

LA IMPORTANCIA DE DEFINIR EN BIOLOGÍA: APROXIMÁNDONOS AL CONCEPTO DE REDUCCIONISMO, EMERGENCIA Y MECANISMO DESDE LA FILOSOFÍA

Juan M. ESTEVE-ESTEVE

Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular

1. INTRODUCCIÓN

Ya en Sócrates encontramos como posible llegar a definiciones universales, y Platón utilizará la definición como guía para descubrir el verdadero ser de las cosas (la forma o idea). Una definición es una proposición que expone la naturaleza de seres, objetos o cualidades, con *claridad y exactitud*, ya sea la definición formal o real y no necesariamente biológica. Definición que, para Aristóteles, se había de hacer mostrando los caracteres genéricos y diferenciales específicos. En Biología, la definición es una delimitación de las características observadas en los objetos biológicos (o seres vivos) a partir de los hechos de la experiencia, que permite su identificación.

Un problema de la Biología (y de su rama, la Biología Celular) reciente, que se manifiesta, por ejemplo, en los libros de texto universitarios, es la ambigüedad y falta de claridad en sus definiciones. A pesar de la importancia de definir en el mundo clásico, observamos que muy pocos textos en Biología Celular tienen el carácter de lectura introductoria básica. En muy pocas ocasiones, sus contenidos dejan de constituir un libro de texto propiamente dicho para el estudio de la célula eucariota (de los que encontramos excelentes textos universitarios). No obstante, un libro de texto en Biología Celular debería, además, tratar con las definiciones esenciales, integrarlas, mostrar su

interdependencia y reflexionar sobre ellas, con el objeto de proporcionar, en parte, un esqueleto básico del área, a desarrollar autónomamente con posterioridad. Esta visión esencial en Biología Celular (que podría estar incluida en los libros de texto al uso) debería pensar sobre lo que la célula eucariota es, para llegar, y como consecuencia, a un sistema de conceptos mínimo suficiente para la comprensión del hecho celular eucariota (entendido el concepto como idea universal y abstracta, frente a la sensación, particular y concreta). Además, sería muy recomendable la lectura de un texto así previo a una asignatura universitaria de Biología Celular, texto que buscaría la comprensión del fenómeno biológico a nivel subcelular y celular. Después de estas definiciones esenciales mínimas, se entraría ya en el vasto universo de descripciones y rutas biológicas. En relación con esto último, en los libros de texto universitarios del área que nos ocupa, no parece haber una orientación temática plenamente satisfactoria. En este sentido, se puede seguir la clásica orientación estructural, donde la estructura subcelular es lo que vertebraba el libro y el punto de partida para el estudio de la función. Señalar que, en los libros de texto que han seguido esta orientación, las estructuras (por ejemplo, las de los diferentes orgánulos celulares) quedan, a nuestro juicio, demasiado aisladas entre sí, como si de entidades *sin apego* y no interrelacionadas se tratara. Sin embargo, los libros de texto actuales han pasado a tener una orientación más bien funcional, donde es propiamente la función el eje de los contenidos y la que actúa, al mismo tiempo, como nexo conector entre las distintas estructuras. Ahora bien, con esta segunda orientación, las variadas estructuras subcelulares quedan como *desdibujadas*, con poco peso conceptual en el conjunto, como si la estructura no tuviese una contribución destacable en las células. Una solución aceptable sería que el texto tuviera una orientación estructural, pero que mostrara las *interacciones estructurales* entre los diferentes componentes subcelulares para que la relación entre ellos no fuese únicamente funcional. En cualquier caso, esta sólo es una de las diversas maneras posibles de explicar la estructura y función de las células eucariotas: ir ascendiendo desde el menor grado o nivel de estructuración en paralelo con las funciones asociadas, y mostrando siempre la interrelación entre las partes. No piense el lector que por todo lo dicho hasta ahora este capítulo va dirigido únicamente a estudiantes, sino también, y precisamente por su carácter esencial, a toda persona con afán de formación y curiosidad *vital*.

