

DRAKONTOS

Frank Wilczek

La ligereza del ser

Masa, éter y la unificación de fuerzas



CRÍTICA

La ligereza del ser

Masa, éter y la unificación de fuerzas

Frank Wilczek

Traducción castellana de
Rosa M. Salleras Puig

CRÍTICA
BARCELONA

Primera edición: mayo de 2018
Primera edición en esta nueva presentación: junio de 2018

La ligereza del ser. Masa, éter y la unificación de fuerzas
Frank Wilczek

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *The Lightness of Being. Mass, Ether, and the Unification of Forces*
Basic Books

Todos los derechos reservados © Frank Wilczek, 2008

© de la traducción, Rosa M. Salleras Puig, 2009

© Editorial Planeta S. A., 2018
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

editorial@ed-critica.es
www.ed-critica.es

ISBN: 978-84-9199-004-8
Depósito legal: B. 11167 - 2018
2018. Impreso y encuadernado en España

El papel utilizado para la impresión de este libro es 100% libre de cloro y está calificado como papel ecológico.

Llegando a *ello*

El universo no es lo que solía ser, ni tampoco lo que parece.

¿De qué va todo ello? Las personas que se dedican a reflexionar sobre el amplio mundo que les rodea, sobre la variada y a menudo desconcertante experiencia de la vida y sobre la perspectiva de la muerte, suelen hacerse esta pregunta. Buscamos las respuestas en muchas fuentes: en los textos antiguos y en las tradiciones que permanecen, en el amor y en la sabiduría de otras personas, en la producción creativa de la música y el arte, y cada una de estas fuentes tiene algo que ofrecer.

No obstante, el primer paso lógico en busca de respuestas debería ser comprender lo que «ello» es. Nuestro mundo tiene cosas importantes y sorprendentes que decirnos acerca de sí mismo, y de esto trata este libro. Mi propósito consiste en enriquecer la comprensión del lector de, precisamente, «aquello» en cuyo interior ambos nos encontramos.

Sentidos y modelos de mundo

En primer lugar, construimos nuestros modelos de mundo a partir de materias primas extrañas: herramientas de procesado de señales «diseñadas» por la evolución para hacernos llegar poco a poco un universo repleto de información a través de unos pocos canales de entrada de flujos de datos.

¿Flujos de datos? Solemos denominarlos vista, oído, olfato y demás sentidos. Desde un punto de vista moderno, la vista es el sentido

que toma muestras de la radiación electromagnética que pasa a través de minúsculos agujeros en nuestros ojos captando sólo un estrecho arco iris de colores en el interior de un espectro mucho más amplio. Nuestro oído realiza un seguimiento de la presión del aire en nuestros tímpanos y el olfato proporciona su extravagante análisis químico del aire que incide en nuestras membranas nasales. Otros sistemas sensoriales proporcionan información general referente a la aceleración general de nuestro cuerpo (sentido cinético), temperaturas y presiones sobre la superficie (tacto), unas cuantas mediciones rudimentarias de la composición química de la materia que se deposita en nuestra lengua (gusto) y algunas cosas más.

Estos sistemas sensoriales permitieron a nuestros antepasados, igual que nos permiten a nosotros, construir un modelo de mundo próspero y dinámico que les dio la capacidad de reaccionar de un modo eficaz. Los componentes más importantes de modelo de mundo son entidades más o menos estables (como, por ejemplo, otras personas, animales, plantas, rocas..., el Sol, las estrellas, las nubes...) algunos, en movimiento, otros peligrosos, algunos buenos para comer y otros, unos pocos selectos e interesantes, compañeros muy deseables.

Los dispositivos que potencian nuestros sentidos revelan un mundo más exuberante. Cuando, en la década de 1670, Antonie van Leeuwenhoek observó el mundo de los seres vivos a través de los primeros microscopios eficaces, vio órdenes de seres ocultos y totalmente insospechados. En resumen, descubrió bacterias, espermatozoides y la estructura estriada de las fibras musculares. En la actualidad, podemos averiguar el origen de muchas enfermedades (y de muchas bondades) remontándonos hasta las bacterias; la base de la herencia (en realidad, la mitad de ella) se encuentra en los diminutos espermatozoides, y nuestra capacidad de movernos depende de esas fibras estriadas. De igual modo, cuando Galileo Galilei orientó su primer telescopio hacia el cielo, allá por la década de 1610, aparecieron nuevos tesoros: manchas en el Sol, montañas en la Luna, lunas alrededor de Júpiter y una multitud de estrellas que poblaban la Vía Láctea.

