



# **LA ESTRUCTURA DE LA REALIDAD**

**David DEUTSCH**

¿Qué es, cómo es el mundo? Este libro propone una teoría totalizadora que permita responder a esta pregunta mediante la suma de cuatro áreas de conocimiento: la física cuántica, la epistemología, la teoría computacional y la teoría de la evolución. A partir de estos cuatro ejes, el brillante ensayo de David Deutsch investiga temas de candente actualidad en la investigación científica, tales como los usos presentes y futuros de la informática, las aplicaciones de la realidad virtual a la investigación sobre los universos paralelos, la polémica sobre la verdadera naturaleza de las matemáticas y los límites de su infalibilidad, el concepto de tiempo y la posibilidad de viajar a través de él... Todo ello lleva a preguntarse sobre el sentido de la vida humana y el destino último del universo. Un libro osado y radical, que plantea preguntas inquietantes y ofrece propuestas muy estimulantes para la ciencia del nuevo siglo.

Dedicado a la memoria de Karl Popper, Hugh Everett y Alan Turing, así como a Richard Dawkins.  
Este libro se toma sus ideas en serio.

## AGRADECIMIENTOS

**E**l desarrollo de las ideas expuestas en este libro se vio considerablemente favorecido por conversaciones con Brice DeWitt, Artur Ekert, Michael Lockwood, Enrico Rodrigo, Dennis Sciama, Frank Tipler, John Wheeler y Kolya Wolf.

Doy las gracias a mis amigos y colegas Ruth Chang, Artur Ekert, David Johnson-Davies, Michael Lockwood, Enrico Rodrigo y Kolya Wolf, a mi madre, Tikvah Deutsch, así como a mis editores Caroline Knight y Ravi Mirchandani (de Penguin Books), John Woodruff y, especialmente, Sarah Lawrence, por su exhaustiva y crítica lectura de los primeros borradores y sus sugerencias de múltiples correcciones y mejoras.

También estoy agradecido a Harvey Brown, Steve Graham, Rossella Lupaccini, Svein Olav Nyberg, Oliver y Harriet Strimpel y, especialmente, Richard Dawkins y Frank Tipler, por haber leído y comentado diversos fragmentos del original.

## PREFACIO

**E**l principal motivo que me ha inducido a exponer la concepción del mundo que se ofrece en este libro es que, gracias a una serie de extraordinarios descubrimientos científicos, disponemos hoy día de algunas teorías muy complejas sobre la estructura de la realidad. Si aspiramos a comprender el mundo en un sentido que no sea meramente superficial, deberemos hacerlo por medio de esas teorías y la razón, y no basándonos en nuestros prejuicios, las ideas que nos han sido imbuidas o, incluso, el sentido común. Las mejores de esas teorías no sólo son más ciertas que el sentido común, sino que también son mucho más sensatas. Debemos tomárnoslas en serio, no como meros fundamentos pragmáticos para sus respectivos campos, sino como explicaciones del mundo. Opino también que alcanzaremos la máxima comprensión de la realidad si las consideramos de manera conjunta y no por separado, puesto que están inextricablemente relacionadas.

Quizá parezca extraño que la sugerencia de que debemos tratar de comprender el mundo de modo racional y coherente, y para ello hemos de recurrir a las mejores y más fundamentales de esas teorías, pueda resultar insólita o suscitar controversias, pero así es. Una de las razones de esta situación es que dichas teorías, cuando se toman en serio, presentan múltiples implicaciones que no se pueden comprender de modo intuitivo. Consecuencia de ello es que se ha hecho toda clase de intentos para evitar enfrentarse a esas implicaciones, desde introducir modificaciones

ad hoc en dichas teorías o reinterpretarlas, hasta reducir de manera arbitraria su ámbito de aplicación o, simplemente, utilizarlas en la práctica, pero sin aspirar a sacar de ellas todas las conclusiones posibles. Criticaré algunos de estos intentos (ninguno de los cuales, en mi opinión, tiene demasiado mérito), pero sólo cuando ello contribuya a explicar mejor las propias teorías. Y es que la presente obra no tiene como objetivo prioritario defender dichas teorías, sino investigar cuál sería la estructura más verosímil de la realidad si fueran ciertas.

