la teorización.

En este punto, para poder construir una teoría empírica dotada tanto de solidez desde la filosofía de la ciencia como desde la ciencia biológica podríamos recurrir a la vida exobiológica si la hubiere o pudiese ser detectada, cosa ciertamente dificultosa dado que carecemos por el momento de una teoría general de los sistemas vivos o de una definición formal sin contraejemplos o excepciones. Entonces, ¿dónde buscar? Probablemente un buen modelo lo constituyan sistemas artificiales tales como la VA y la IA.

Como entidades dotadas de VA entendemos aquellas que se basan en programas informáticos que producen simulaciones análogas con respecto a la vida biológica. Debe tenerse en cuenta que una simulación de la vida biológica no es exactamente 'vida', y por ello no pueden caracterizarse como entes vivos biológicamente. Sin embargo, ello no les resta utilidad como modelos para comprender qué es la 'vida'.

Ontología de la 'vida'. Crítica de las definiciones metabólicas de la 'vida'

La inexistencia de una definición comúnmente aceptada de 'vida' acarrea unos problemas de interés filosófico, algo a lo que, al parecer, no han prestado excesiva atención los biólogos (Diéguez, 2012, p. 23). Sin embargo, las diversas tentativas de formalizar la definición de 'vida' se han sucedido en el tiempo, habiendo sido recopiladas la mayoría de ellas en un extenso ensayo (Popa, 2004).

Se han propuesto diferentes definiciones¹ –metabólicas, genéticas o darwinianas, bioquímicas, fisiológicas y termodinámicas– que pueden ser englobadas básicamente como pertenecientes a dos conjuntos de definiciones diferentes (Diéguez, 2012, p. 32): 1) aquellas que hacen referencia a la componente metabólica de la vida, y 2) aquellas otras que hacen referencia a la componente replicativa de la misma. Ambas se sobreentienden insertas bajo la perspectiva de la evolución: la teoría de la evolución muy probablemente es la única teoría que explica los fenómenos asociados a la vida, siendo más que una mera teoría local referida a la vida sobre la Tierra (Dawkins, 2016, p. 731). En este apartado procederemos a un análisis crítico de las definiciones metabólicas, dejando para el siguiente el análisis de las replicativas.

Las definiciones de tipo metabólico hacen hincapié en la capacidad de los organismos para la transformación de la materia y la energía para mantener la identidad del organismo como sistema en función del tiempo. Una de las variaciones más conocidas de las definiciones metabólicas es la teoría de la autopoiesis, que explicita que un sistema se organiza como una unidad en base a una serie de procesos de producción y destrucción de sus propios componentes, siendo éstos capaces de sintetizar y regenerar la red que los produce y que dotan al organismo de una identidad como unidad distinguible en el seno del dominio en el que existe (Varela, 1997, p. 75).

Las definiciones metabólicas propenden a priorizar el mantenimiento autopoietico de la identidad del organismo como condición mínima y previa a la función replicativa. La autopoiesis, es decir, la producción por parte del propio organismo de sus componentes hace referencia a las entidades separadas de su ambiente por una interfase o membrana semipermeable y que son capaces de metabolizar, es decir, de mantener y perpetuar bioquímicamente su identidad, en ambientes que fluctúan en sus variables componentes (Margulis y Olendzenski, 1996, p. 76).

El metabolismo habría aparecido de modo previo a las moléculas replicativas como el DNA y el RNA. Nótese que esto supone una prevalencia de las enzimas, las proteínas que catalizan las reacciones químicas del metabolismo, por encima de las moléculas replicativas como el DNA o el RNA. El metabolismo representaría la diferencia fundamental con respecto a los posibles seres de la Vida Artificial (Boden, 1999, pp. 231-248) y esto imposibilitaría su completa traslación a modelos informacionales, tales como los que maneja la Vida Artificial y la Inteligencia Artificial.

Como contrargumentos utilizados para establecer una crítica a las definiciones de 'vida' como 'metabolismo' ha sido apuntado que, primeramente, debiera ejecutarse una definición más precisa de 'metabolismo' más allá de las demasiado generalistas que se basan en mencionar la base constituida por los meros intercambios de materia y energía,

(1) Cf. i.e. Sagan, C. (1970) «Life» en Encyclopaedia Britannica, vol. XV, Encyclopaedia Britannica, Chicago.

que también se dan, por ejemplo, en las reacciones químicas de combustión abiótica (Diéguez, 2012, p. 39).

