

Biocomplejidad¹

Alfredo Marcos

Universidad de Valladolid (España)
www.fyl.uva.es/~wfilosof/webMarcos
amarcos@fyl.uva.es

Resumen

La pregunta que guía todo el texto es ¿en qué medida la perspectiva de la complejidad nos ayuda a entender lo que es un viviente? Para acercarnos a la respuesta exploraremos en primer lugar las limitaciones de la perspectiva reduccionista. Son éstas las que favorecen la perspectiva de la complejidad. Después veremos lo que quiere decir complejidad cuando este término se aplica a seres vivos. Detectaremos que la biocomplejidad remite a otros conceptos, como el de organización, función, y, en último término, sustancia.

Palabras clave: reduccionismo, complejidad, orden, organización, función, sustancia.

Abstract

The question that guides the entire text would be: to what extent the perspective of complexity helps us in order to understand living beings? To approach the answer we will first explore the limitations of the reductionist approach. These limitations encourage the perspective of complexity. Then, we will explore what we mean by complexity when this term is applied to living beings. We will found that biocomplexity refers to other concepts, such as organization, function, and ultimately to substance.

Keywords: reductionism, complexity, order, organization, function, substance.

¹ Texto elaborado a partir de Marcos A.: - “Biocomplejidad”, en Carlos E. Maldonado (ed.), *Fronteras de la ciencia y complejidad*, Universidad del Rosario, Bogotá, 2010.

1. Introducción

A mediados del mes de septiembre de 1972, hace más de cuarenta años, se reunieron en una villa italiana un puñado de científicos y filósofos convocados por el genetista de la Universidad de California Francisco Ayala. La nómina del encuentro, leída hoy, resulta impresionante². Desde Karl Popper, en el terreno de la filosofía, hasta Jacques Monod, en el de la biología, por citar sólo dos de entre ellos. El objetivo de la reunión era debatir sobre las posibilidades y limitaciones del reduccionismo en biología. La cuestión resultaba entonces de plena actualidad, ya que los éxitos contemporáneos de la biología molecular hacían pensar que toda la investigación biológica debería orientarse hacia niveles cada vez más elementales, que toda ella debería regirse por una metodología reduccionista. Sin embargo, como advierte Ayala, “una de las características más destacadas de la materia viva es la complejidad de su organización. Existe una jerarquía de complejidad que sigue un curso desde los átomos y las moléculas, pasando por las células, tejidos, organismos individuales, poblaciones, comunidades y ecosistemas, hasta la totalidad de la vida sobre la tierra”³.

Podríamos preguntarnos si toda esta complejidad de lo viviente es en realidad tan sólo apariencia. Quizá tras el velo de la complejidad se encuentren tan sólo un conjunto de entidades sencillas con relaciones simples entre ellas. Es decir, tal vez podamos reducir toda la complejidad aparente de lo vivo a entidades y relaciones simples. Recordemos el viejo programa platónico para la astronomía. Recomienda “salvar los fenómenos” (*sotsein ta phainomena*), es decir, reducir la aparente complejidad de los movimientos planetarios a movimientos, no aparentes, sino reales, de carácter circular y uniforme. Tras el velo de los fenómenos encontraremos la elegante simplicidad matemática de la realidad nouménica. *Mutatis mutandis*, teníamos en los años 70 una especie de programa platónico para la biología. La simplicidad elemental de lo vivo debe ser desocultada. Hemos de quitar el velo de la aparente complejidad.

Hay que decir que la mayor parte de los asistentes a la reunión se mostraban escépticos respecto del programa pan-reduccionista. Reconocían los méritos y

² Los textos de esa reunión se publicaron como libro: F. J. Ayala y T. Dobzhansky (eds.), *Studies in the Philosophy of Biology*, Macmillan, Londres, 1974. Existe traducción al español: F. J. Ayala y T. Dobzhansky (eds.), *Estudios de filosofía de la biología*, Ariel, Barcelona, 1983.

³ F. J. Ayala y T. Dobzhansky (eds.), *Estudios de filosofía de la biología*, Ariel, Barcelona, 1983, p. 9.

posibilidades de un enfoque reduccionista y analítico moderado, pero al mismo tiempo veían sus limitaciones. Venían a decirnos que la complejidad de los vivientes es real, que no es mera apariencia, que no puede ser completamente eliminada. Si queremos entender la vida, debemos estudiarla *también* desde la perspectiva de la complejidad.

Con el horizonte que nos dan cuatro décadas de distancia, hay que reconocer que las conclusiones del coloquio resultaron acertadas y premonitorias. Hoy nadie abogaría por el pan-reduccionismo, y está mucho más establecida que en los años 70 la necesidad de investigar también desde una perspectiva sintética de la complejidad. En las últimas décadas el reduccionismo ha mostrado sus posibilidades y también sus limitaciones. Mi pregunta ahora se refiere a las posibilidades y limitaciones de la perspectiva de la complejidad. No pretendo abordarla desde el punto de vista de la biomedicina, sino desde la filosofía de la biología. Es decir, no preguntaré por las posibilidades y limitaciones de la perspectiva de la complejidad para investigar el metabolismo, el cáncer⁴ o los ecosistemas. Tan solo estoy capacitado para abordar la pregunta filosófica: ¿en qué medida la perspectiva de la complejidad nos ayuda a entender lo que es un viviente?

