

interpretación o solución de esa estructura abstracta es un modelo de la teoría. Ésta no posee una interpretación unívoca.

El científico aspira a construir teorías que se apliquen a una clase de sistemas, no sólo a uno. Así, la mecánica clásica de partículas newtoniana es una teoría que tiene como modelos, entre otros, el sistema Tierra-Luna, el sistema solar, y el sistema proyectil-Tierra. Como señala Mosterín apoyándose en Kuhn, la historia de la ciencia nos muestra que las teorías físicas generalmente tienen una multitud de modelos restringidos, y no un único modelo cósmico. Se suele partir de una clase de aplicaciones primeras, paradigmáticas, a partir de las cuales los físicos buscan nuevos modelos a la vez que introducen leyes especiales en la teoría que reducen la clase de modelos potenciales pero aumentan la capacidad predictiva de la misma. La estructura es lo que todos los sistemas que son modelos de la teoría tienen en común. Toda ciencia tiene «historia», descripción de un sistema, algo concreto, y teoría, descripción de una estructura, algo abstracto.

Frente a la aparente dicotomía entre realismo dogmático y subjetivismo relativista, Mosterín se reivindica como un pluralista racional. Para el realista dogmático en cada dominio del saber sólo hay una teoría válida, el resto son rechazadas. Y en último término el realista cree en una teoría total verdadera isomorfa al mundo entero que lo describe tal y como es en sí. Sin embargo, que un sistema no satisfaga la teoría no la refuta; muestra a lo sumo que no es un modelo de la teoría. Siguiendo a Kuhn, y como muestra la práctica científica, los resultados negativos sirven para delimitar el alcance de la teoría. Tampoco significa esto que todo valga: algunas hipótesis son falibles y algunas teorías son absurdas. El concepto clave para Mosterín no es tanto la verdad sino la racionalidad. Una teoría no se confirma ni se refuta sin más, se evalúa racionalmente; se determina dónde, hasta qué punto y con qué margen de error es aplicable o no, según los fines y circunstancias cambiantes.

Mosterín se refiere al científico como un aprendiz de brujo cuyas teorías escapan a sus fines inicialmente propuestos;

éstas establecen relaciones matemáticas imprevistas con una infinidad de sistemas insospechados. Y es que está demostrado que toda teoría consistente posee modelos numéricos. Esto es: es imposible teorizar sobre algo sin estar hablando al mismo tiempo de números naturales. Así que por más que profundicemos en un sistema y tratemos de definir por completo sus estructura, siempre habrá, además, sistemas numéricos que la posean. Esto pone de manifiesto que lo particular último, lo que no se encuentra modelado en el reino de los números, es inasible e inefable, no puede ser objeto de teoría.

En esta obra Mosterín nos ofrece una colección de ensayos que logra combinar accesibilidad y rigor. El uso de la lógica formal aporta precisión sin llegar a dificultar la lectura. Cada capítulo puede leerse con independencia del resto, lo cual permite al lector no avezado o no interesado en un tema pasar al siguiente. A pesar de ello, comparten unos temas conductores y un marco común que hacen del libro una obra unitaria. Dado este formato, las repeticiones son inevitables, pero no son muy numerosas, y las que hay ayudan a seguir el hilo del capítulo. En definitiva, es una obra que puede valer tanto al profano como al entendido, permitiendo que cada uno profundice y seleccione según sus conocimientos y preferencias, y que ofrece una panorámica del pensamiento epistemológico del filósofo bilbaíno.— ALBERTO ÁBAREZ FERNÁNDEZ.

NOVO, J., PEREDA, R., SÁNCHEZ-CAÑIZARES, J., *Naturaleza creativa*, Rialp, Madrid 2018, 196 págs.

Partiendo de la indescifrabilidad del mundo que nos rodea, Novo, Pereda y Sánchez-Cañizares se acercan en esta obra a una Naturaleza organizada y a la vez llena de incógnitas, una Naturaleza fascinante y compleja con la cual el ser humano está en continuo contacto.

El objetivo del libro es buscar sentido, encontrar significado a una Naturaleza que demanda «respeto, asombro, cortesía y reverencia» (p. 12). Partiendo de la realidad observada y confluyendo la interdisciplina-

riedad debido a la procedencia académica de los autores (filosofía, física y biología), estos intentan hacer una filosofía de la naturaleza, tomando como base un paradigma científico actualmente aceptado: el cosmos admite cambio y novedad, es una obra en construcción que tiene un dinamismo excepcional y cuyos impredecibles resultados le hace estar cargado de promesas.

Los capítulos, que abordan cuestiones amplias y transversales, van aportando algo de luz a la, en principio, incomprendibilidad de significado de la Naturaleza.

Cuando nos acercamos a la realidad física que nos rodea podemos observar, aunque a menudo nos pase desapercibida, la interconexión de todo lo que existe. Esta sistematización (capítulo I) es una de las características de la naturaleza que, junto a la existencia de ciclos temporales internos y externos que condicionan la vida, son abordadas por los autores.