Trasladar la problemática a la especificación de que el metabolismo biológico precisa de enzimas, tampoco supone un avance excesivo en el intento de definir el fenómeno vital, dado que deriva el problema funcional a la propiedad material de la posesión por parte del organismo de tales proteínas enzimáticas (Diéguez, 2012, pp. 39-40).

Nosotros añadimos que considerar el metabolismo celular como prioritario, en función de proceder a definir la 'vida' con respecto a la posible alternativa que constituye la replicación de la información genética contenida en los ácidos nucleicos, plantea el problema de si es posible la vida sin moléculas replicativas, que a su vez contienen la información necesaria para construir las enzimas necesarias para efectuar el metabolismo.

El metabolismo y, con él la producción de las macromoléculas biológicas, precisa de un flujo de energía adecuado, de forma que la entropía –la medida del grado de desorden de un sistema– del sistema biológico –sea una molécula, sea el conjunto de todas las que constituyen una célula o un organismo– disminuya (incremento de la neguentropía), es decir construya su propio orden en base a la desorganización del entorno (Lane, 2016, p. 78).

Precisamente, el diferencial de neguentropía –entropía negativa, es decir, organización del sistema según una estructura más compleja– con respecto al medio, sería lo que permitiría a los organismos su organización como sistemas vivos con respecto al medio inerte, estando esto en la base tanto de la organización de la información genética –lo que Schrödinger denominó 'cristal aperiódico' (Schrödinger, 2005, p. 37), previo al descubrimiento de la estructura molecular del DNA por Watson y Crick– como del metabolismo (Schrödinger, 2005, p. 45).

Para finalizar la crítica al grupo de definiciones de 'vida' que priorizan el metabolismo, este último no es posible sin las enzimas que catalizan las rutas y vías metabólicas. A su vez, la síntesis de las proteínas enzimáticas proviene de la traducción ribosómica de los mRNA, y éstos, a su vez, de la transcripción de la cadena con sentido de la doble hélice del DNA. Es decir, la función metabólica es dependiente de las moléculas replicativas de la información genética celular, el DNA y los RNA.

Como conclusión final, pensar el mismo metabolismo como una función biológica capaz de permanecer en el devenir del tiempo por sí misma, sin ir coligada con alguna estructura replicativa informacional, equivale a algo similar a considerar un análogo de las teorías de la generación espontánea, hoy desacreditadas en biología (Fernández, 2015, p. 189), con la excepción de la emergencia original del primer protocito hace 3500 MA. Este hecho singular e irreplicable muestra, por cierto, el carácter de narrativa histórica de la evolución biológica.

Ontología de la 'vida'. Crítica de las definiciones replicativas de la 'vida'

En el otro extremo, si consideramos el conjunto de definiciones de 'vida' que hacen más incidencia en la componente replicativa, basada más en los ácidos nucleicos que no en el metabolismo, pese a la importancia inicial que le otorgan a la estructura física de la materialidad de la 'vida' –en especial a la estructura física macromolecular que soporta la información genética, más que a la estructura fisicoquímica que soporta el conjunto de

rutas metabólicas– acaban por centrarse en la componente más informacional del DNA, realizando una reducción, quizás excesiva, que hace equivalente 'vida' a 'información'.

De todos modos, es posible concebir el metabolismo en el seno de los organismos individuales como meras formas transitorias de 'vida', vehículos o vectores de los genes o fragmentos de DNA codificadores de la información, en este caso la genética, bajo la hipótesis del gen egoísta (Dawkins, 2009, p. 19). En este sentido especial, sería aceptable la reducción de 'vida' a 'información' que se propaga en el espacio-tiempo a través de la iteración replicativa de la serie replicativa que constituyen las generaciones.

Desde la perspectiva del funcionalismo, la consecuencia de ello es la posibilidad de desarrollo de una biología sintética, que permitiría el desarrollo e implementación de nuevos tipos de sistemas biológicos haciendo uso del *software* y del *hardware*, tan vivos como los sistemas vivos que no constituyen artefactos artificiales, es decir, los seres vivos naturales (Bedau y Cleland, 2016, p. 17).