## 1

## LA TEORÍA TOTAL DE LA REALIDAD

**R**ecuerdo que me contaban, siendo niño, que en la antigüedad era posible que una persona aprendiese la totalidad del saber de su época. Me decían también que hoy día son tantos los conocimientos, que nadie puede aspirar a aprender más que una minúscula fracción, incluso a lo largo de una dilatada vida. Ésta última afirmación me sorprendía y me contrariaba. De hecho, me negaba a creerla. No sabía cómo justificar mi incredulidad, pero lo cierto es que no quería que las cosas fuesen así, y envidiaba a los sabios de la antigüedad.

No era que pretendiese memorizar todos los hechos recogidos en la infinidad de las enciclopedias que hay en el mundo; bien al contrario, me repugnaba la memorización. No era éste el sentido en que deseaba aprender todo el saber de mi época. No me habría desanimado que me hubiesen dicho que aparecen diariamente más publicaciones de las que podría leer en toda mi vida, o que existen seiscientas mil especies conocidas sólo de escarabajos. No albergaba ningún deseo de seguir la trayectoria de cada alondra. No imaginaba tampoco que un sabio de la antigüedad que, hipotéticamente hubiese aprendido todos los conocimientos de su tiempo, lo hubiese hecho así. En realidad, tenía una idea más sutil de lo que debía considerarse aprender: por «aprender» entendía *comprender*.

La idea de que una persona sea capaz de comprender todo lo comprensible puede parecer no menos fantástica, pero, ciertamente, no lo es tanto como la de que una persona memorice todos los hechos conocidos. Por ejemplo, nadie podría memorizar todos los datos publicados como consecuencia de las observaciones ni siquiera en un campo tan reducido como es el de los movimientos de los planetas, pero son muchos los astrónomos que *comprenden* esos movimientos en la medida en que es posible comprenderlos. Y ello es así porque la comprensión no depende del conocimiento de una infinidad de hechos aislados, sino de disponer de los conceptos, explicaciones y teorías adecuados. Una teoría relativamente sencilla y comprensible puede englobar un número infinito de hechos de difícil asimilación. La mejor teoría sobre el movimiento de los planetas es *la teoría general de la relatividad* de Einstein, que a principios del siglo XX dejó obsoletas la ley de la gravitación universal y las demás leyes de Newton, fundamento de la mecánica clásica. En principio, la teoría general de la relatividad es capaz de predecir correctamente no sólo todos los movimientos planetarios, sino también todos los demás efectos de la gravitación con la máxima exactitud que permiten nuestros sistemas de medidas. Que una teoría prediga algo «en principio» significa que las predicciones se siguen lógicamente de ella, incluso si en la práctica los cálculos necesarios a fin de realizar algunas de esas predicciones son demasiado complejos para resultar factibles desde un punto de vista tecnológico, o incluso para que sea posible desarrollarlos en el universo tal como lo conocemos.

La capacidad de predecir o describir las cosas, aun con la máxima exactitud, no significa, ni mucho menos, comprenderlas. En física las predicciones y las descripciones se expresan a menudo mediante fórmulas matemáticas. Supongamos que, si dispusiese del tiempo y la inclinación para ello, memorizara la fórmula que me permitiría calcular

cualquier posición planetaria recogida en las tablas astronómicas. ¿Qué ganaría con ello, exactamente, en comparación con memorizar directamente dichas tablas? La fórmula es más fácil de recordar, pero, por otra parte, buscar un dato en las tablas puede ser más fácil todavía que calcularlo mediante la fórmula. La verdadera ventaja que ofrece ésta es que puede ser utilizada incluso en casos que no están recogidos en las tablas, por ejemplo, para predecir el resultado de futuras observaciones. Puede también situar más exactamente las posiciones históricas de los planetas, pues los datos recogidos en las tablas contienen errores de observación. Con todo, aunque la fórmula permite el acceso a un número de datos mucho mayor que el recogido en las tablas, sabérsela de memoria no equivale a comprender el movimiento de los planetas. Los hechos no pueden ser entendidos simplemente porque sean expresados mediante una fórmula, al igual que no lo pueden ser por estar recogidos en unas tablas o ser confiados a la memoria. Sólo pueden ser comprendidos si son explicados. Afortunadamente, las principales teorías ofrecen tanto profundas explicaciones como ajustadas predicciones. La teoría general de la relatividad, por ejemplo, explica la gravedad en términos de una nueva geometría tetradimensional de tiempo y espacio curvos. Explica con toda precisión cómo esta geometría afecta a la materia y es afectada por ella. Esta explicación constituye el contenido fundamental de la teoría; las predicciones sobre movimientos planetarios no son más que algunas de las consecuencias que podemos deducir de esa explicación.