Precisemos. Ayala distingue tres tipos de reduccionismo: ontológico, epistemológico y metodológico⁵. El primero es una tesis acerca de la naturaleza de los vivientes. En el fondo, vendría a decir, un viviente *no es más que* un conjunto de moléculas. El segundo tipo de reduccionismo trata sobre nuestro conocimiento y sobre nuestras teorías. Afirma que unas teorías científicas son reductibles a otras. En particular las de más alto nivel a las de nivel más bajo de complejidad. Así, a la larga, la biología quedaría reducida a biología molecular, e incluso ésta a bioquímica. En el horizonte estaría la reducción de toda ciencia, y en especial la biomedicina, a la física. Por último, el reduccionismo metodológico es una tesis sobre estrategias de investigación. Aplicada a la biomedicina, nos dice que es mejor investigar los fenómenos biomédicos en los niveles de menor complejidad. Por ejemplo, si fuera posible, tendríamos que investigar el comportamiento animal a través de su base neurofisiológica, y ésta a través de la dinámica de las biomoléculas, y la investigación del cáncer debería reducirse a la búsqueda de oncogenes.

⁴ Sobre la perspectiva de la complejidad en el estudio del cáncer puede verse M. Bertolaso, *Il cancro come questione*, Franco Angeli, Milán, 2012, parte primera.

⁵ Se podría añadir a estos el reduccionismo axiológico.

El problema del reduccionismo metodológico lo zanja Ayala con estas palabras: “Resulta improbable que un científico cuerdo abogue por la forma extrema ya sea del composicionalismo, ya sea del reduccionismo”⁶. La voz de la sensatez recomienda el pluralismo metodológico y la combinación de diversos enfoques⁷. En cuanto al reduccionismo epistemológico, lo que sabemos es que ha quedado en mero proyecto, apenas ha sido posible la reducción entre teorías muy próximas, como la genética mendeliana y la molecular. De modo que los grandes sueños del reduccionismo fisicalista han pasado al trastero, junto con otros magnos proyectos de la arrogancia intelectual. Seguimos necesitando teorías sociológicas para explicar el voto, el consumo o las migraciones, teorías biomédicas para comprender el comportamiento, el metabolismo o el cáncer y teorías físicas para entender la caída de los graves o la colisión de hadrones. Pero, es el reduccionismo ontológico el que desplaza la cuestión al ámbito filosófico; es el que nos trae la pregunta por el valor de la perspectiva de la complejidad. Poca gente defendería hoy que los vivientes son tan sólo máquinas cartesianas o acúmulos de moléculas. Los concebimos más bien como entidades irreductiblemente complejas⁸.

Hechas las precisiones necesarias, reformulemos ahora la pregunta que actuará como leitmotiv: ¿en qué medida la perspectiva de la complejidad nos ayuda a entender lo que es un viviente? Adelanto mi tesis: una característica esencial de los vivientes es la complejidad, pero existen diversos tipos de complejidad, como veremos en el **apartado 2**. Cuando la complejidad se refiere a vivientes -biocomplejidad, digamos- se remite necesariamente a otros conceptos más radicales, como el de organización y el de función (**apartado 3**). Este, a su vez, nos llevará, a través de ciertas consideraciones aristotélicas, al de sustancia (**apartado 4**). Sólo dentro de esta constelación de conceptos, y en conexión con los mismos, la biocomplejidad resulta explicativa. Dicho de otro modo, la complejidad no es la característica más radical y distintiva de los vivientes, pero es imprescindible para guiarnos hacia la intelección de la vida. Este es el balance que propongo como respuesta a la pregunta formulada.

⁶ T. Dobzhansky, F. Ayala, G. L. Stebbins y J. W. Valentine, *Evolución*, Omega, Barcelona, 1983, p. 488 [*Evolution*, San Francisco, Freeman and Co., 1981].

⁷ Cf. S. Mitchell, *Unsimple Truths. Science, Complexity and Policy*, University of Chicago Press, Chicago, 2009. La filósofa americana Sandra Mitchell, en este y otros libros, defiende lo que denomina “integrative pluralism”.

⁸ Cf. D. Noble, *The music of life: Biology Beyond Genes*, OUP, Oxford, 2006.

