Reduccionismo, objetividad, paradigmas y otras cosas de la ciencia

Posted on 1 de enero de 2004 by Antonio Fernández-Rañada

Steven Weinberg es uno de los grandes físicos de hoy, quizá el líder más activo y respetado en el campo de las partículas elementales. Uno de sus trabajos sobre la unificación de las fuerzas electromagnética y nuclear débil, que le valió el Premio Nobel en 1979, sigue siendo el que más citas ha recibido en las revistas de todo el mundo en el campo de las partículas elementales. Unificar esas fuerzas consistió en demostrar que, si bien parecen dos cosas muy distintas en experimentos a baja energía (los más fáciles de realizar y, por tanto, los que dieron lugar a las primeras codificaciones teóricas), son en realidad dos aspectos diferentes de una misma y única fuerza, hoy llamada electrodébil, que se explica con una sola teoría unificada. Se trata de un paso más hacia el entendimiento de todas las fuerzas fundamentales de la naturaleza como diversos aspectos de una sola. Cabe mencionar como precedentes la unificación por Newton de las leyes de los mundos estelar y sublunar, o la de Maxwell de la electricidad y el magnetismo. Weinberg no es un científico de torre de marfil sino un extravertido intelectual, un buen polemista que da conferencias, escribe divulgación y ensayos sobre ciencia, aparte de libros técnicos de gran difusión en las universidades de todo el mundo. Una obra suya de divulgación, *Los tres primeros minutos del universo*, fue hace algunos años un enorme éxito editorial en muchos idiomas. *Plantando cara* recoge veintitrés ensayos y conferencias sobre temas diversos, publicados en revistas y libros como *Scientific American*, *The New York Review of Books*, *The Atlantic Monthly* o *The OxfordHistory of the 20th Century*. Merece la pena leer estos textos tanto por referirse a cuestiones muy fundamentales sobre el valor del conocimiento científico como por la significación de su autor. Éste habla siempre desde dentro de la ciencia y en nombre de ella, siendo sus argumentos y su estilo los de quien defiende su campo con gran convicción, frente a todo lo que considera argumentos equivocados de otros científicos, sociólogos o filósofos. Entre los temas tratados en esta recopilación cabe mencionar su defensa apasionada del reduccionismo, de la racionalidad y la objetividad científica y los malos entendidos sobre los paradigmas de Kuhn.

Su visión del reduccionismo como piedra angular de la ciencia es radical, quizá con pocos matices. Einstein dijo en cierta ocasión: «El objetivo supremo de la física es llegar a las leyes elementales y universales, gracias a las que todo el cosmos se pueda construir por pura deducción». Eso es lo que quiere hacer también Weinberg a partir de los electrones y los

quarks, pues está convencido de que todo el mundo puede construirse de abajo arriba Ver Steven Weinberg, *Sueños de una teoríafinal*, Madrid, Crítica, 1995. 2 Ph. Anderson, *Science*, 177 (1972), págs. 393-396. Física 16 Enero, 2004.. Parte de la idea de que algunas ciencias deben apoyarse en otras para sentar sus bases conceptuales. Así, la química debe usar a la física cuántica para entender los niveles de energía de los átomos o cómo se produce el enlace entre ellos; la biología necesita conceptos de la química para entender la misma idea de vida; y la neurología precisa de ideas biológicas. De ahí deduce Weinberg que cada ciencia se reduce efectivamente a la aplicación de las ideas de otra más fundamental, cuyo objeto de estudio es más simple, a un campo de mayor complejidad. Más en concreto, opina que la neurología se reduce a la biología, es decir, es sólo biología aplicada; la biología puede considerarse como química aplicada, y la química, nada más que física aplicada. Si cada una se reduce a la que está inmediatamente por debajo en términos de complejidad, iterando el esquema resultaría que todas las ciencias se reducen a la física y, más aún, a la física de partículas elementales, que es su rama más fundamental. Este es el esquema tradicional del reduccionismo, ya sugerido por Leucipo y Demócrito, y el que defiende Weinberg. Nótese el alcance de esta idea, tomada en su radicalidad extrema, para una teoría del conocimiento: una persona conocedora de la física de las partículas tendría la verdad en sus manos y su opinión, en principio, valdría inevitablemente más que la de cualquier otra.