En esta línea, los investigadores de la ALife (Vida Artificial) asimilan a la 'vida' biológica los procesos de replicación de programas lingüísticos digitales que se replican en la memoria [CPU] de sus computadoras, que actúa como factor limitante y de selección evolutiva de las poblaciones de programas lingüísticos digitales capaces de mutar, según las condiciones de una selección que se pretende equivalente a los procesos de selección natural darwinista expresados por la genética de poblaciones (Lange, 2016, p. 481).

De este modo, las definiciones de 'vida' que otorgan mayor importancia a la componente replicacional de la 'vida' que a la metabólica pueden llegar al exceso de considerar vivos entes informáticos replicativos basados en líneas de código de programa, análogos a los virus biológicos, pese a que los propios virus biológicos no son considerados seres vivos por la gran mayoría de biólogos.

Como síntesis final de este apartado, ni las definiciones de 'vida' basadas en la componente metabólica, ni aquellas otras fundamentadas en la componente replicacional de la información parecen ser suficientes para poder comprender qué es la 'vida'. Parece necesaria una perspectiva que las integre en una teoría general sobre la 'vida'.

La dualidad metabólica y replicacional de la 'vida'

La problemática asociada a todo intento de dar una definición universalmente válida de 'vida' deriva, a su vez, de cuestiones tanto ontológicas como epistemológicas, referidas al mismo *status* de la Biología como ciencia, en especial en comparación con las ciencias fisicomatemáticas (Ruse, 1990, pp. 11-13), y al hecho, a partir del desarrollo de la teoría de la evolución, de la introducción de un vector narrativo histórico en sus intentos de explicación acerca de qué sea la 'vida' (Mayr, 2016, p. 9).

La relacionalidad entre el enfoque informacional y el auto-organizativo se ha percibido en ocasiones como antagónica, como hemos visto que sucede entre ambos grupos de definiciones de 'vida'. Sin embargo, también ha sido percibida como una consecuencia derivada de una dualidad constitutiva de la 'vida', siendo este fenómeno no un único ente, sino dos, metabolismo y replicación, tanto en su forma presente como en el momento singular de su origen (Dyson, 1999, p. 9).

Ha sido propuesto, a partir de la dualidad integradora del enfoque informacional y del auto-organizativo, que la 'vida' protocelular emergería a partir del acoplamiento entre tres componentes (Solé *et al.*, 2007, pp. 1-2):

- i. El DNA o cualquier otra molécula portadora de información transmisible: las células se deben adaptar a un entorno cambiante, y ser capaces de transmitir a las generaciones futuras los cambios genéticos adaptativos. Por otra parte, los mecanismos replicativos deben estar acoplados con las reacciones metabólicas.
- ii. El metabolismo. Proporciona la fuente del no-equilibrio (neguentropía) y los medios de obtención de la materia y energía requerida para construir y mantener los componentes celulares. También es requerido para permitir crecer a la célula y su reproducción subsiguiente.
- iii. La existencia de un compartimento o membrana celular que posibilitaría el encuentro en condiciones controladas de i) e ii)) confinando las reacciones químicas en un espacio limitado, haciendo más probables las interacciones fisicoquímicas. La membrana delimita el sistema biológico, proporciona una localización espacial, y facilita la división del trabajo entre las diferentes reacciones químicas.

Otra definición de 'vida' capaz de dar cuenta de la dualidad ontológica primordial de la vida, integrando metabolismo y replicación, es la de Ruiz-Mirazo, J. Peretó y A. Moreno, que mantiene que un ser vivo sería cualquier sistema autónomo –sistema lejos del equilibrio termodinámico, que se constituye y automantiene en el tiempo– con capacidad para una evolución abierta en relación con su entorno (Ruiz-Mirazo, Peretó y Moreno, 2016, pp. 630-660).

Así, la consideración de un ente como perteneciente a la categoría de ser viviente debería cumplir las siguientes condiciones:

1. Poseer un límite activo semipermeable, de tipo membrana.
2. Estar dotado de un aparato de transducción/conversión de energía.
3. Disponer de un mínimo de dos tipos de componentes macromoleculares interdependientes, uno capaz de catalizar los procesos de autoconstrucción del ser vivo; y otro capaz de almacenar y transmitir la información relativa a las instrucciones precisas para la facticidad de esos procesos.

La 'vida' estaría constituida, por tanto y para estos autores que tomamos como ejemplos, por una función dual, la que comprende el metabolismo, y aquella otra que implica su capacidad de replicación.