2. Complejidad y organización

Es un hecho que los seres vivos y los ecosistemas aparecen ante nuestros ojos como entidades complejas. Todas las señas de identidad de las entidades complejas las encontramos ya en una primera aproximación fenomenológica a lo vivo. Cada ser vivo y cada ecosistema están compuestos de numerosísimas y muy diversas partes. Estas partes interactúan, se comunican, intercambian materia, energía e información. Lo hacen tanto en horizontal, como en vertical. En horizontal se comunican, por ejemplo, las células de un mismo tejido. En vertical se da interacción a través de diversos niveles jerárquicos: por ejemplo, la configuración del campo tisular influye sobre la diferenciación de cada célula. Estas interacciones son de ida y vuelta, de modo que se generan ciclos de retroalimentación tanto en horizontal como en vertical. Estos ciclos a su vez permiten el mantenimiento de equilibrios homeostáticos. Cada ser vivo es un sistema dinámico, inseparable de la dimensión temporal. Muchos procesos vivos resultan impredecibles, pasan por bifurcaciones críticas, se comportan de modo no lineal, hacen aparecer características emergentes. Lo vivo exhibe, en resumen, todas las características de lo complejo.

Permítaseme, tan sólo a título indicativo, apuntar algunos datos. La biomasa en su conjunto pesa cerca de 2 billones de toneladas. Esta masa podría ser homogénea, pero lejos de ello, la cantidad estimada de especies de seres vivos es de entre 10 y 200 millones. Es tan sólo una estimación, pues no conocemos ni siquiera 2 millones de especies. De ellas, la mayor parte son de insectos, cerca de un millón. El resto se reparten entre plantas y otros animales. Las especies de mamíferos conocidas están por debajo de las cinco mil. En cuanto al número de individuos vivos, si nos fijamos tan sólo en los animales, tenemos ya del orden de un trillón. Si queremos establecer una comparación con lo no vivo, recordemos que no hay más allá de 200 mil millones de estrellas en nuestra galaxia. Menos que aves sobre el nuestro planeta (unos 300 mil millones), y mucho menos que hormigas (unos diez mil billones)⁹. En cuanto a la complejidad de cada uno de los individuos vivos, recordemos tan sólo que se calcula que el cuerpo humano está compuesto por un centenar de billones de células de muchos tipos diferentes, y que en su cerebro hay un número parecido de conexiones interneuronales.

⁹ Los datos han sido tomados y redondeados a partir de M. Gleich *et al.*, *Las cuentas de la vida*, Galaxia Gutenberg, Barcelona, 2000, pp. 258-274.

El desarrollo contemporáneo de la biomedicina nos ha mostrado, pues, la complejidad de lo vivo. Esta conciencia ha hecho surgir nuevos modos de aproximación al fenómeno de la vida. En un artículo reciente, el bioquímico y filósofo español Ignacio Núñez de Castro recuerda que se han dado “tres grandes periodos que se corresponden con otras tantas cosmovisiones (vitalista, materialista y organicista): la del *Timeo* platónico, donde el universo es imaginado como un inmenso viviente, la dominada por la cosmología mecanicista y la tercera sería la del paradigma de la complejidad [...] Se perfila, así, una racionalidad, un *lógos* para *bíos*, diferente de la racionalidad lineal mecanicista, en la que no es posible un reduccionismo epistemológico, puesto que la metodología y el discurso de las ciencias físicas y químicas es incapaz de abarcar los fenómenos de gran complejidad, donde aparecen propiedades emergentes en el todo y donde acontece también una influencia causal del todo sobre los elementos estructurales y funcionales del sistema”¹⁰.

Incluso algunos autores han sostenido que el paradigma de la complejidad es tan importante en biología que a un tiempo complementa y limita el seleccionismo darwinista: “De hecho, encontraremos límites al poder de la selección –arriesga Kauffman-: A medida que las entidades afectadas por la selección se vuelven progresivamente más complejas, la selección se vuelve menos capaz de evitar los rasgos típicos de estos sistemas. En consecuencia, en la medida en que los sistemas complejos exhiben un orden espontáneo, este orden no brilla gracias a la selección, sino a pesar de ella”¹¹.

Es cierto que el aumento de la complejidad a lo largo del proceso evolutivo es uno de los rasgos intuitivamente más marcados del mismo. Asimismo, ha sido históricamente uno de los fenómenos más refractarios a la explicación seleccionista. Pero, dada la importancia del mismo, los teóricos darwinistas no han dejado de esforzarse por explicar la complejidad¹². Igualmente es verdad que la intuición del aumento evolutivo de la complejidad siempre ha resultado difícil de precisar en conceptos claros y medidas. Como nos recuerdan Alexander Rosenberg y Daniel W.

¹⁰ I. Núñez de Castro, “Emerge una nueva racionalidad sistémica de la vida”, en www.tendencias21.net/Emerge-una-nueva-racionalidad-sistemica-de-la-vida_a3221.html?preaction=nl&id=5367164&idnl=49593&, consultado el 12/07/ 2009.

¹¹ S. A. Kauffman, *The origin of order*, Oxford University Press, New York, 1993, p. xv.

¹² Véase A. Rosenberg y D. W. McShea, “Complexity , directionality, and progress in evolution”, en *Philosophy of Biology*, Routledge, New York, 2008, pp. 127-156.

McShea: “Hay más de un significado de complejidad, y necesitamos especificar de cuál estamos hablando”¹³.