Es cierto que Weinberg no llega a realizar esa última afirmación, pero es fácil deslizarse hasta ella desde sus premisas. Se da cuenta de la gran dificultad de construir, por ejemplo, la neurología o la biología *sólo* en términos de la biología o la química, respectivamente. De hecho, llega a admitir que construir todas las ciencias a partir de las partículas elementales es hoy imposible, pero no da mucha importancia a ese problema, le parece nada más que una cuestión práctica, probablemente resoluble en el futuro con mejores métodos de cálculo. Por este motivo, y para responder a algunas críticas, matiza un poco su esquema admitiendo dos clases de reduccionismo, a los que llama el grande y el menor (en el ensayo «El regreso del reduccionismo»). En sus propias palabras, el reduccionismo grande es «la visión de que toda la naturaleza es como es […] a causa de leyes simples y universales a las que todas las demás leyes científicas deben ser reducidas». El menor, «una doctrina mucho menos interesante, se basa en que las cosas se comportan del modo en que lo hacen a causa de las propiedades de sus constituyentes: por ejemplo un diamante es duro a causa de la manera precisa en que se unen entre sí los átomos de carbono que lo constituyen». Estas definiciones pueden ser tildadas de imprecisas para las consecuencias radicales que Weinberg les atribuye, pues en su ya citada *Sueños de una teoría final* asevera, basándose en ellas, que la física de partículas elementales se podrá constituir en teoría final y definitiva de la naturaleza cuando se complete próximamente (parece sugerir que eso ocurrirá en pocas décadas). A partir de ese momento podríamos (al menos en principio) deducir todas

las demás ciencias a partir de esa rama de la física. Primero el resto de la física, luego la química, después, la biología, y así sucesivamente hacia arriba. Nótese el orden de complejidad creciente de esta sucesión.

Este punto de vista tiene partidarios, sobre todo entre los particulistas, aunque también detractores, más abundantes en otras ramas de la ciencia. Conviene advertir, sin embargo, que la palabra reduccionismo se usa a menudo de modo poco preciso, refiriéndose a veces a los constituyentes de la materia (reduccionismo ontológico), otras al método con que debemos investigar (metodológico), en ocasiones a la posibilidad de deducir una ciencia de otra de un nivel de complejidad menor (epistemológico), matización no usada por Weinberg. No deben mezclarse a la ligera esos puntos de vista, pues ocurre que una persona puede ser reduccionista desde uno de ellos y no serlo desde otro. El ontológico se refiere a cuáles son los componentes de un sistema y afirma que todas las cosas tienen los mismos en su nivel más elemental, rechazando, por ejemplo, que los seres vivos tengan ningún tipo de espíritu o principio vital distinto de lo que hay en las cosas inertes (es decir, que todo está hecho de átomos). El metodológico asegura que analizar un sistema estudiando sus componentes es un buen método de investigación. Estos dos tipos de reduccionismo no plantean problemas importantes o difíciles.

Mucha mayor sustancia tiene el reduccionismo epistemológico, que afirma que todas las propiedades de una ciencia pueden deducirse de las de un nivel inferior. Weinberg pasa aquí de puntillas por una cuestión de gran calado que necesitaría más discusión, pues el reduccionismo epistemológico es una pretensión conflictiva porque abre la puerta al establecimiento de la física de partículas elementales como una teoría final y definitiva que encierre todo el conocimiento sobre todas las cosas que ocurren en el mundo. Podríamos entonces radicalizar las palabras de Rudolf Carnap –«no hay ninguna pregunta cuya respuesta sea en principio inalcanzable por la ciencia»– añadiendo «basándose sólo en la física de partículas elementales» (cabe decir que Carnap cambió de opinión y, así, afirmó en 1958 que «las matemáticas y la física tienen en común la imposibilidad de la certeza absoluta»). En parte por esas razones, muchos científicos no admiten el reduccionismo radical defendido por Weinberg, quien menciona entre ellos al zoólogo Ernest Mayr y a los físicos Philip Anderson y Freeman Dyson.

La cuestión es importante. Debe advertirse que el nacimiento de la hoy llamada ciencia de la complejidad está obligando a cambiar muchas ideas sobre ella. Se suele decir que esa ciencia nació en 1972, cuando el premio Nobel Philip Anderson, uno de los más destacados físicos de la materia condensada, publicó en la revista *Science* un famoso artículo titulado «More is different» 2 en el que se opone frontalmente al reduccionismo epistemológico. Su opinión es rotunda: «La hipótesis reduccionista no implica una hipótesis "construccionista".

En otras palabras, la capacidad de reducirlo todo a leyes simples fundamentales no implica la capacidad de reconstruir el universo a partir de esas leyes [como quería hacer Einstein] […] Cuanto más nos hablan los físicos de partículas elementales sobre la naturaleza de las leyes fundamentales, menos relevancia parecen tener para los problemas reales del resto de la ciencia, mucho menos para los de la sociedad. La hipótesis construccionista falla al enfrentarse con las dificultades gemelas de la escala y la complejidad».