2. INTERDEPENDENCIA ENTRE BIÓLOGOS Y FILÓSOFOS: CONTRIBUCIÓN DE LA FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA A LA CLARIFICACIÓN DE LAS DEFINICIONES BIOLÓGICAS

Cierto es que la mayoría de biólogos están más preocupados por su trabajo en el laboratorio que por lo que los conceptos biológicos significan. También es cierto que, si el filósofo de la Biología es filósofo y no biólogo, carece de muchos conocimientos, entre ellos metodológicos, del campo de la Biología (y puede que esté más alejado de la Biología el filósofo que de la Filosofía el biólogo), de modo que su trabajo se convierte en un proceso de deducción, lógicamente partiendo de lo que hay (a veces como un mero juego sin rumbo conducido por la deducción). Aunque disponemos de diferentes definiciones de un concepto (por ejemplo, de mecanismo), y no de una apetecible *definición final teórica*, sabemos igualmente *de qué estamos hablando* cuando hablamos, por ejemplo, de mecanismo; es más, para aportar al conocimiento biológico no es necesaria esta definición final teórica. A la vista de esto, parecería que la Filosofía de la Biología es un campo sin futuro, que ambos, biólogos y filósofos, *pueden arreglárselas igualmente bien solos*: a nuestro juicio, nada más alejado de la realidad si se busca una mejora en sus respectivos campos. Tal como habíamos mostrado arriba, un problema de la Biología actual, escenificado, por ejemplo, en los libros de texto universitarios, es la falta de claridad y precisión en sus definiciones. Cada concepto biológico se ha de definir con claridad y concreción, ubicándolo en su sitio justo y, al mismo tiempo, en relación al resto, mostrando la interdependencia entre ellos como corresponde a una visión de la célula como sistema. Teniendo en cuenta que los problemas conceptuales de la Biología han sido siempre objeto de análisis central por parte de la Filosofía de la Biología, sobre esta ambigüedad y falta de claridad podría arrojarse luz aportando un marco ontológico-formal desde la Filosofía. Cabe señalar que, aunque Filosofía y Biología estuvieron entrelazadas hasta el nacimiento de la ciencia moderna en los siglos XVII y XVIII, no fue hasta los años setenta del siglo XX cuando la Filosofía de la Biología empezó rápidamente a cobrar importancia dentro de la Filosofía de la Ciencia, siendo una de las razones, que no la única pero sí la relacionada con el tema de este estudio, la existencia de problemas conceptuales de la Biología en sí misma. En dicho acercamiento, ambas disciplinas, la Filosofía y la Biología, se ven mutuamente beneficiadas: la Filosofía puede utilizar el continuo de resultados obtenidos por la Biología para plantear e incluso dar nuevas respuestas a problemas filosóficos, y la Biología puede beneficiarse, entre otros, del análisis filosófico de conceptos biológicos como los de gen, individuo, especie, adaptación, mecanismo, complejidad, información y función, señalando ambigüedades y polisemias y cómo evitarlas, así como de una mejor explicación de los

hechos biológicos observados que permita la elaboración de mejores modelos y la predicción en los sistemas biológicos, especialmente en aquellos con múltiples niveles causales. Estas herramientas que aplican los filósofos (de la biología) a los asuntos conceptuales que encuentran los biólogos durante la práctica científica son, por ejemplo: el análisis lógico, la desambiguación y la elaboración de distinciones.

Lo anterior lleva a plantearnos la necesidad de una clarificación de conceptos en Biología, y a encontrar en la Filosofía de la Biología una herramienta para llevarlo a cabo, al menos parcialmente. Así pues, será objetivo de este trabajo exponer y reflexionar sobre algunos textos teóricos actuales, principalmente en Filosofía de la Biología, cuyo contenido, según lo expuesto arriba, puede contribuir a aproximarnos a la definición de, en su caso, reduccionismo, emergencia y mecanismo en Biología. Hacer notar que, definiciones claras y exactas, también desde la Biología, serán necesarias, pues la falta de precisión puede condicionar nuestras conclusiones en cuanto a la relación con otros conceptos (cuestión que será estudiada al dar cuenta de la definición de Biología Celular y de su relación con el pensamiento reduccionista). En este sentido, este trabajo también podría interpretarse como un estudio de la interrelación entre Biología y Filosofía, de su mutua dependencia desde la perspectiva de la definición. Las aplicaciones derivadas de esta propuesta en su conjunto pueden ir desde la elaboración de un texto de conceptos esenciales en Biología (como los tres de arriba, estrechamente ligados entre sí), texto al que hemos hecho referencia ya en esta introducción, pasando por la representación del conocimiento biomédico, y llegando hasta la generación de modelos cada vez más próximos a la realidad biológica.