Tan es así, que Philippe Binder nos habla de la existencia de no menos de treinta definiciones propuestas de complejidad: “Cada vez que se abre una nueva institución dedicada a la complejidad, el significado del término mismo es razón para muchas horas de debate”¹⁴. En este piélago tal vez podamos orientarnos gracias a algunas clasificaciones. Nicholas Rescher distingue entre modos epistémicos y modos ontológicos de la complejidad¹⁵. Carlos E. Maldonado, tras comentar los diferentes subtipos que introduce Rescher, propone una clasificación de nuevo bipartita: complejidad computacional y complejidad efectiva¹⁶. Por su parte, Henri Atlan nos habla de la complejidad como problema y la complejidad como explicación¹⁷. Es suficiente para darnos cuenta de que al hablar de complejidad, unas veces nos referimos al mundo y otras a nuestra forma de captarlo, comprenderlo, explicarlo, teorizarlo, representarlo o computarlo.

Decimos de la realidad, o de una parte de ella, que es compleja (complejidad en sentido ontológico). Decimos, además, que no llegaremos a entenderla mediante teorías simples, que necesitaremos esquemas teóricos complejos (complejidad en sentido epistemológico). Las distintas escuelas de la complejidad sostienen, explícita o implícitamente, ambas afirmaciones. Carlos E. Maldonado resume lo más esencial de tres de ellas¹⁸. Entiende que en la escuela de Edgar Morin la complejidad se toma sobre todo como método¹⁹. En el caso de la llamada Escuela de Palo Alto (Bateson, Capra) la complejidad alienta una entera cosmovisión. Y existe, en tercer lugar, una corriente plural que tiende a aplicar el paradigma de la complejidad a las distintas ramas de la ciencia. Aquí podríamos citar, desde el precedente del matemático Poincaré, hasta el termodinámico Prigogine, pasando por numerosos biólogos, neurofisiólogos, especialistas en computación y robótica, psicólogos, economistas, sociólogos, etc. Una

¹³ A. Rosenberg y D. W. McShea, “Complexity, directionality, and progress in evolution”, en *Philosophy of Biology*, Routledge, New York, 2008, pp. 155.

¹⁴ P. Binder, “Cuatro versiones sobre la complejidad”, en C. E. Maldonado (ed.), *Visiones sobre la complejidad*, Universidad El Bosque, Bogotá, 2001, p. 43.

¹⁵ N. Rescher, *Complexity*, Transaction, Londres, 1998.

¹⁶ C. E. Maldonado, “Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad”, en C. E. Maldonado (ed.), *Visiones sobre la complejidad*, Universidad El Bosque, Bogotá, 2001, p. 12.

¹⁷ H. Atlan, “L’intuition du complexe et ses théorisations”, en H. Atlan (ed.), *Les théories de la complexité*, Seuil, París, 1991, p. 9.

¹⁸ C. E. Maldonado, “Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad”, en C. E. Maldonado (ed.), *Visiones sobre la complejidad*, Universidad El Bosque, Bogotá, 2001, pp. 12 y ss.

¹⁹ E. Morin, *Introducción al pensamiento complejo*, Gedisa, Barcelona, 1995.

visión general de las aplicaciones científicas de la complejidad la tenemos en el libro compilado por Henry Atlan, *Les théories de la complexité*, comenzando por las ciencias formales, prosiguiendo con las físicas y biológicas, para concluir con las ciencias humanas y sociales²⁰. En todas ellas ha tenido uso la perspectiva de la complejidad.

Volvamos ahora a nuestra pregunta: ¿en qué medida la perspectiva de la complejidad nos ayuda a entender lo que es un viviente? Recordemos la abundancia de campos en los que de hecho se aplica. Esto parece indicarnos que la complejidad, o al menos alguna versión de la misma, está presente en las más diversas partes de la realidad. En el mundo físico hay complejidad, también en el mundo conceptual de las matemáticas y la computación, las sociedades son complejas, como lo es nuestra psique, y hasta un buen número de artefactos pueden reputarse complejos. ¿Podemos decir, entonces, que la complejidad es lo distintivo de la vida?, ¿no será sencillamente una característica que los seres vivos comparten con casi cualquier otro ámbito de lo real? Desde mi punto de vista, la conexión estrecha entre lo complejo y lo vivo se puede sostener siempre que precisemos: la complejidad que nos ayuda en la intelección de la vida es un tipo muy especial de complejidad. Se trata de *complejidad con sentido*.

Existe la complejidad sin sentido, por supuesto. En palabras de Henry Atlan y Moshe Koppel, podemos decir que “han sido imaginadas varias maneras cómodas de medir la complejidad, como por ejemplo la entropía de Shannon y la complejidad-longitud del programa de Kolmogorov. No obstante, podemos darnos cuenta fácilmente de que estas medidas son inadecuadas cuando se trata de caracterizar la complejidad biológica”²¹. Estas medidas captan más bien el desorden, la ausencia de regularidades y restricciones. Adquieren valores máximos del lado del caos y la irregularidad. Por el contrario, sus valores son mínimos en el polo de la redundancia y la monotonía. Pero los seres vivos son distintos tanto del humo como del cristal, por utilizar la terminología de Atlan²². La complejidad de los vivientes es ortogonal a la línea que establecen las medidas de Shannon y de Kolmogorov. Fue el físico Schrödinger quien popularizó la fórmula “cristal aperiódico” para referirse a ciertas biomoléculas²³. Es notable que la fecha del libro de Schrödinger sea anterior en más de una década al descubrimiento por parte de Watson y Crick de la estructura del ADN. La fórmula de Schrödinger apunta al

²⁰ H. Atlan (ed.), *Les théories de la complexité*, Seuil, París, 1991.