Es significativo que Anderson se dedique a la materia condensada, rama de la física que trata de sistemas más complejos que las partículas elementales. Su postura se debe a su convicción de que cada nivel de complejidad tiene leyes que son fundamentales en ese nivel y que sólo pueden encontrarse desde dentro de él, sin que puedan deducirse de las de un nivel más simple: son las llamadas leyes o propiedades emergentes. Lo que Anderson sostiene es que, si bien los átomos y las moléculas están compuestos por protones, neutrones y electrones, la química no es una pura consecuencia de la física, ni la biología puede serlo sólo de la química, a pesar de que hormonas, proteínas o anticuerpos sean especies químicas; la neurología no es pura biología, ni la psicología es completamente reducible a la neurología. Según él, las reducciones conseguidas hasta ahora y las que se logren en el futuro serán siempre interesantes, pero parciales.

Las propiedades emergentes aparecen al pasar a un nivel de mayor complejidad, en el que interactúan muchos elementos simultáneamente. A partir de un cierto umbral, lo cuantitativo se hace cualitativo: ese es el sentido de la divisa de Anderson «Más es diferente». Tenemos así dos interpretaciones contrarias de la ciencia. Según Weinberg, en un futuro próximo se podrá elaborar todo el conocimiento humano (al menos como cuestión de principio) a partir del nivel de menor complejidad (las partículas, por ahora). Para ello bastará con subir hacia arriba, pasando de un nivel de complejidad al siguiente, y aplicar a cada nivel las leyes del nivel inmediatamente inferior (la biología a partir sólo de la química, pongamos por caso). Para Anderson, eso es imposible: aunque una ciencia utilice conceptos de la que está al nivel de complejidad inmediatamente inferior y la necesite en parte, nunca podrá desarrollarse sólo a partir de ella; es necesario, por el contrario, introducirse directamente en su nivel propio de complejidad para encontrar allí las leyes emergentes que son tan fundamentales en su propio nivel como las de la física de partículas en el suyo. Es decir, que el mundo no puede entenderse por pura deducción y moviéndose de abajo arriba: es imprescindible entrar de lado y directamente en cada nivel de complejidad.

Aquí parece haber algo raro. A primera vista es razonable esperar que Weinberg esté en lo cierto y Anderson se equivoque pues, ¿por qué no va a ser posible deducir las leyes de un nivel de complejidad a partir de las de un nivel inferior, si se tienen las ecuaciones de una buena teoría en este nivel más bajo? La práctica científica de muchos años incita a dar por

supuesta una creencia general, implícita y poco discutida: si conocemos las ecuaciones que sigue un sistema, esto es, la forma matemática de las leyes que rigen su estructura y evolución temporal, tenemos en la mano todos sus comportamientos posibles (recordemos lo que Laplace dijo de su demonio: «el pasado y el futuro [del mundo] estarían presentes ante sus ojos»). Pero hoy sabemos que, si bien es así en muchos problemas simples, llega a dejar de serlo al ascender la escalera de lo complejo. La razón está en que el conocimiento de las ecuaciones no garantiza que se puedan encontrar las soluciones, es decir, el comportamiento detallado de los sistemas. Este es el importante y difícil problema de la computabilidad, que asomó ya las orejas desde la teoría del caos y que hasta hace poco solía pasarse por alto: hay cosas que pueden formalizarse mediante ecuaciones, pero que no pueden calcularse. Por ejemplo, hoy no es posible deducir la viscosidad o la densidad de un fluido a partir de sus moléculas, ni la masa de un nucleón a partir de los quarks que lo componen: es preciso tomarlas como datos empíricos e insertarlas en leyes obtenidas trabajando en sus propios niveles. Más aún, hay muchas razones para pensar que esa imposibilidad es una cuestión de principio cuando se quiere pasar a un nivel de complejidad más alto. Silvan Schweber, físico teórico distinguido y profesor de Historia de las Ideas en la Universidad de Brandeis, lo expresa mediante una comparación quizá sorprendente. La ciencia prenewtoniana ordenaba el cosmos en las esferas terrestre, planetaria y celeste; tras haber abandonado ese esquema, hoy estamos descubriendo que el mundo está estructurado en niveles de complejidad diferente, cada uno de los cuales tiene sus propias leyes e incluso sus propias ontologías. En particular, las leyes de las distintas escalas de espacio y de tiempo tienen sus propias estructuras complejas y por eso no puede haber una teoría que lo explique todo. La sabiduría total a partir de algunos elementos simples es una nueva versión del mito edénico del Árbol de la Ciencia del Bien y del Mal. Según Anderson (prácticamente no citado por Weinberg), es una idea imposible.