3. LA IMPORTANCIA DE LA DEFINICIÓN DE LAS DIFERENTES SUBÁREAS DE LA BIOLOGÍA: LA DEFINICIÓN DE BIOLOGÍA CELULAR

La definición va a influir, por ejemplo, sobre la correcta comprensión de herramientas bioinformáticas de amplia utilización. Existen bases de datos, como *Gene Ontology* (GO), que permiten almacenar toda la información actualizada sobre genes y proteínas. Además, muchos softwares de análisis funcional están basados en GO (el primero aparecido en 2002), y permiten realizar un análisis amplio y automático de la gran cantidad de datos que arrojan biotecnologías como los experimentos de *microarray*. Para tener un cuadro completo del fenómeno biológico estudiado, GO incluye tres categorías primarias: éstas son los niveles más altos de abstracción en GO, a partir de los que, por ramificaciones sucesivas, se llega a los muchos niveles más bajos de abstracción. Estos tres niveles primarios son: la función molecular, el proceso biológico y el componente celular, de manera que, de los

diversos niveles generados por ramificación a partir de estos iniciales, nosotros podemos escoger el nivel deseado para hacer el análisis. La misma base de datos GO asigna una definición tanto a cada categoría primaria como a cualquiera de las generadas a continuación. Definición que será válida para GO para saber a qué atenernos a la hora de hacer el análisis, lo que da cuenta de la importancia que se le da al significado en estas plataformas. Tomar un significado distinto al que da GO a cualquiera de las categorías podría acabar en una errónea interpretación de los resultados.

Aparentemente irremediable, el biólogo parece abocado a la falta de consenso en las definiciones de su campo, a la escasa universalidad de la disciplina. Son sus conocimientos y experiencia en el área, y partiendo del contexto, lo que le lleva a plantearse si necesita una definición más o menos rigurosa o lo que le va a hacer comprender un artículo de investigación científica. Aunque los conceptos se van aclarando desde la propia Biología, la Filosofía también puede tener una contribución importante (tal como se ha citado en la Introducción y se desarrollará en los próximos apartados). Un ejemplo de la utilidad de definiciones claras y exactas en Biología lo tenemos también en este segundo ejemplo: en la definición de Biología Celular, que mostramos a continuación.

No hay consenso en cuanto al objeto de estudio específico actual de la Biología Celular: éste va modificándose con el tiempo en función del saber acumulado y de los avances en métodos y técnicas. A nuestro juicio, dentro de la disciplina Biología, la Biología Celular es el área de conocimiento que estudia la composición, estructura y función, todas tanto a nivel subcelular (por ejemplo, y aunque no únicamente, a nivel de orgánulos) como a nivel celular, de las células eucariotas (nótese, por ejemplo, que el significado de *función a nivel subcelular y celular* de nuestra definición de Biología Celular se correspondería con el significado de *proceso biológico* en GO). En esta definición de Biología Celular, también incluimos el estudio de las biomoléculas: bajo este nombre encontramos los diferentes tipos de moléculas que forman parte, temporal o permanente, de los sistemas vivos (señalar que muchos autores, cuando hablan de manera general, incluyen aquí también a los átomos aislados, por ejemplo, iones, aunque rigurosamente deberían quedar fuera). Ahora bien, la Biología Celular estudia las biomoléculas en tanto que integrantes de estructuras y funciones subcelulares (por ejemplo, un enzima de los proteasomas que interviene en la degradación de un sustrato proteico; o una proteína de una ruta de señalización intracelular citosólica que lleva a la formación de autofagosomas) acabando el resultado de su acción en la afectación de una parte de la célula, podría decirse que en una afectación subcelular, y sin perjuicio de que tenga una consecuencia celular; o en tanto que integrantes de estructuras y funciones celulares (por ejemplo, una pro-