²¹ M. Koppel y H. Atlan, “Les gènes: programme ou dones?”, en H. Atlan (ed.), *Les théories de la complexité*, Seuil, París, 1991, p. 191.

²² H. Atlan, *Entre el cristal y el humo*, Debate, Madrid, 1990 [1979].

²³ E. Schrödinger, *¿Qué es la vida?*, Orbis, Barcelona, 1986 [1944], p. 85.

hecho de que las biomoléculas tienen un cierto orden análogo al de los cristales, pero, a diferencia de lo que ocurre con estos, no es el orden generado por la repetición periódica de un módulo. Es decir, son moléculas complejas. Mas su complejidad no es la del caos, a diferencia de las secuencias complejas de Kolmogorov. Y en el mundo inorgánico estudiado por las ciencias físicas también hay complejidad, pero de nuevo encontramos esta noción vinculada a la de desorden²⁴.

De hecho, el sociólogo alemán Niklas Luhmann opone complejidad a sentido: “Estos dos tipos de conocimiento –dice Luhmann en referencia a las ciencias y a las humanidades- se han percatado de problemas aparentemente insolubles, y ya no se identifican con una materia o dominio específico, sino más bien con un problema: la complejidad en el caso de las ciencias y el sentido en el caso de las humanidades”²⁵. Hay complejidad, por un lado, y sentido, por otro. La cuestión grave consiste en dotar de sentido a la complejidad²⁶. La complejidad sin sentido nada aporta a la intelección de lo vivo.

En resumen, lo característico de la vida no será la complejidad como tal – recordemos: hay complejidad en lo inorgánico, en lo conceptual, en lo social y en lo artificial-, sino un determinado tipo de complejidad vinculada a un cierto tipo de orden que no es simple regularidad estructural, sino organización funcional. Complejidad con sentido. Koppel y Atlan proponen incluso emplear un término especial para esta forma de complejidad: *sophistication*. “La cantidad interesante que puede aumentar cuando un objeto evoluciona no es la complejidad, sino la sofisticación”²⁷. Según estos autores, la sofisticación ha sido formalizada de diferentes maneras, entre ellas como organización. El tipo de complejidad de los vivientes es la complejidad con sentido, la sofisticación, o para decirlo en terminología más estándar, la organización.

Es cierto que en lo conceptual, en lo social y en lo artificial también se da complejidad con sentido u organización. Pero también lo es que todos estos ámbitos de la realidad surgen gracias a la actividad de los seres vivos, y muy especialmente de los seres humanos. Digamos, que la fusión de complejidad y sentido se produce por primera

²⁴ E. Guyon, “Une lecture du désordre de la matière”, en H. Atlan (ed.), *Les théories de la complexité*, Seuil, París, 1991, p. 135-150.

²⁵ N. Luhmann, “Complejidad y sentido” en N. Luhmann, *Complejidad y modernidad*, Trotta, Madrid, 1998 [1982], p. 25.

²⁶ Sobre la complejidad en el terreno de la sociología puede verse A. Pérez y I. Sánchez (eds.), *Complejidad y teoría social*, CIS, Madrid, 1996.

²⁷ M. Koppel y H. Atlan, “Les gènes: programme ou dones?”, en H. Atlan (ed.), *Les théories de la complexité*, Seuil, París, 1991, p. 191.

vez y de un modo decisivo en lo viviente. El resto de los ámbitos en los que se puede encontrar organización son, en este sentido, tributarios y herederos de lo vivo.

Preguntémonos de nuevo: ¿en qué medida la perspectiva de la complejidad nos ayuda a entender lo que es un viviente? Bien, ya sabemos que para profundizar en la intelección de lo vivo debemos centrarnos en esta versión específica de la complejidad que hemos llamado la organización.

3. Organización y función

Hace ahora 150 años, Darwin escribió en *El origen de las especies* sobre “el vago e imperfectamente definido sentimiento, sentido por muchos paleontólogos, de que la organización en general ha progresado [*that organization on the whole has progressed*]”²⁸. La organización, tan patente en los seres vivos como para producir esa sensación de la que habla Darwin, esta relacionada con el orden, pero no es lo mismo²⁹. Decimos que existe orden en un cierto ámbito si los componentes, relaciones o acciones se ajustan a una cierta pauta estructural. De un cristal se dice que está ordenado. También podemos decirlo de una onda que presenta una cierta frecuencia. El orden se dice por relación a una cierta estructura. Por su parte, la organización tiene más de funcional que de estructural. La secuencia de aminoácidos en una globina, las bases en un segmento de ADN o las neuronas y sus conexiones, raramente presentan una pauta estructural clara. Sin embargo, están organizadas funcionalmente. La globina cumple con la función de transportar oxígeno, el gen tiene por función codificar una determinada proteína, y la red neuronal facilita, por ejemplo, un cierto movimiento corporal. Dicho de otro modo, si se nos muestran dos fragmentos distintos de ADN, no podremos decir cuál está organizado y cuál no, a menos que sepamos cómo sería el funcionamiento de cada uno de ellos en un ser vivo determinado. De hecho, con frecuencia nombramos las biomoléculas por su función más que por su estructura.