La triadidad constitutiva de la 'vida': simbiogénesis de la componente metabólica y replicativa a través de la función de relación

Según nuestro parecer, es importante destacar que tanto en la definición de Solé, como en la del equipo de Ruiz-Mirazo, la función de relación y, por lo tanto, la función que evolutivamente deriva de ella, la cognición, aparecen, pero en un segundo plano con respecto a la replicación y el metabolismo.

Pensamos que la función de relación permite integrar las funciones más basales de la nutrición y de la reproducción, pero en este caso permitiendo no tan sólo la integración de las mismas en un organismo, tal como debió suceder en la constitución de la primera célula eucariota (Guerrero *et al.*, 2013, p. 133), sino incluso en la autopoiesis de los denominados superorganismos, mediante los procesos de la simbiogénesis.

Se ha establecido (Dyson, 1984, p. 74), en base a la teoría de la endosimbiosis propuesta por Lynn Margulis, que el origen de la vida sería doble, a partir de la simbiosis entre unas estructuras primordiales replicativas, por un lado, y otras estructuras primordiales metabólicas autopoieticas, por el otro. El superorganismo u holobionte resultante de la simbiogénesis sería la unidad de la evolución, el individuo autopoietico, capaz de mantenerse integrado en función del tiempo, con capacidad activa de autorreplicarse y de dar una respuesta adaptativa a nuevas circunstancias (Guerrero *et al.*, 2013, p. 133).

Si asumimos que los organismos se adaptan al medio de forma integrada, como un todo, y que esta capacidad de dar respuesta a los desafíos y posibilidades del entorno se da de una forma orgánica, sinfónica, tanto mediante los mecanismos reflejos programados genéticamente, como mediante aquellos otros que involucran la cognición o la inteligencia, la endosimbiosis como proceso que permite la emergencia de propiedades orgánicas impredecibles a partir del análisis de sus simbioses por separado, aparece como uno de los principales motores de la innovación evolutiva.

La reflexión acerca de la simbiosis nos permite ver que en ella es tan importante la replicación del superorganismo, como la cooperación metabólica entre ambos simbioses. La 'simbiosis' como tal, es un peculiar tipo de interacción biótica (Odum, 1992, pp. 208-209), de tipo ecológico y, por ello, perteneciente a un dominio de los niveles de organización de la 'vida' superior, en el sentido de pertenecer al dominio supraorganísmico, a la reproducción y el metabolismo, más ligados a un nivel de organización de la 'vida'.

La teoría de la endosimbiosis permitiría integrar los razonamientos anteriores en el origen simbiótico de los elementos celulares del cerebro, a partir de bacterias simbioses (Margulis y Sagan, 1995, pp. 169-171). La necesidad de dar respuestas adaptativas rápidas a un entorno cambiante promovería la cooperación simbiótica entre las poblaciones de células hasta entonces aisladas. Con ello aparecerían los organismos pluricelulares, cuya función de relación con el entorno se daría progresivamente, a través del desarrollo de un sistema nervioso central.

La base constituida por la función de la relación, y la facultad de establecer representaciones, es decir, la cognición, mediante la evolución de un sistema nervioso central, incrementaría la adaptabilidad de los organismos en los procesos de selección natural. Este desarrollo evolutivo, progresivo, de la cognición a partir de la función de la relación, siendo ésta emergente, por endosimbiosis, a partir de las funciones de nutrición y reproducción, constituiría un núcleo a través del que sería posible, según nuestro parecer, el desarrollo de una teoría general de la vida, todavía por establecer.

Pese a que los modelos informáticos virtuales, o los robots diseñados por la Ingeniería no pasan, por el momento, de ser simulaciones computacionales de los organismos biológicos, ni que sea como metáforas (Keller, 2016, p. 587), pueden ser extraordinariamente interesantes para permitir a la Biología el desarrollar una teoría general de la 'vida', de la cognición, y de la misma evolución de ambas.

Simbiogénesis, epigenética y pedagogía

En las líneas anteriores hemos establecido el vínculo existente, a través de la función biológica de la relación, entre las otras dos funciones biológicas de la nutrición y de la repro-

ducción. A la primera, como hemos visto, trataban de hacer referencia las tentativas definitivas de la 'vida' de naturaleza metabólica; a la segunda se referían aquellos otros intentos de definición de tipo replicativo.