Lo que hace tan importante a la teoría general de la relatividad no es que permita predecir los movimientos planetarios un poco más exactamente que la teoría de Newton, sino el hecho de revelar y explicar aspectos de la realidad previamente insospechados, tales como la curvatura del espacio y el tiempo. Esto es algo característico de la explicación científica. Las teorías científicas explican los obje-

tos y fenómenos que conocemos por medio de la experiencia en términos de una realidad subyacente que no experimentamos de modo directo. Pero la capacidad de una teoría para explicar lo que conocemos sólo por la experiencia no es su más valioso atributo, sino el hecho de que explique la estructura de la realidad. Como veremos, uno de los atributos más valiosos y significativos, así como útiles, del pensamiento humano, en general, es su capacidad para descubrir y explicar la estructura de la realidad.

Algunos filósofos, sin embargo —e incluso algunos científicos—, menosprecian el papel de la explicación científica. Para ellos, el propósito básico de una teoría científica no es explicar todo, sino predecir los resultados de la experimentación: su contenido fundamental reside en la capacidad de predicción de sus fórmulas. Consideran que cualquier explicación consistente que una teoría pueda ofrecer para sus predicciones resulta válida —o, incluso, que tanto da que no ofrezca ninguna explicación—, mientras esas predicciones sean ciertas. Este punto de vista recibe el nombre de *instrumentalismo* ya que considera que la teoría es un mero «instrumento» para hacer predicciones. Para los instrumentalistas, la idea de que la ciencia pueda permitirnos comprender la realidad subyacente que es la causa última de los fenómenos que descubren nuestras observaciones es una falacia y una vana presunción. Opinan que las teorías sólo son válidas para predecir los resultados de los experimentos, y todo lo demás es mera palabrería. Las explicaciones, en particular, son consideradas por ellos simples apoyos psicológicos: una especie de ficción que incorporamos a las teorías para hacerlas más entretenidas y fáciles de recordar. El premio Nobel de Física Steven Weinberg se encontraba, sin duda, en un estado de ánimo instrumentalista cuando formuló este insólito comentario acerca de la explicación que da Einstein de la gravedad:

Lo importante es que podamos hacer predicciones acerca de las imágenes que aparecen en las placas fotográficas de los astrónomos o las frecuencias de las rayas espectrales, por ejemplo; en cambio, carece de importancia que atribuyamos esas predicciones a los efectos físicos de los campos gravitatorios sobre el movimiento de los planetas y los fotones [como en la física anterior a Einstein] o a una curvatura del espacio y el tiempo (*Gravitation and Cosmology*, p. 147).

Weinberg y los demás instrumentalistas se equivocan. De hecho, *importa* a qué atribuimos las imágenes que aparecen en las placas de los astrónomos, e importa no sólo a los físicos teóricos, como yo, cuya motivación básica para la formulación y el estudio de teorías es el deseo de comprender mejor el mundo. Y, sin duda, ésa es también la motivación de Weinberg. ¡No creo que sienta realmente la compulsión de predecir imágenes y espectros! Y es que, incluso en aspectos meramente prácticos, la capacidad explicativa de una teoría es lo importante, y la predictiva lo accesorio. Si esto resulta sorprendente, imaginemos que un científico extraterrestre hubiese visitado la Tierra y nos hubiese dejado un «oráculo» de tecnología ultraalta que permitiese predecir el resultado de cualquier experimento, pero no ofreciese explicación alguna del porqué. Según los instrumentalistas, una vez en posesión de semejante oráculo, ya no necesitaríamos teoría científica alguna, excepto, quizás, como entretenimiento. Pero ¿es esto cierto? ¿Cómo se utilizaría el oráculo en la práctica? Es evidente que debería poseer el conocimiento para construir una nave espacial, por ejemplo. Pero ¿cómo nos ayudaría exactamente a construirla, o a construir otro oráculo idéntico a él, o incluso una ratonera más eficaz? El oráculo sólo predeciría los resultados de los experimentos; por lo tanto, antes de consultarle, deberíamos conocer los experimentos sobre los que le íbamos a interrogar. Si le suministrásemos el diseño de la nave