Observamos que para la intelección de los vivientes, el concepto de organización constituye una estación de paso. Nos lleva necesariamente a otro más básico, el de función. Existen actualmente dos grandes líneas de pensamiento sobre las funciones. Los textos clásicos y seminales al respecto son los artículos escritos por Larry Wright

²⁸ C. Darwin, *On the origin of species*, John Murray, Londres, 1859, p. 345.

²⁹ Sobre orden y organización puede verse A. Marcos, “Información y Entropía”, *Arbor* (CSIC, Madrid), CXL, 549, pp. 111-135, 1991.

en 1973³⁰ y por Robert Cummins en 1975³¹. Cada uno a su modo da cuenta de la importancia que tienen las explicaciones funcionales en biología (y no sólo en biología, sino también en otras ciencias y disciplinas tecnológicas). A partir de estos textos y del debate posterior, se han ido consolidando tres grandes teorías de las funciones: la teoría seleccionista (SEL), la intencionalista (INT) y la sistémica (SYS). Las dos primeras están en la línea del análisis de Wright, ambas pueden considerarse como teorías *etiológicas* de las funciones. Es decir, entienden que la función de algo es *causa* de su existencia o posición. Según SEL, cuando decimos que una entidad tiene una cierta función, estamos diciendo que esa entidad existe o está presente en un determinado lugar porque ha sido *seleccionada* a causa de que es capaz de realizar esa función. INT afirma que la causa de que exista o esté donde está una entidad es que alguien la ha diseñado así con la *intención* de que cumpla una cierta función. SEL parece pensada sobre todo para el ámbito biológico, en el que se da la evolución por selección, mientras que INT está orientada principalmente al ámbito de lo artificial. La tercera teoría (SYS) parte de las ideas de Cummins. Según ésta, la atribución de una función a cualquier entidad no nos sirve para explicar su existencia o posición, sino sólo para explicar el funcionamiento del *sistema* en el que se halla integrada.

¿Qué clase de teoría de las funciones será más adecuada para entender el mundo de lo vivo?, ¿una de corte etiológico al estilo de SEL, o una de corte sistémico como la que propone Cummins? Desde mi punto de vista, el principal déficit de esta segunda en el terreno biológico reside en su relativismo y falta de realismo. Se discute si las funciones son entidades ficticias, si tienen únicamente una base subjetiva o si, por el contrario, son propiedades con existencia real, objetiva e independiente de cualquier sujeto cognoscente. La respuesta de SEL sería que las funciones son realidades objetivas, presentes efectivamente en los seres vivos como resultado producido por la selección natural. La teoría SYS, en cambio, se pregunta por la contribución de una parte al funcionamiento del sistema al que pertenece. Es decir, para esta teoría las funciones no están ahí, en la realidad, porque no lo están los sistemas como tales. Es el observador el que decide delimitar una cierta parte de la realidad como un sistema, y en consecuencia establece lo que son sus funciones. Por ejemplo, puedo considerar un automóvil como un sistema, cuya función es el transporte. Dentro de este sistema, el motor tiene su función, así como las ruedas. Su función consiste en la contribución que

³⁰ L. Wright, "Functions", *Philosophical Review*, 82(2): 139-168, 1973.

³¹ R. Cummins, "Functional analysis", *The Journal of Philosophy*, noviembre 1975, pp. 741-760.

hacen a la función del sistema. La función del motor es impulsar y la de las ruedas convertir ese impulso en desplazamiento. Pero puedo considerar el automóvil también como parte de una orquesta de música contemporánea. Aquí su función es producir un sonido. La función del motor es generar ese sonido y la de las ruedas meramente soportar el peso del “instrumento”. Esta visión de las funciones no parece muy adecuada para los seres vivos, cuya existencia como totalidades funcionales es objetiva. Cuando hablamos de vivientes habría que tratar de evitar el sesgo relativista de la teoría sistémica de las funciones. Si las funciones no son realidades objetivas, sino sólo relativas al ojo del observador, entonces necesariamente también la complejidad de los vivientes, que depende de su aspecto funcional, como hemos visto, resultará relativa y subjetiva.