En otros ensayos de *Plantar cara*, Weinberg considera la influencia de la obra de Thomas Kuhn *La estructura de las revoluciones científicas* (en lo que sigue, *La estructura*) en la percepción de la ciencia que se tiene en algunos medios intelectuales. Recordemos que muchos consideran a Kuhn como el filósofo norteamericano más influyente y que *La estructura* es el libro más citado de entre todos los escritos en el mundo académico durante el siglo XX. Weinberg se declara amigo de Kuhn (coincidieron en la Universidad de Berkeley a principios de los años sesenta) a pesar de su fuerte desacuerdo con algunas de sus ideas. El libro hace uso de la palabra «paradigma» para designar a los diferentes marcos conceptuales que se han sucedido a lo largo de la historia de la ciencia, como la física aristotélica, las teorías newtoniana, einsteniana y cuántica, o las concepciones ondulatoria y corpuscular de la luz. A Weinberg le parece una palabra adecuada y le gusta la descripción de lo que Kuhn llama ciencia normal, pero discrepa frontalmente de su interpretación de los cambios de

paradigma, esto es, de las revoluciones científicas.

El punto central del desacuerdo es el aserto kuhniano de que dos paradigmas diferentes son «inconmensurables», en el sentido de que no pueden ser comparados porque sus mundos conceptuales son demasiado distintos, no siendo posible pasar del uno al otro ni asegurar que uno de ellos está más cerca de la verdad que el otro. Weinberg, sin embargo, no cree que haya problemas para comparar dos paradigmas y niega rotundamente esa inconmensurabilidad. La práctica totalidad de los científicos que se han preocupado de esta cuestión, por no decir todos, está de acuerdo con el análisis de Weinberg, según creo.

En cambio, esta inconmensurabilidad agrada mucho a quienes niegan la objetividad de la ciencia. Causa gran satisfacción, por ejemplo, a los filósofos posmodernos, o a los apóstoles del pensamiento débil, o a los defensores del llamado programa fuerte de sociología del conocimiento, que con distintos matices coinciden en afirmar que las teorías científicas no triunfan por razones empíricas objetivas, sino por consensos entre colegas a los que se llega por razones políticas, sociales o económicas, o por una moda intelectual, quizá parecida a las vanguardias artísticas, o por el puro capricho del momento. Si así fuese, y hablando en términos epistemológicos, la ciencia no sería muy distinta del arte o la literatura, tendría poca o ninguna objetividad y sería mucho más subjetiva de lo que se cree. Desde esos puntos de vista, el colofón radical de esta inconmensurabilidad es que la ciencia no progresa, ni lleva a un mejor conocimiento del mundo, porque todos los enunciados científicos acabarán siendo sustituidos por otros diferentes que no son ni mejores ni peores.

Estas opiniones suelen irritar a los científicos que no encuentran ninguna dificultad en comparar paradigmas ni en pasar de uno a otro. Así lo hacen de modo usual y cotidiano, yendo y viniendo entre el paradigma newtoniano y el einsteniano o entre el newtoniano y el cuántico o, a tres bandas, entre las concepciones de la luz ondulatoria, corpuscular y cuántica, por hablar sólo de algunos casos. No ven ningún indicio de inconmensurabilidad, lo que explican mediante la idea de «teoría que es límite de otra teoría», muy importante para entender esta cuestión pero ajena del todo a *La estructura*. Por ejemplo, la dinámica newtoniana es el límite de la relatividad especial a pequeñas velocidades o de la teoría cuántica a grandes acciones.

El propio Kuhn se sintió molesto por la radicalidad de algunas interpretaciones de sus ideas. Así, en 1965 afirmó que la defensa por Paul Fayerabend de la irracionalidad de la ciencia basada en *La estructura* le parecía «no sólo absurda sino incluso vagamente obscena»; y en 1991 «encuentro absurdas las pretensiones del programa fuerte [de sociología de la ciencia], es un ejemplo de deconstrucción enloquecida». Además afirmaba que sí creía que la ciencia progresa realmente, si bien no hacia un punto prefijado de antemano.