Como se ha explicado, las aproximaciones metabólicas a la comprensión del fenómeno de la 'vida' inciden en su componente autopoiética, es decir, al mantenimiento de la identidad del ser vivo en el transcurso de las funciones de su espacio-tiempo ontogénico. En paralelo, la tentativa aproximativa de tipo replicacional hace hincapié en la transmisión hereditaria de la información en relación a las funciones espacio-temporales de tipo filogenético.

Sin embargo, metabolismo y replicación, ya desde el origen de la vida se recombinaron mediante la función de relación, por medio de la simbiogénesis. Ésta presupone que dos simbioses, o actantes, establecen una relación biótica constructiva, de cooperación, de la que emerge el superorganismo. El holón o superorganismo siempre posee propiedades, características, o potencialidades que ninguno de los simbioses o actantes, por separado, posee por sí solo. De algún modo, la relación simbiótica actúa como un elemento de potenciación o multiplicación de las propiedades poseídas por cada simbiote por separado. Es así como, cada simbiote actúa como un instrumento de mejora, o de actualización de las potencialidades del otro y, con ello, también él adquiere el pleno desarrollo de su ser.

Parece natural, pues, suponer que la simbiosis semeja la metáfora, es decir, es un llevar a sí y a los otros hacia un más allá, hacia un ya no, pero todavía tampoco. Y este territorio de desarrollo, cuando no de hipermodelización de uno mismo en relación con los otros conlleva la codeterminación de un Yo y un Tú, en un devenir procesual hacia un Nosotros.

Esta transición hacia el establecimiento, mediada a través de la función de la relación, de una relacionalidad compleja fundamenta el desarrollo de la eusocialidad biológica. La eusocialidad biológica, descrita en Biología para las denominadas especies eusociales – insectos himenópteros, cetáceos, primates, etc.– implica el establecimiento de un nido u hogar comunitario, en el seno del cual las cohortes más antiguas transmiten el acervo de conocimientos a las más jóvenes, mediante algún tipo de mecanismo de comunicación lingüístico, tal como la danza de las abejas, o los lenguajes capaces de representación simbólica del entorno, tales como los que tienen lugar en las sociedades de los animales eusociales.

Precisamente, la función de la relación, de entre las tres funciones biológicas básicas, es la que permite el establecimiento del vínculo eusocial entre los componentes de una sociedad, que puede ser comprendida como un superorganismo, en el que los individuos son los simbioses constituyentes.

También la función de la relación, que halla su más pleno nivel de desarrollo en la simbiogénesis eusocial, conecta directamente con la cognición. Esta interacción relacional del organismo con el medio y con los otros simbioses establece los dominios de interacción entre el individuo y el entorno –fundamentalmente la sociedad en los organismos de tipo eusocial–. Dichos dominios de interacción relacional entre organismo y entorno son el fundamento tanto de la epigenética como de la cognición.

La denominada epigenética se refiere a la modificación de la expresión de los genes, a través de modificaciones bioquímicas de los mismos, en su interacción con el ambiente.

De este modo, el entorno, incluyendo el entorno social educativo, incluyendo la cognición cultural, puede modificar qué genes del genoma se expresan en el fenotipo o no. Genética, epigenética y cognición permanecen imbricadas de forma inseparable en los seres vivos reales, en la 'vida' biológica viva, más allá de las simplificaciones didácticas que escinden, separan y mutilan la verdadera comprensión del fenómeno vital.

La simbiogénesis, por ir ligada a la cognición, está en la misma base de la biología, de la pedagogía, también de la filosofía. Ni vivimos, ni educamos, sentimos, pensamos o amamos escindidos de un Todo, el constituido por los demás, por las Biota o conjunto de los seres vivos que habitan Gaia, el mismo planeta vivo vivificado por esta voluntad de vida.

Así, la inserción de la identidad del organismo, en un proceso de mantenimiento autopoietico de su clausura operacional como sistema cognoscitivo en relación con el ambiente, puede ser enlazada con su capacidad de resiliencia, esto es, su potencialidad de regeneración y redirección de una respuesta educativa frente a una perturbación endógena o exógena de su ser (Cyrułnik, 2005, p. 23). La 'resiliencia' psicológica y pedagógica halla su fundamento último en la resiliencia biológica, una suerte de impulso o voluntad (*Wille*) resistente, cooperativa, frente a los desafíos que siempre plantea un entorno hostil.