Algunos teóricos de la complejidad abogarían por una noción de complejidad así. Por ejemplo, el sociólogo español Ramón Ramos Torre afirma respecto de la complejidad: “No hemos de concebirla como una propiedad intrínseca del mundo o de sus objetos. Se asegura así que no hay nada que sea en sí mismo complejo o simple, sino sólo algo que se puede conceptualizar como tal en relación a un posible observador [...] Se trata, pues, de una propiedad siempre contextual y ligada a la observación de unos sistemas sobre otros. Nada es, pues, intrínsecamente simple o complejo”³². No entro en la discusión sobre la complejidad social, que pudiera ser tan subjetiva como aquí se sostiene. Pero en el caso de la complejidad biológica, la posición de Ramos Torre es poco plausible. Si pudiéramos conceptualizar los sistemas vivos como simples o como complejos a nuestro antojo, los conceptualizaríamos como simples. Eso, obviamente, y en un doble sentido, nos haría la vida más fácil. La perspectiva de la complejidad llega a la biología precisamente forzada por limitaciones de los programas reduccionistas. El mundo de lo vivo se ha mostrado refractario a la simplificación. La biocomplejidad no se *pliega* a nuestro gusto. Lo viviente es intrínsecamente complejo. Siendo así, no podemos hacer depender la complejidad biológica de una teoría de las funciones como SYS, necesitaremos más bien una de carácter realista. Por su parte, SEL presenta también severos problemas, pues anula la funcionalidad de cualquier estructura que haya sido fruto de la selección. Quizá se requiera una nueva teoría de las funciones más adecuada a lo que entendemos por organización y biocomplejidad. En esta línea están

³² R. Ramos, “Jano y el ornitorrinco: aspectos de la complejidad social”, en A. Pérez y I. Sánchez (eds.), *Complejidad y teoría social*, CIS, Madrid, 1996, p. 164

trabajando ya algunos filósofos de la biología, como Alvaro Moreno y Cristian Saborido y Matteo Mossio³³.

4. Función y sustancia

Con todo, la noción de función también resultará una estación intermedia, especialmente si queremos interpretarla en clave realista. Existen de verdad funciones biológicas en la medida en la que existen los seres vivos como sustancias reales. La función se establece por la sustancia a la que hace referencia. La oxidación de una hemoglobina, por ejemplo, cumple una función para el ser vivo, mientras que la oxidación de un trozo de mineral de hierro carece de función. Ambos son procesos físico-químicos semejantes, pero sólo uno de ellos es una función. Lo es porque está integrado en una sustancia viva. Según las palabras utilizadas por Ignacio Núñez de Castro: “Los organismos vivos se comportan como totalidades, donde los elementos estructurales y funcionales están interconectados entre sí, formando una unidad. Una función no viene determinada nunca por una estructura particular, sino por el contexto de la organización y del medio en que dicha estructura se encuentra sumergida”³⁴. El filósofo de la biología francés Jean Gayon llega a sostener que incluso una molécula inorgánica, como la de oxígeno, tiene funciones cuando está integrada en una sustancia viva³⁵.

Para explicar por qué los pensadores anteriores a él no emplearon explicaciones funcionales, Aristóteles nos dice: “El motivo de que nuestros predecesores [Empédocles y Demócrito] no llegaran a este método es que no disponían del concepto de esencia (*to ti en eínai*) ni de la definición de sustancia (*ousía*)”³⁶.

Es decir, la forma que organiza todo el desarrollo y el comportamiento de los vivientes, actuando como fin, es la propia sustancia, el propio ser vivo. En la medida en que se da esta identificación entre el fin y la sustancia (el ser vivo), las funciones serán reales y objetivas como lo es el ser vivo en cuestión. La identificación entre forma, sustancia y causa final es clara en los siguientes textos del biólogo y filósofo griego:

³³ Cf. M. Mossio, C. Saborido, A. Moreno, “An organizational account of biological functions”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 2009, 60 (4), 813-841.

³⁴ I. Núñez de Castro, “Emerge una nueva racionalidad sistémica de la vida”, en www.tendencias21.net/Emerge-una-nueva-racionalidad-sistemica-de-la-vida_a3221.html?preaction=nl&id=5367164&idnl=49593&, consultado el 12/07/ 2009.

³⁵ Jean Gayon: "Has oxygen a function in organisms ? ", *ISHPSSB 2005 Meeting* in Guelph

³⁶ *De Partibus Animalium (PA)* 642a 10-21.

“Y puesto que la naturaleza puede entenderse como materia y como forma, y puesto que ésta última es el fin, mientras que todo los demás está en función del fin, la forma tiene que ser causa como causa final”³⁷.

“Como todo instrumento existe para algo, y cada parte del cuerpo tiene una finalidad, y esta finalidad es una acción, es evidente que el cuerpo en su conjunto también está constituido con vistas a la acción integral. En efecto, la acción de serrar no se ha producido para la sierra, sino la sierra para serrar, pues serrar es su utilidad. Por consiguiente, también el cuerpo es, de alguna manera, para el alma, así como las partes son para las funciones para las cuales nació cada una”³⁸.

“Una vez que ésta [el alma] se va ya no hay un ser vivo y ninguna de las partes sigue siendo tal”³⁹.