teína implicada en algún aspecto del ciclo/división, de la muerte o de la diferenciación celulares) cuya actividad afecta a la célula entera, en su totalidad. Es decir, las biomoléculas en tanto que integrantes de un proceso que tiene una *consecuencia* subcelular y/o celular. Por tanto, y en el sentido que acabamos de decir, las biomoléculas y después los complejos (bio)moleculares, ambos en su *contexto (sub)celular*, serían la unidad mínima objeto de estudio de la Biología Celular. Esta disciplina, por tanto, no entraría en el estudio de la composición, estructura y función molecular, es decir, en el de las biomoléculas aisladas de la célula, fuera de su contexto celular, que quedaría reservado para el campo de la Bioquímica y Biología Molecular (GO hace referencia a esta *función molecular* que estudia la Bioquímica con la misma notación *función molecular*), como por ejemplo la investigación de un mecanismo enzimático con el enzima *in vitro*. En el otro extremo, y en una primera aproximación, una célula eucariota en sí sería la unidad máxima objeto de estudio de la Biología Celular, siendo la membrana plasmática o celular la estructura que marcaría ese máximo. Por encima de una célula como individualidad, nos encontraríamos con el tejido biológico, de cuyo estudio se encargaría el área de la Histología.

Teniendo en cuenta lo anterior, definir con precisión Biología y Biología Celular afectará, por ejemplo, a la respuesta a la pregunta de si la Biología es reductible a la Física y la Química y, lógicamente, a las implicaciones derivadas. Según Diéguez, el pensamiento reduccionista ha ido perdiendo legitimidad aplicado a la Biología. Dado que la Biología tiene muchas ramas, la respuesta a la cuestión anterior puede variar en función de la subárea de la Biología a que se dirija la pregunta. En efecto, para el área de conocimiento de la Bioquímica sería plausible aplicar el pensamiento reduccionista, pero no tanto para el campo de la Biología Celular, y muy discutible para otras áreas de la Biología como la Anatomía, la Botánica o la Zoología. Pensamos que, como los límites entre la Bioquímica y la Biología Celular son más difusos, surge la necesidad de una definición precisa de ambas disciplinas. De ahí la discusión anterior acerca de la definición de Biología Celular. Así pues, dada la gran diversificación actual del campo de la Biología, y la falta de precisión por generalización excesiva en las definiciones, no estaría justificado hacer un uso amplio del término Biología como tal.

4. DISTANCIAMIENTO DEL REDUCCIONISMO Y APROXIMACIÓN A LA DEFINICIÓN DE EMERGENCIA EN BIOLOGÍA

Realizadas en el apartado anterior algunas reflexiones sobre la definición de la propia Biología, y de la Biología Celular en particular, existen dos conceptos biológicos importantes, el de emergencia y el de mecanismo (este segundo se tratará en el próximo apartado), a los que

la Filosofía de la Biología creemos puede contribuir a su definición. En tanto que la clarificación de conceptos siempre ha sido un cometido central en Filosofía, y particularmente en Filosofía de la Biología con el problema, por ejemplo, del concepto de especie, de adaptación y de información, mostramos a continuación, con una introducción previa al reduccionismo, algunas aportaciones de filósofos recientes que pueden contribuir a aproximarnos a la definición de emergencia.