¿Cómo es posible que haya discrepancias tan grandes en la interpretación de la obra de Kuhn? Una primera razón es que la definición de paradigma dada en *La estructura* es notablemente imprecisa, como puede comprobar enseguida cualquier lector. Así, por ejemplo, incluye en ella cosas tan distintas como los enunciados científicos que son contrastables con los experimentos y los presupuestos implícitos o las interpretaciones que no lo son. La filósofa de Cambridge Margaret Masterman mostró en un estudio que Kuhn se vale de la palabra paradigma con veinte sentidos diferentes a lo largo de su libro. Hay quien elige uno solo de ellos o combina a la carta varios distintos, según la conveniencia del momento. Weinberg dedica a este tema su ensayo «La no revolución de Thomas Kuhn», que me parece certero, pasando en él revista a varios casos de la historia de la ciencia para examinar cómo cambian los paradigmas. Tras asegurar que *La estructura* de Kuhn le parece interesante a pesar de que la idea de inconmensurabilidad de paradigmas es completamente equivocada, propone una explicación de cómo y por qué llegó su autor a unas ideas tan unánimemente rechazadas por los científicos.

Por una parte, Weinberg distingue entre lo que llama partes dura (de duradera) y blanda de los paradigmas. Aunque su definición de esas dos partes es imprecisa, creo que se corresponde con la distinción más elaborada entre enunciados científicos y metacientíficos. Los primeros son las afirmaciones que se comparan con los resultados de las medidas, es decir, el contenido predictivo de una teoría, su parte esencial; los segundos son afirmaciones sobre los primeros, incluyendo en particular las interpretaciones, y no son contrastables con la experiencia. Los primeros tienen mucha objetividad; los segundos no son necesariamente objetivos y pueden depender de la época histórica o, quizá, de aspectos culturales. En otras palabras, esos dos tipos de enunciados forman parte de lo que una teoría científica tiene de representación fiel del mundo y de interpretación de él, respectivamente. Así, la parte dura de la teoría de la gravitación de Newton es la forma matemática de su ley y sus consecuencias; en la parte blanda está su interpretación del espacio como el sensorio de Dios. En el electromagnetismo de Maxwell, la parte dura son sus ecuaciones y todo lo que se deduzca de ellas; la parte blanda es la interpretación de que los campos representan vibraciones del éter. Lo importante es la parte dura pues, al cambiar de paradigma, se puede abandonar la parte blanda, manteniendo una cierta validez la teoría anterior en cuanto tiene de representación del mundo (como una aproximación fiel dentro de cierto margen de precisión). Por eso la retirada de Dios del mundo de la ciencia o el abandono del éter (cuando Einstein pronunció su famosa frase «sólo sirve para poner un sujeto al verbo vibrar») ni obligaron a cambiar las ecuaciones de Newton o de Maxwell, ni plantearon ningún problema importante a los científicos. Los cambios de un paradigma a otro no les impide compararlos entre sí, ya que las interpretaciones siempre son secundarias para ellos, aunque en ocasiones es lo único que perciben quienes se acercan a la ciencia desde fuera. Eso explica

muchos malentendidos.

Pero se necesita algo más para entender la radicalidad que el propio Kuhn confirió a su idea de paradigma. De hecho, se ha afirmado que, según su descripción, un cambio de paradigma se parece más a una conversión religiosa, a una caída del caballo como la de san Pablo, que a un ejercicio de la razón. Weinberg rastrea las razones de esa visión extremada en los textos de Kuhn y en alguna carta que se cruzó con él. Cuenta que, en una conferencia dada en Padua en 1992 durante la celebración del cuarto centenario de la primera que dio allí Galileo, y a la que él mismo asistió como conferenciante, Kuhn explicó con gran énfasis la fuerte impresión que había sentido súbitamente años antes al estudiar a Aristóteles y sentir una nueva apreciación de su valor: «La mandíbula se me descolgó con la sorpresa. De repente Aristóteles me pareció verdaderamente un buen físico, pero de una clase que nunca había soñado posible» (es de suponer que muy distinto de Galileo, Newton o Einstein). Weinberg admite que el paso de la física aristotélica a la galileana o newtoniana sí merece la radicalidad que Kuhn dio a los cambios de paradigma. En ese caso, las visiones anterior y posterior son realmente inconmensurables, pero la estructura de todos los cambios posteriores fue muy distinta porque fueron mucho menos radicales. En otras palabras, que una vez iniciada la ciencia moderna, los diversos paradigmas sí son conmensurables. El problema estaría pues en la aplicación a todas las revoluciones científicas de una percepción que sólo es válida para la salida del aristotelismo. De ahí surgiría el malentendido posterior, piensa Weinberg. Tiene razón, según creo.

Estos temas seguirán siendo objeto de discusión, pues una gran parte del futuro de la cultura depende del entendimiento que llegue a prevalecer sobre ellos. Por eso es interesante este libro.

Autor: STEVEN WEINBERG

Edicion: Paidós, Barcelona, 288 págs.

Titulo: Plantar cara. La ciencia y sus adversarios culturales