Así pues, respecto de la cuestión del realismo, la teoría aristotélica parece avalar la realidad plena y objetiva de las funciones, como disposiciones o capacidades de ciertas entidades, y también como acciones efectivas llevadas a cabo por las mismas. Las funciones biológicas no son en ningún caso entidades abstractas, como puedan serlo las entidades matemáticas, sino entidades *físicas*⁴⁰ perfectamente objetivas cuya existencia no depende del observador: “Además es imposible que el estudio de la naturaleza se dedique a las abstracciones, porque la naturaleza hace todo con alguna finalidad. Parece que del mismo modo que el arte está presente en los objetos artificiales, también en las propias cosas existe algún otro principio y causa análogos que captamos, tal como captamos el calor y el frío”⁴¹.

Aclaremos que las funciones son reales no sólo en tanto que disposiciones, efectos o acciones, sino propiamente como funciones. Es decir, podemos distinguir una función de una disposición o efecto que no sea función. Para ello necesitamos conocer la forma del organismo en el que se da. Pero hay que recordar que la forma de un ser vivo es una *forma de vida*. Si la disposición o efecto considerado contribuye positivamente a esta forma de vida, entonces será una función. Por ello, el mismo proceso de división celular puede resultar funcional cuando favorece el desarrollo de un tejido sano y disfuncional cuando se da en un tumor. Es obvio que si no referimos el

³⁷*Física* 199a 30-33.

³⁸*PA* 645b 14-20.

³⁹*PA* 641a 18-22.

⁴⁰ Aclaremos que aquí “físico” se opone a “mental”, no a “biológico”. Lo que quiero decir es que las funciones de los seres vivos son entidades reales, no meramente conceptuales.

⁴¹*PA* 641b 10-15.

proceso al ser vivo concreto en el cual se produce, difícilmente podremos distinguir su carácter funcional.

La cuestión reside en establecer lo qué existe, qué tipo de cosas hay en el universo. Si pensamos que los constituyentes primeros de la realidad son sólo las partes simples, átomos o moléculas, incluso partículas subatómicas o fuerzas elementales, entonces será muy difícil, tal vez imposible, entender lo que es un organismo complejo. En consecuencia, deberíamos admitir una ontología –no solo una metodología– pluralista, con partículas y fuerzas elementales, sí, pero también con vivientes complejos, como componentes primigenios de la realidad. Si reconocemos que cada viviente es una sustancia, una entidad por sí mismo, entonces será posible explicar la relación entre sus partes y la relación de las partes con el todo. Si vemos cada viviente sólo como el resultado de la agregación de partes, resultará muy difícil justificar ese *algo más* a que hace referencia la perspectiva de la complejidad. Porque ese *algo más* es la propia sustancia, el viviente como tal, que se ha formado por diferenciación, no por agregación de partes preexistentes.

Su reconocimiento como sustancia explica también su capacidad causal (causalidad *top-down*). Cada viviente, como sustancia que es, actúa sobre sus partes⁴². Las organiza y coordina de modo que resulten funcionales, es decir, que actúen a favor del conjunto, de la totalidad, del viviente como tal. En este sentido la causalidad *top-down* está vinculada a la funcionalidad, a la organización y a la complejidad.

5. Conclusión

Una vez constatadas las aportaciones del enfoque reduccionista a nuestro conocimiento de los seres vivos, pero también sus indudables limitaciones, hemos querido aquí evaluar las posibilidades que ofrece la nueva perspectiva de la complejidad para la intelección de lo vivo. Hemos comprobado que los seres vivos presentan todas las características de lo complejo, y que su complejidad es genuina e irreductible. Difícilmente, por tanto, podríamos entender lo que son los vivientes sin la perspectiva de la complejidad. Pero dicho concepto no es suficiente como caracterización de lo vivo. Encontramos complejidad también en otros ámbitos de la realidad ajenos a lo

⁴² Sobre la necesidad de ampliar los modelos causales en la ciencia contemporánea, hasta incluir la perspectiva teleológica o causalidad *top-down*, puede verse Th. Nagel, *Mind and Cosmos*, OUP, Oxford, 2012. Cf. También D. Noble, *The music of life: Biology Beyond Genes*, OUP, Oxford, 2006. En el mismo sentido han hablado numerosos científicos, desde W. Heisenberg a C. H. Waddington por citar dos de los más relevantes.

biológico. Este hecho nos lleva a preguntarnos por lo que tiene de específico la biocomplejidad. Lo propio de la biocomplejidad es que se trata de una complejidad con sentido. La complejidad con sentido es asociada por algunos autores, como Henry Atlan, con la organización, que, a diferencia del orden, apunta en un sentido funcional. Dicho de otra forma, sólo por referencia a una función podemos saber si hay o no organización. O lo que es lo mismo, sólo la referencia a una función nos permite establecer el sentido de la complejidad característico de lo viviente. Pero, como sugieren los textos de Aristóteles, las funciones, a su vez, remiten a una realidad ontológicamente anterior, la de la sustancia. Si miramos ahora con perspectiva, vemos como nuestro recorrido nos ha llevado desde la pluralidad de lo complejo hasta la unidad de la sustancia. Quizá esto sea lo que caracteriza profundamente a los vivientes: su capacidad para integrar unidad y complejidad.