El empirismo lógico dominó la Filosofía de la Ciencia hasta prácticamente mediados del siglo XX: buscaba las leyes de la naturaleza a partir de las cuales se podrían deducir todos los fenómenos naturales. Este empirismo lógico se adaptaba muy bien a la Física, pero no tanto a las Ciencias Biológicas. En este sentido, y ya en los primeros pasos de la Filosofía de la Biología, Mayr criticaba el trasladar a la Filosofía de la Biología una Filosofía de la Ciencia hecha tomando a la Física como modelo: advertía que muchas de las generalizaciones obtenidas desde la Filosofía de la Física eran irrelevantes e incluso falsas cuando se aplicaban a la Biología. En esta crítica, aparece ya implícita, en alguna medida, la preocupación central a lo largo de la historia de la Filosofía de la Biología de la posibilidad del reduccionismo en Biología (biología que debe ser subdividida, como se ha tratado en el apartado anterior). Preocupación que ha ido aumentando en la actualidad, en paralelo con el auge de la Biología de Sistemas. Según Rosen, hay sistemas que pueden ser comprendidos completamente mediante un análisis reduccionista de sus componentes: el comportamiento del sistema entero está completamente determinado por el comportamiento de sus partes (*«bottom up causation»*); por el contrario, los sistemas biológicos no pueden ser descritos adecuadamente en términos puramente reduccionistas, porque el sistema entero determina el comportamiento de sus partes (*«top down causation»*). En relación con esto, Laín dirá que la denominada estructura orgánica u organismo es materia estructurada de manera particular a partir de una serie de procesos físico-químicos ordenados, y que estas estructuras vivientes o seres vivos presentan, como toda estructura, dos tipos de propiedades: propiedades aditivas (por ejemplo, el peso de un animal es la suma de los pesos de todas las células que lo componen (habría que añadir: y del peso del medio extracelular)) y propiedades estructurales o sistemáticas (no reductibles a la suma de sus componentes, como por ejemplo, la vida). En cualquier caso, y tal como ha sido revisado por Diéguez, actualmente el biólogo (teniendo en cuenta la rama de la Biología), por ejemplo, el biólogo celular, se aleja de planteamientos reduccionistas (al menos reduccionistas radicales), de pensamientos del tipo: (i) que la Biología (Celular) sea reductible a las leyes de la Física y la Química o, en general, que el todo sea reductible a la suma de sus partes e interacciones de manera aislada y sea explicado por ellas, o (ii) que será la propia evolución de la Biología como ciencia la que conducirá a la tesis reduccionista en

el futuro, cuando la Biología alcance el *status* de ciencia madura. Sin embargo, la cuestión de la posibilidad del reduccionismo en Biología no viene, a nuestro juicio, únicamente del terreno teórico, sino también del seno de los mismos laboratorios. Aunque desde una perspectiva teórica en Filosofía de la Ciencia, las ambiciones reduccionistas han ido decayendo desde los años setenta del pasado siglo (según Diéguez), el método científico experimental en el laboratorio de Biología Celular se centra (*o se ha venido centrando*) mayoritariamente en subsistemas, desde donde parten los resultados respecto al todo, resultados o bien limitados o bien acompañados de extrapolaciones demasiado permisivas. En la última década, la extensión de las tecnologías Ómicas, de la Bioinformática y de la Biología de Sistemas, parece estar empezando a modificar esta tendencia.

En relación con lo anterior, cuando los sistemas son irreductibles tiene sentido hablar de emergencia, de la aparición de propiedades (emergentes, *nuevas*) en un sistema, no predecibles a partir de las propiedades de las partes del mismo. La emergencia es consecuencia de múltiples interacciones simultáneas en el espacio y en el tiempo entre las partes de, por ejemplo, los sistemas biológicos (o de muchos otros sistemas complejos), y encontramos muchos casos de emergencia en la naturaleza. A pesar de que se conocen estas interacciones, a pesar de diferentes aproximaciones cualitativas (partiendo del reduccionismo y de procesos como la rotura de la simetría o la autoorganización) y cuantitativas, a pesar del auge de la Biología de Sistemas, todavía no se comprende la naturaleza de la emergencia, concretamente su repentino inicio. Este no poder comprender que complica la definición de emergencia es debido, según Johnson, a una cuestión epistemológica: la incapacidad de la mente humana para procesar esta gran cantidad de interacciones simultáneas en el espacio y en el tiempo en los organismos biológicos, donde, por ejemplo, cada unidad que interacciona recibe *feedback* de todas sus vecinas; en definitiva, a las limitaciones cognitivas de la mente humana para pensar en paralelo y más aun con operaciones no binarias. Esto lleva a la necesidad de utilizar ordenadores para superar nuestras capacidades intelectuales innatas, si queremos llegar a una definición de emergencia.