Por ello, la biología, la pedagogía y la filosofía encuentran su sentido último en un conocimiento vivo, ecológico y sistemático, donde la trama de su relacionalidad constituye la trama de la totalidad, precisamente, el objeto de una posible Teoría de la Totalidad, la meta última del 'hechizo jónico', la aspiración más noble de infinitud e inmortalidad que le son dadas, como plausible posibilidad, al biólogo, al pedagogo y al filósofo.

Referencias

- Ansermet, F. y Magistretti, P. (2010) *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*. Madrid, Katz.
- Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) (2016) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*. México, FCE.
- Boden, M.A (1999) «Is Metabolism Necessary?» *The British Journal for the Philosophy of Science*, num. 50, pp. 231-248.
- Bunge, M. (2002) *Epistemología. Curso de actualización*. México, Siglo XXI.
- Castro, Laureano, Castro, Luis y Castro, M. A. (2008) *¿Quién teme a la naturaleza humana? Homo suadens y el bienestar en la cultura: biología evolutiva, metafísica y ciencias sociales*. Madrid, Tecnos.
- Changeux, J.P. (2005) *El hombre de verdad*. México, FCE.
- Cleland, C. E. y Chyba, C. F. (2002) «Defining 'Life'». *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, num. 32, pp. 387-393.
- Cleland, C. E. y Chyba, C. (2016) «¿Hay una definición de vida?», en Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*. México, FCE, pp. 661-689.
- Cyrułnik, B. (2005) *Los patitos feos. La resiliencia: una infancia infeliz no determina la vida*. Barcelona, Gedisa.
- Damasio, A. (1999) *El error de Descartes. La razón de las emociones*. Santiago de Chile, Editorial Andrés Bello.

- Dawkins, R. (2009) *El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*. Barcelona, Salvat.
- Dawkins, R. (2016) «El darwinismo universal», en Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*. México, FCE, pp. 731-758.
- Diéguez, A. (2011) *La evolución del conocimiento. De la mente animal a la mente humana*. Madrid, Biblioteca Nueva.
- Diéguez, A. (2012) *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. Barcelona, Biblioteca Buridán.
- Dyson, F. (1984) «Origins of Life?», *Lecture Notes in Physics*, num. 746, pp. 71-97 [Heidelberg, Springer].
- Dyson, F. (1999) *Origins of Life. Revised Edition*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Fernández, J. (2015) *Los secretos de la Vida. Breve historia de la Biología*. Barcelona, Crítica.
- Guerrero, R., Margulis, L. y Berlanga, M. (2013) «Symbiogenesis: the holobiont as a unit of evolution». *International Microbiology*, num. 16, pp. 133-143 [Springer, Switzerland].
- Gumbrecht, H. U., Harrison, R.P., Hendrickson, M. R. y Laughlin, R. B. (2010) *Mente y materia. ¿Qué es la vida? Sobre la vigencia de Erwin Schrödinger*. Buenos Aires, Katz Editores.
- Jouve, N. (2008) *Explorando los genes. Del Big-Bang a la Nueva Biología*. Madrid, Ediciones Encuentro.
- Kandel, E. (2007) *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Madrid, Katz.
- Keller, E. F. (2016) «La creación de "vida auténtica"» en Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*. México, FCE, pp. 585-596.
- Lane, N. (2016) *La cuestión vital. ¿Por qué la vida es cómo es?* Barcelona, Ariel.
- Lange, M. (2016) «La vida, la 'vida artificial' y la explicación científica», en Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Margulis, L. y Sagan, D. (1995) *What is Life?* Berkeley (California), University of California Press.
- Margulis, L. y Olendzenski, L. (Eds.) (1996) *Evolución ambiental. Efectos del origen y evolución de la vida sobre el planeta Tierra*. Madrid, Alianza.
- Mayr, E. (2016) *Así es la biología*. Barcelona, Crítica.
- Morin, E. (2011) *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona, Gedisa.
- Odum, E.P. (1992) *Ecología: bases científicas para un nuevo paradigma*. Barcelona, Ediciones Vedral.
- Pinker, S. (2009) *El instinto del lenguaje. Cómo crea el lenguaje la mente*. Madrid, Alianza.
- Popa, R. (2004) *Between Necessity and Probability: Searching for the Definition and Origin of Life*. Heidelberg, Springer-Verlag.
- Ruiz-Mirazo, K., Peretó, J. y Moreno, A. (2016) «Una definición universal de la vida: autonomía y evolución abierta», en Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*. México, FCE, pp. 630-660.
- Ruse, M. (1990) *La filosofía de la biología*. Madrid, Alianza.