espacial y los detalles de una determinada prueba de vuelo, nos diría cómo se comportaría mientras era probada, pero en ningún caso diseñaría la nave por nosotros. Incluso si predijera que iba a estallar en el despegue, no nos diría cómo prevenir la explosión. Esta tarea también quedaría reservada para nosotros, pero antes de emprenderla, antes incluso de intentar mejorar en lo posible su diseño, deberíamos haber *comprendido*, entre otras cosas, el funcionamiento de la nave. Sólo entonces tendríamos la posibilidad de descubrir la existencia de algún fallo capaz de hacerla estallar durante el despegue. La predicción —incluso la universal, perfecta—, simplemente, no sustituye a la explicación.

Del mismo modo, en una investigación científica el oráculo no nos proporcionaría ninguna teoría nueva. A menos que ya dispusiésemos de alguna y se nos hubiese ocurrido el experimento para probarla, no podríamos preguntarle al oráculo qué sucedería si esa teoría era sometida a dicha prueba. Por lo tanto, el oráculo no sustituiría a las teorías, sino a los experimentos. Nos ahorraría cuantiosas inversiones en laboratorios y aceleradores de partículas. En lugar de construir prototipos de naves espaciales y arriesgar la vida de pilotos de pruebas, podríamos realizar todos los ensayos en tierra, con pilotos cómodamente instalados en simuladores de vuelo cuyo comportamiento sería controlado por las predicciones del oráculo.

El oráculo sería útil en múltiples situaciones, pero su utilidad dependería siempre de nuestra capacidad para resolver los problemas científicos del mismo modo en que lo hacemos ahora, es decir, ideando teorías explicativas. Ni siquiera reemplazaría a *toda* la experimentación, puesto que su utilidad para predecir los resultados de un determinado experimento dependería, en la práctica, de si describirse de la manera adecuada para que proporcionase una respuesta útil fuera más fácil que realizarlo directamente. Es evidente que el oráculo necesitaría una especie de «interfaz

de usuario». Lo más probable es que hubiera que introducir en él una descripción lo más completa posible del experimento mediante algún lenguaje estándar, lenguaje en el que ciertos experimentos resultarían más difíciles de describir que otros. En la práctica, la descripción necesaria para muchos de los experimentos resultaría demasiado compleja para poderla introducir. El oráculo presentaría, pues, las mismas ventajas e inconvenientes que las otras fuentes de datos experimentales, y sólo resultaría útil en los casos en que su empleo fuese más conveniente que el de cualquiera de ellas. En realidad, ya disponemos de dicho oráculo: es el mundo físico que nos rodea. Nos dice el resultado de cualquier experimento concebible siempre que se lo preguntemos utilizando el lenguaje adecuado (por ejemplo, realizándolo), si bien en algunos casos no resulta práctico «introducir la descripción del experimento» en la forma requerida (por ejemplo, construir el aparato y hacerlo funcionar), pero no nos ofrece explicaciones.

En contadas aplicaciones, por ejemplo, en la predicción meteorológica, un oráculo puramente predictivo puede resultarnos casi tan satisfactorio como una teoría explicativa. Pero ello sólo sería así en el caso de que las predicciones del oráculo fuesen completas y perfectas. En la práctica, como bien sabemos, las predicciones meteorológicas son incompletas e imperfectas, y, para compensarlo, incluyen explicaciones de cómo los meteorólogos llegaron a sus conclusiones. Estas explicaciones nos permiten juzgar la fiabilidad de las predicciones y deducir otros pronósticos relevantes para el lugar donde nos encontramos y nuestras necesidades. Por ejemplo, es importante saber si la predicción de que mañana será un día ventoso se debe a que va a afectarnos una zona de altas presiones o a que se acerca un huracán: en este último caso, tomaremos las necesarias precauciones. Los meteorólogos necesitan también teorías explicativas sobre el tiempo, a fin de saber qué variables deben introducir en sus programas informáticos de predic-

ción, qué observaciones adicionales será oportuno agregar para conseguir un pronóstico más ajustado, etcétera.