5. DEFINICIÓN DE MECANISMO BIOLÓGICO: ALGUNAS CONTRIBUCIONES ACTUALES DESDE LA FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA

Tal como se ha expuesto arriba, para la mayoría de campos de la Biología no podemos aplicar una postura reduccionista para dar cuenta de los fenómenos biológicos. Es por esto que, cuando no podemos asumir que hay leyes universales para un sistema, las explicaciones de los fenómenos, en este caso biológicos, se pueden basar en el concepto de

mecanismo. Es por ello, según Röhl, que no podemos utilizar el concepto de mecanismo asociado al de reduccionismo (como de hecho se hace), sino más bien que los que proponen explicaciones en Biología basadas en el concepto de mecanismo (explicaciones mecanísticas) tienen una posición intermedia entre el reduccionismo estricto y el holismo (explicaciones holísticas). Así pues, el comportamiento de los sistemas biológicos es comúnmente explicado por la descripción de un mecanismo para los diferentes niveles de organización (molecular, celular, tisular, organismo) que es causa de este comportamiento.

Si todo sistema, y entre ellos los biológicos (como por ejemplo, una célula), presenta dos *componentes*, a saber, *elementos e interacción entre los elementos*, una definición de mecanismo sería el *patrón de interacciones* del sistema. En este sentido, actualmente un tipo de modelización de sistema = elementos + interacciones es el de red = nodos + *links*. No obstante, existen diferentes nociones de mecanismo: Röhl toma tres de ellas y encuentra dos características comunes e importantes a la hora de definir mecanismo. La primera: que su comportamiento específico puede ser caracterizado funcionalmente, y no necesariamente por los estados inicial y final; y la segunda: que las acciones consecutivas juntas de sus componentes llevan a cabo la función del todo.

Si nos centramos en el campo de la Biología, Röhl discute sobre la posibilidad de intercambio de los términos mecanismo y ruta bioquímica o *pathway*, siendo la asimilación entre los dos términos algo que se realiza constantemente en Biología. Este autor concluye que las biomoléculas de los mecanismos implican estructuras materiales estables, mientras que las biomoléculas de las rutas bioquímicas son solubles (están libres) en el citoplasma celular, y que siendo esta la diferencia entonces las diferentes definiciones de mecanismo que ha encontrado son igualmente válidas para mecanismos y para rutas. El problema de definir en Biología se puede ver también a continuación, en nuestra crítica desde una perspectiva biológica a este enunciado de Röhl. A nuestro juicio, no es correcta una distinción entre mecanismos y rutas basada en la libertad de movimiento de las biomoléculas, pues una secuencia completa estímulo-respuesta puede implicar tanto a biomoléculas libres como a fijas en la misma secuencia, incluso la misma molécula que en un instante está libre puede pasar a formar parte de un complejo mayor y estable. Nuestra crítica no va dirigida a si se pueden utilizar como sinónimos, sino a la definición de ambos, es decir, que si no son sinónimos no será debido a la diferente libertad de movimiento de las biomoléculas. Además, creemos discutible la acepción de *estable* de Röhl en Biología, que necesitaría una mayor discusión. Así pues, si no se consensua la definición de mecanismo y ruta no sabemos si se pueden utilizar como sinónimos o no. Nosotros proponemos que mecanismo sea un término abstracto (el patrón de conexiones entre las entidades de la ruta, sea el patrón que sea), mientras que ruta sea la

realización concreta de este patrón que constituye el mecanismo en un tipo de biomoléculas, un tipo de reacciones químicas, etc.

El siguiente problema para una definición de mecanismo, exacta, clara, es que no hay una descripción ontológica aceptable del concepto de mecanismo. Aunque carecemos del objeto de análisis ontológico, en este caso el mecanismo, al tratarse de un concepto, la ontología debe actuar igual y averiguar lo que el mecanismo es. Como una aproximación a la solución de este problema, Röhl propone la introducción de tipos funcionales y de partes funcionales por medio de las cuales las relaciones particulares entre un mecanismo y sus componentes puedan ser captadas.