Centrados en la idea de sistemas, definen estos como el «conjunto de partes que interaccionan y que resulta integrado o unificado» (p. 25). La dinamicidad e inestabilidad de los sistemas dificulta nuestro conocimiento sobre ellos, más aún en los sistemas vivos donde juega un papel fundamental el ruido, el cual activa nuevas dinámicas y regímenes de funcionamiento en los sistemas que originan, por ejemplo, la evolución. De ahí que los autores caractericen los sistemas de la naturaleza como inestables, indeterminados y afectados por el ruido, aunque ordenados de una manera jerárquica.

En esta visión sistémica nos encontramos, por consiguiente, con un todo formado por partes que son, a su vez, todos formados por partes. Así, inmersos en la realidad física, ésta muestra un cierto orden, unas regularidades cíclicas (repeticiones de procesos) y estructurales (sistemas complejos, dinámicos y no-lineales organizados a diferentes niveles) que, inscrita en la direccionalidad del tiempo, avanza hacia el futuro.

En ese avance imparable hacia el equilibrio termodinámico final se encuentra lo inerte y el mundo inorgánico. Frente a ello *lo vivo* (capítulo II) se comporta de manera «egoísta», centrándose en sí mismo con el fin de mantenerse.

Si se trata de dar razón de la aparición y permanencia de lo vivo aun cuando esto parece comportarse al margen de lo general, implicando además un «ajuste fino» del universo con unas constantes físicas con valores muy precisos, los autores reconocen no tener la respuesta definitiva. Con todo, el cosmos permite su permanencia y progresión a través de la reproducción: «si no fuese por la reproducción, la vida habría desaparecido del universo hace mucho tiempo» (p. 52). La reproducción garantiza la supervivencia de un sistema vivo que acabará encontrándose con la muerte.

Tres son las características que permiten al ser vivo perpetuarse: programa, metabolismo y contenedor, configuración que se encuentra en todas las formas de vida que se dan sobre la Tierra.

El ser vivo necesita transmitir la información de unas generaciones a otras, y lo hace a modo de «manual de instrucciones» mediante el ADN. Pero para ello necesita energía que obtiene del medio externo mediante el metabolismo, procesándola en su interior. Dependiendo del modo en que extraigan el carbono, esencial para la vida, podemos distinguir entre sistemas autótrofos y heterótrofos. La pertenencia a uno u otro sistema caracteriza el movimiento, la percepción y la actividad de lo vivo sobre el entorno. El sistema vivo tiene dos campos de actividad interrelacionados: el interior (reacciones químicas: metabolismo) y el exterior (respuestas a los cambios en el entorno), mediante los cuales intenta mantener la estabilidad interna, la *homeostasis* («permanecer igual»). Para mantener sus patrones de funcionamiento el sistema vivo utiliza el metabolismo, logrando así la capacidad de amortiguar o asumir las alteraciones exteriores. Cuando el viviente no logra reaccionar ante las perturbaciones y mantener su homeostasis se encuentra con su final: la muerte (p. 55). Por último, para la vida es necesario, además de portar un metabolismo y una molécula que almacene y transmita las instrucciones, que todo ello quede delimitado por una membrana dentro de una pequeña vesícula: la célula, base de los sistemas vivos naturales.

Como afirman los autores: «Todo ser vivo es un sistema muy complejo, cuya *construc-*

ción exige fabricar y ensamblar una enorme cantidad de moléculas en configuraciones muy precisas y sofisticadas» (p. 63). «Los seres vivos construyen un todo, un sistema dinámico-completo, mediante un proceso de carácter informacional que garantiza la homeostasis y la futura posibilidad de reproducción» (p. 65). Los sistemas naturales vivos se reproducen mediante un proceso auto-dirigido, siendo este un proceso de desarrollo.

Nuestros autores se centran ahora (capítulo III) en los tres elementos que, combinados, forman la historia de cada viviente: la genética, la biología del desarrollo y la ecología.

Partiendo del hecho de que todo cambia y en un universo en el que lo vivo se diversifica en formas y estructuras inimaginables, hay, sin embargo, una cierta unidad básica, un cierto orden. ¿Cómo se ha llegado a esa diversidad y por qué comparten características que, si bien son tan diversas, permiten clasificarlas?

En la respuesta a esta pregunta por las transformaciones de unas formas de vida en otras a lo largo del tiempo, nuestros autores se adentran en la teoría evolutiva. Las propuestas de selección natural de Darwin y la genética de Mendel o el neodarwinismo así como su insuficiencia explicativa debido a los estudios actuales de teoría neutral de la evolución o de genética evolutiva, ocupan las siguientes páginas de la obra. También se abordan los cambios macroevolutivos, los cuales son debidos, preferentemente, a cambios en el control de la actividad de los genes, por modificaciones en las secuencias a las que se unen los factores de transcripción" (p. 87). Sin embargo, esta genética de poblaciones, junto a la biología del desarrollo («Evo-Devo») que estudia el desarrollo embrionario, no bastan para responder a la cuestión planteada, sino que los autores señalan la importancia del ambiente, pues las condiciones que este genera son el motor o desencadenantes de cambios genéticos. Ahora bien, estos solo quedarán para la historia si los cambios introducidos quedan reflejados en la genética, de ahí la interacción entre genes, ambiente y desarrollo.