- Schrödinger, E. (2005) *¿Qué es la vida?* Salamanca, Universidad de Salamanca.
- Skolimowski, H. (2016) *La mente participativa. Una nueva teoría del Universo y del conocimiento.* Girona, Atalanta.
- Sober, E. (1996) *Filosofía de la biología.* Madrid, Alianza editorial.
- Sober, E. (2016) «Enseñanzas del funcionalismo: el porvenir de la vida artificial fuerte», en Bedau, M. A. y Cleland, C. E. (Eds.) *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia.* México, FCE, pp. 459-480.
- Solé, R.V., Munteanu, A., Rodríguez-Caso, C. y Macía, J. (2007) «Synthetic protocell biology: from reproduction to computation». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 362, Issue 1486, Londres, The Royal Society <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2442389/>
- Varela, F. (1997) «Patterns of Life: Intertwining Identity and Cognition». *Brain and Cognition*, num. 34, pp. 72-87.
- Weber, B. (2018) «Life», en Zalta, E.N. (Ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/entries/life/> [Consulta: 20 de julio de 2020]
- Wilson, E. O. (1999) *Consilience. La unidad del conocimiento.* Barcelona, Galaxia Gutenberg.
- Wuketits, F. M. (1990) *Evolutionary Epistemology and Its Implications for Humankind.* New York, SUNY Press.

Filosofia de la biología. D'una definició formal de 'vida' cap a una teoria general de la 'vida': simbiogènesi i educació

Resum: En aquest treball es realitza una discussió sobre els dos principals tipus de definicions del concepte de «vida» biològica, les replicacionals i les metabòliques. Per això es mostren algunes de les febleses d'ambdues, del concepte mateix de «definició», i es conclou que tal vegada seria una millor estratègia el proporcionar algun esbós sobre una teoria general de la vida vinculada a una teoria de l'educació. Aquesta teoria es fonamentaria en la funció biològica de la relació, la funció que ha contribuït al desenvolupament evolutiu dels sistemes cognoscitius. Es proposa que la relació està en la base dels processos evolutius de la simbiogènesi, procés d'indubtable importància pedagògica, atès que la relació entre l'educand i l'educador és de tipus dialògic simbiogenètic.

Paraules clau: Vida, replicació, metabolisme, relació, simbiosi, simbiogènesi, educand, educador.

Philosophie de la biologie. D'une définition formelle de « vie » à une théorie générale de la « vie » : symbiogenèse et éducation

Résumé: Ce travail entame une discussion sur les deux principaux types de définition du concept de « vie » biologique, à savoir ceux qui sont fondés sur la duplication de l'ADN et ceux qui sont fondés sur le métabolisme. À cette fin, l'article expose certaines faiblesses de ces deux types de définition, ainsi que du concept même de « définition », et aboutit à la conclusion qu'il serait peut-être plus avantageux d'exposer les grandes lignes d'une théorie générale de la vie liée à une théorie de l'éducation. Cette théorie s'appuierait sur la fonction biologique de la relation, la fonction qui a contribué au développement évolutif des systèmes cognitifs, selon laquelle la relation est à la base des processus évolutifs de la symbiogenèse, processus dont l'importance pédagogique n'est plus à démontrer, étant donné que la relation entre l'apprenant et l'enseignant est de type dialogique symbiogénétique.

Mots clés: Vie, réplication, duplication, métabolisme, relation, symbiose, symbiogenèse, apprenant, enseignant

Philosophy of biology. From a formal definition of 'life' to a general theory of 'life': symbiogenesis and education

Abstract: This paper discusses the two main definition types of the concept of biological «life»: the replicational definition and the metabolic definition. Certain weaknesses of both as well as of the very concept of «definition» are explored. We conclude that perhaps it would be a better strategy to provide an outline of a general theory of life linked to a theory of education. This theory would be based on the biological function of interaction, which has contributed to the evolutionary development of cognitive systems. We propose that interaction is the basis of the evolutionary processes of symbiosis, a process of undoubted pedagogical importance, since the relationship between the educator and the student is a kind of symbiogenetic dialogic process.

Key words: Life, replication, metabolism, relationship, symbiosis, symbiogenesis, student, educator.