Esta reflexión filosófica sobre el concepto de mecanismo no debería acabar en una idea abstracta y universal, sino que debe tener una aplicación, como así está sucediendo. En este sentido, la aproximación a una definición de mecanismo está permitiendo la búsqueda de mecanismos en los fenómenos biológicos así como profundizar en la propia investigación biomédica. La filosofía ha proporcionado la base conceptual para representar y analizar el mecanismo biológico, sirviendo de base para diseñar algoritmos en la elaboración de modelos que representan mecanismos que subyacen en la enfermedad genética humana, concretamente el denominado sistema *MecCog*. A diferencia de otros algoritmos que describen las relaciones entre los componentes del sistema, en *MecCog* los componentes del mecanismo han sido asignados a etapas de organización biológica, es decir, está construido concretamente sobre las alteraciones de las actividades que llevan a la enfermedad, lo que facilita su análisis y permite, entre otros, identificar posibles nuevas dianas para tratamientos médicos, así como el análisis de interacciones no lineales entre loci genéticos relevantes, y también la elección personalizada de medicamentos.

6. CONCLUSIONES

En este estudio, nos hemos basado en los filósofos griegos clásicos, así como en la Real Academia Española y en el Diccionario esencial de Filosofía de D. Sánchez, para fijar una noción de definición/definir y mostrar su importancia en tanto que acto claro y exacto. Esto nos ha permitido constatar, la falta de claridad y precisión de las definiciones en los libros de texto universitarios del área de conocimiento de la Biología en general, y de la Biología Celular en particular, e indicar la necesidad de que al menos algún apartado de los mismos dé cuenta de unas mínimas definiciones, claras y sin ambigüedades, al tiempo que esenciales, en este campo. Definiciones rigurosas en Biología las necesitamos, por ejemplo: (i) para la correcta comprensión (diseño de experimento e interpretación de re-

sultados) de las herramientas bioinformáticas (como la base de datos *Gene Ontology* (GO)), y (ii) para la definición de Biología y Biología Celular. En definitiva, necesitamos estas definiciones para la precisa delimitación de las diferentes ramas de la Biología y, en este sentido, demostramos aquí que no hacerlo induce a errores en conclusiones, por ejemplo, acerca de la relación de la Biología con el pensamiento reduccionista. Concluimos a este respecto, que sería posible aplicar una postura reduccionista a alguna subárea de la Biología, como la Bioquímica, previa separación de esta última de la Biología Celular por medio de una definición clara y exacta. El campo de la Filosofía puede contribuir a esta clarificación de las definiciones biológicas (como las de los conceptos estrechamente ligados de reduccionismo, emergencia y mecanismo), si bien, en última instancia, habrá una beneficiosa simbiosis entre las dos, Biología y Filosofía. Concretamente, y en el caso de la Biología, ésta va a sacar provecho del análisis filosófico de conceptos biológicos, así como de una mejor explicación de los fenómenos biológicos observados, que permitan la elaboración de mejores modelos y predicciones en los sistemas biológicos. Y todo ello por medio de las herramientas filosóficas que son el análisis lógico, la desambiguación y la elaboración de distinciones. Algunos ejemplos de contribuciones actuales, desde la Filosofía de la Biología y a partir de autores como A. Diéguez, J. Röhl, P. Laín, B. R. Johnson, W. Bechtel y F. Capra, que pueden contribuir a la definición de, concretamente, reduccionismo, emergencia y mecanismo, se muestran a continuación. Respecto al concepto de emergencia, decir que se ha pretendido definir ésta cuando todavía no se comprende su naturaleza; y no se comprende, según B. R. Johnson, debido a la incapacidad de la mente humana para procesar las interacciones múltiples simultáneas en el espacio y en el tiempo que ocurren en los organismos biológicos. De aquí se desprende que, a día de hoy, sea todavía pronto para llegar a una definición de emergencia, y que nuevas investigaciones sean necesarias. Respecto a los conceptos de reduccionismo y mecanismo, para J. Röhl el concepto de mecanismo no tiene el mismo significado que el de reduccionismo (aunque se venga asumiendo lo contrario), sino uno intermedio entre reduccionismo y holismo. Es más, para W. Bechtel y el mismo J. Röhl, mecanismo es un concepto sobre el que podemos fundamentar una explicación del comportamiento de los sistemas biológicos, lo que pensamos podría aliviar, tal vez solucionar, la discusión clásica sobre la aplicación de reduccionismo y holismo a lo vivo. Mecanismo sería el patrón de interacciones entre los elementos de un sistema; a lo que J. Röhl, a partir del análisis de diferentes definiciones de mecanismo en la literatura, donde encuentra rasgos comunes de tipo funcional, añade que: (i) su comportamiento específico puede ser caracterizado funcionalmente (y no necesariamente por un estímulo y una respuesta específicos) y (ii) las acciones consecutivas juntas