Así pues el ideal instrumentalista encarnado por nuestro imaginario oráculo —es decir, una teoría científica a la que se ha despojado de todo su contenido explicativo— resultaría de una utilidad estrictamente limitada. Debemos estar satisfechos de que las teorías científicas reales no se parezcan a este ideal y de que, en la realidad, los científicos no dirijan sus esfuerzos a conseguirlo.

Una forma extrema de instrumentalismo, llamada *positivismo*, *neopositivismo* o *positivismo lógico*, sostiene que todo enunciado que no describa o prediga observaciones, no sólo es superfluo, sino que carece de sentido. Si bien esta doctrina carece asimismo de todo sentido, según sus propios criterios, constituyó la teoría dominante en el conocimiento científico de la primera mitad del siglo XX, y las ideas instrumentalistas y positivistas aún tienen seguidores. Una de las razones por las que resultan superficialmente plausibles es el hecho de que, aunque la predicción no es el propósito de la ciencia, forma parte de su *método* característico de operar. El método científico implica que cada vez que se postula una nueva teoría para explicar un fenómeno, debe llevarse a cabo una *prueba experimental crucial*, un experimento que compara las predicciones de la vieja teoría y la nueva. Ello permite descartar aquella cuya predicción resultó errónea. Así pues, el resultado de la prueba experimental crucial para decidir entre dos teorías depende de las predicciones de éstas, y no de sus explicaciones. Éste es el origen de la idea errónea de que lo único que cuenta en una teoría científica son sus predicciones. Pero la prueba experimental no es, ni mucho menos, el único proceso involucrado en el progreso del conocimiento científico. La gran mayoría de las teorías se rechazan porque contienen explicaciones defectuosas, no porque no superen las pruebas experimentales. Las rechazamos incluso sin molestarnos en probarlas. Imaginemos, por ejemplo, la

teoría de que comer un kilo de hierba constituye una cura efectiva contra el resfriado común. Esta teoría propone predicciones experimentalmente comprobables: si fuese ensayada con resultados nulos, sería rechazada como falsa. Pero nunca ha sido ensayada —ni lo será, con toda probabilidad—, porque no ofrece ninguna explicación de qué causa la cura. Con toda razón, la presumimos falsa. Continuamente aparecen infinidad de nuevas teorías posibles de esa clase, compatibles con observaciones existentes y que ofrecen nuevas predicciones, de modo que jamás dispondremos del tiempo y los medios necesarios para comprobarlas todas. Lo que sometemos a prueba son aquellas nuevas teorías que parecen ofrecer la posibilidad de proporcionar mejores explicaciones que las que las han precedido.

Afirmar que la predicción es el propósito de una teoría científica es confundir los medios con los fines. Es como decir que el propósito de una nave espacial es quemar combustible. De hecho, consumir combustible es sólo una de las muchas cosas que una nave espacial debe hacer para alcanzar su verdadera finalidad, que es transportar su carga de un punto del espacio a otro. Superar pruebas experimentales no es más que una de las muchas cosas que una teoría debe hacer para alcanzar la verdadera finalidad de la ciencia, que es explicar el mundo.

Como he dicho, es inevitable que del entramado de las explicaciones formen parte cosas que no observamos directamente: átomos y fuerzas, el interior de las estrellas y la rotación de las galaxias, el pasado y el futuro, las leyes de la naturaleza. Cuanto más profunda es una explicación, más lejos están de la experiencia inmediata las entidades a las que debe referirse, pero ello no significa que dichas entidades sean ficticias; bien al contrario, son parte de la propia estructura de la realidad.

Las explicaciones a menudo proporcionan predicciones, al menos, en principio. En efecto, si una cosa es, en principio, predecible, una explicación suficientemente completa