Respecto a los procesos evolutivos, dos características básicas son su plasticidad y

resiliencia. Mientras que la segunda hace que a lo largo de los procesos evolutivos el sistema mantenga sus propiedades sin modificarse radicalmente, la plasticidad permite que estos puedan reorganizarse y responder a las demandas de un contexto ambiental cambiante. La tensión entre ambas fuerzas son resultado del «dinamismo propio de las redes de regulación génica que rigen los procesos de desarrollo de los seres vivos» (p. 98).

La evolución, por tanto, para estos autores, es «la respuesta a cambios genéticos, ambientales y ecológicos mediante la reconfiguración de las redes de regulación génica que controlan los programas de desarrollo de los seres vivos» (p. 99). Por tanto, los seres vivos son una colección de rasgos adaptativos. Ahora bien, de estas soluciones biológicas los autores abordan en el capítulo IV cuáles de se han dado en la evolución, cuáles han sido favorecidas y por qué otras, sin embargo, son poco probables.

Los autores introducen aquí un concepto clave: la *restricción*, un conjunto de limitaciones básicas a las que están sujetos los planes constructivos de los seres vivos y sobre las cuales selecciona la selección natural. Sobre este «conjunto limitado de posibilidades de desarrollo de planes corporales se depositarían las diversas adaptaciones concretas que la selección natural dicta de acuerdo con las condiciones ambientales y ecológicas en las que se desenvuelve ese sistema vivo» (p. 124). Aquello que selecciona la selección natural es, precisamente, la capacidad de evolucionar, la *evolucionabilidad*: capacidad de innovar y reinventarse a la vez que mantiene la estabilidad básica de aquellas estructuras y funciones que han sido especialmente útiles en el tiempo.

La vida es continua novedad, por ello, una vez que apareció en nuestro planeta tuvo que adquirir la capacidad de cambiar y adaptarse a lo nuevo, a lo inesperado, lo impredecible. Eso es la evolución, la capacidad de la vida de enfrentarse a lo impredecible, pues sólo pervive aquello que se puede adaptar a situaciones nuevas.

El conjunto de formas posibles que puede adoptar un órgano nos indica qué funciones podrá llevar a cabo; a su vez, la eficacia

con la que ese órgano realice determinadas funciones establecerá, mediante selección natural, su éxito evolutivo y dictará cuales variantes serán las que finalmente prevalezcan. Así, en el capítulo V nuestros autores precisan el significado de dos términos que han llevado a múltiples especulaciones filosóficas: mecanismo y funciones.

Más allá de esto, es interesante el abordaje de la cuestión de la finalidad en la naturaleza. Nuestros autores hablan de una *finalidad inmanente de los sistemas naturales* que hace que la actividad de los seres vivos esté marcada por la orientación hacia una meta, sin caer en lo que ellos denominan el *error* de traspasar el umbral hacia una finalidad extrínseca (teleología).

En el último capítulo, los autores remarcarán una idea sostenida a lo largo de toda la obra: lo vivo no se puede describir con los métodos de la física y la química. Y es que con lo vivo el universo pasa a estar gobernado por procesos, un proceso repleto de novedades que abre continuamente nuevas posibilidades. Si bien algunas de éstas pueden ser previsibles, en otras asistimos a la aparición de auténticas novedades cuando el sistema muestra propiedades que no son reducibles al comportamiento de sus partes. Es lo que lleva a nuestros autores a hablar de *emergencia*: nuevas propiedades que no estaban contenidas en los componentes que lo constituyen y que muestran regularidades que no se pueden explicar con las leyes que rigen el comportamiento de sus constituyentes.

Lo anterior lleva a concluir que la naturaleza está dotada de la creatividad necesaria para garantizar un futuro lleno de novedades (fenómenos emergentes) cada vez más llenas y maravillosas (p. 179).

En un libro marcadamente interdisciplinar, aunque se hace especial atención a la conexión biológico-física, los autores acercan al lector de una manera didáctica a la naturaleza que les rodea intentando dotarla de significado. Ese era su objetivo: conciliar al ser humano con la naturaleza, para lograrlo era necesario buscar el sentido de esta.

Nos encontramos a lo largo de las más de doscientas páginas de esta obra con una naturaleza al modo de una inmensa red de relaciones organizadas en sistemas y que tiene una finalidad que, en el caso de lo vivo, es la supervivencia, el asegurar que la vida seguirá adelante: «Esto, en palabras de los autores, se consigue mediante la *reproducción* y la generación de *variaciones* que permiten la selección de formas y funciones adaptadas a un *entorno cambiante*. *Evolucionabilidad* y *creatividad* se hacen realidad mediante una sucesión de contingencias confinadas a lo biológicamente posible. *Evolución* y *adaptación*, dentro de los límites y posibilidades impuestos por los procesos de desarrollo, serían, por tanto, las propiedades fundamentales y fundantes de lo vivo» (p. 149). – JUAN JESÚS GUTIERRO CARRASCO