de sus componentes realizan la función del sistema como todo. No obstante, hemos cuestionado y argumentado en contra de la diferencia entre los términos de mecanismo y de ruta bioquímica propuesta por J. Röhl basada en la diferente movilidad de las biomoléculas en la célula, así como del uso que hace J. Röhl del término estable en Biología, lo que viene a ilustrar de nuevo el problema de definir en Biología. Nosotros proponemos que mecanismo sea un término abstracto (el patrón de conexiones entre las entidades de la ruta, sea el patrón que sea), mientras que ruta sea la realización concreta de este patrón que constituye el mecanismo en un tipo de biomoléculas, un tipo de reacciones químicas, etc. Por último, decir que los resultados de una reflexión filosófica sobre el concepto de mecanismo pueden tener también una aplicación en Biomedicina. Concretamente, esta reflexión ha proporcionado la base conceptual para elaborar algoritmos que representan modelos de mecanismos que subyacen en las enfermedades humanas, como por ejemplo el denominado sistema *MecCog*, que permite, entre otros, la elección personalizada de medicamentos para el tratamiento individualizado de una enfermedad. En definitiva, en este trabajo ponemos sobre la mesa el problema de definir en Biología, manifestamos la necesidad de definiciones, claras y exactas, en Biología en general y en y sobre la Biología Celular en particular (constatado, por ejemplo, a partir de los libros de texto universitarios), demostramos que no tenerlas afecta al trabajo del biólogo (por ejemplo, en la correcta comprensión de GO) y por la inducción a error en la respuesta al problema de si es posible aplicar una postura reduccionista a la Biología, y, por último, mostramos ejemplos de cómo la Filosofía, a partir de autores como A. Diéguez, J. Röhl, P. Laín, B. R. Johnson, W. Bechtel y F. Capra, puede contribuir a aproximarnos a la definición de, por ejemplo, reduccionismo, emergencia y mecanismo.

7. REFERENCIAS

- BECHTEL, William, et al. (2005), «Explanation. A mechanist alternative», *Studies in history and philosophy of science*, vol. 36, núm. 2, pp. 421-441.
- CAPRA, Fritjof (1996), *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*, Barcelona, Anagrama.
- DARDEN, Lindley, et al. (2018), «Harnessing formal concepts of biological mechanism to analyze human disease», *PLOS computational biology*, vol. 14, núm. 12, pp. 1-10.
- DIÉGUEZ, Antonio (2011), «¿Qué es filosofía de la biología?», *Encuentros en la biología*, vol. 4, núm. 132, pp. 3-5.
- HECHT, Steven (2012), «The philosophy of modelling or does the philosophy of biology have any use?», *Philosophical transactions of the Royal Society B*, vol. 367, núm. 1586, pp. 170-180.
- JOHNSON, Brian R. (2010), «Eliminating the mystery from the concept of emergence», *Biology and philosophy*, vol. 25, núm. 5, pp. 843-849.

- KHATRI, Purvesh, et al. (2005), «Ontological analysis of gene expression data: current tools, limitations, and open problems», *Bioinformatics*, vol. 21, núm. 18, pp. 3587-3595.
- LAÍN, Pedro (2000), *Cuerpo y alma. Estructura dinámica del cuerpo humano*, Barcelona, Austral.
- OKASHA, Samir (2019), *Philosophy of biology: A very short introduction*, United Kingdom, Oxford University Press.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2019), *Diccionario esencial de la lengua española*, Madrid, Espasa.
- RÖHL, Johannes (2012), «Mechanisms in biomedical ontology», *Journal of biomedical semantics*, vol. 3, núm. 59, pp. 1-14.
- SÁNCHEZ, Diego (2012), *Diccionario esencial de filosofía*, Madrid, Dykinson.
- VOIT, Eberhard O. (2020), *Systems biology: A very short introduction*, United Kingdom, Oxford University Press.