Ahora bien, el dispositivo definitivo que potencia los sentidos es la mente pensante. Las mentes pensantes nos permiten darnos cuenta de que el mundo contiene mucho más y de que, en muchos aspectos, di-

fiere bastante de aquello que abarca nuestra vista. Muchos hechos clave sobre el mundo no se precipitan a ponerse al alcance de nuestros sentidos. El desfile de estaciones, que marchan al unísono con el ciclo anual de amanecer y ocaso, la rotación nocturna de las estrellas que cruzan el cielo, el desplazamiento más intrincado, si bien previsible, de la Luna y de los planetas, y su relación con los eclipses, son patrones, todos ellos, que no podemos captar con la vista, el olfato o el oído; sin embargo, las mentes pensantes sí pueden distinguirlos y, tras haber observado estas regularidades, no tardan en descubrir que son «más» regulares que las reglas generales que guían nuestro día a día y nuestras esperanzas. Los fenómenos regulares más profundos y ocultos se prestan a la aritmética y la geometría, en resumen, a la precisión matemática.

La práctica de la tecnología y, de forma notable, la del arte, dejaron al descubierto otros fenómenos regulares ocultos. El diseño de los instrumentos musicales de cuerda constituye un hermoso e importante ejemplo histórico. Alrededor del año 600 a.C., Pitágoras observó que los tonos de una lira suenan más armoniosos cuando la relación de la longitud de las cuerdas forma una sencilla fracción de un número entero. Inspirado por estas pistas, Pitágoras y sus discípulos realizaron un extraordinario avance intuitivo. Previeron la posibilidad de un tipo diferente de modelo de mundo, menos dependiente del accidente de nuestros sentidos pero más acorde con las armonías ocultas de la naturaleza y, en último término, más fiel a la realidad. En eso radica el sentido del credo de la hermandad pitagórica: «todas las cosas son números».

La revolución científica del siglo xvii empezó a hacer realidad aquellos sueños de la antigua Grecia, una revolución que condujo a las leyes matemáticas del movimiento y de la gravedad de Newton, leyes que permitieron calcular con precisión el movimiento de los planetas y de los cometas, así como proporcionaron herramientas poderosas para describir el movimiento de la materia en general.

Aun así, las leyes de Newton operan en un modelo de mundo muy diferente al de la intuición corriente. El espacio newtoniano es infinito y homogéneo, motivo por el cual, la Tierra y su superficie no constituyen lugares especiales. Las direcciones «arriba», «abajo» y «lateral» son fundamentalmente similares y tampoco se favorece al reposo en

detrimento del movimiento uniforme. Ninguno de estos conceptos se ajusta a la experiencia diaria, fueron motivo de preocupación de los coetáneos de Newton e incluso del propio Newton (a quien no le satisfacía la relatividad del movimiento, aun cuando sea la consecuencia lógica de sus ecuaciones, y, para soslayarla, postuló la existencia de un espacio «absoluto» en relación al cual se definen al verdadero reposo y el verdadero movimiento).

En el siglo XIX tuvo lugar otro gran avance, con las nuevas ecuaciones para la electricidad y el magnetismo de James Clerk Maxwell. Dichas ecuaciones capturaban una mayor variedad de fenómenos, que incluían tanto los conocidos antes como las nuevas predicciones de tipos de luz (lo que ahora conocemos con el nombre de radiación ultravioleta y ondas de radio, por ejemplo), en un modelo de mundo matemático y preciso. Una vez más, no obstante, este gran avance exigió un reajuste y una gran ampliación de nuestra percepción de la realidad. Donde Newton describía el movimiento de las partículas bajo la influencia de la gravedad, las ecuaciones de Maxwell llenaban el espacio con el juego de «campos» o «éteres». Según Maxwell, lo que nuestros sentidos perciben como un espacio vacío, en realidad, alberga campos eléctricos y magnéticos invisibles que ejercen fuerzas sobre la materia que observamos. Aunque empiezan como mecanismos matemáticos, los campos saltan de las ecuaciones y adoptan una vida propia. Los campos eléctricos variables generan campos magnéticos y los campos magnéticos variables inducen campos eléctricos. Por lo tanto, estos campos pueden animarse mutuamente, dando nacimiento a perturbaciones que se reproducen a sí mismas y que viajan a la velocidad de la luz. Desde el tiempo de Maxwell, entendemos que estas perturbaciones son lo que «es» la luz.

Estos descubrimientos de Newton, Maxwell y de otros muchos científicos brillantes expandieron en gran medida la imaginación humana, pero los sueños de Pitágoras no han estado nunca tan cerca de hacerse realidad hasta la física de los siglos XX y XXI. A medida que nuestra descripción de los procesos fundamentales se hace más completa, vemos más y lo vemos de un modo diferente. La estructura profunda del mundo es muy diferente de su estructura superficial. Los sentidos con los que nacemos no están ajustados a nuestros modelos

de mundo más completos y precisos. Invito al lector a ampliar su visión de la realidad.

Poder, significado y realidad

De niño, me encantaba pensar que, tras la apariencia de las cosas, grandes poderes y significados ocultos se hallaban al acecho.¹ Me fascinaban los espectáculos de magia y de mayor quería ser mago, pero mi primer juego de magia me decepcionó mucho. Aprendí que el secreto de la magia no radicaba en un poder genuino, sino que se trataba más bien de un conjunto de supercherías.

Más tarde, quedé fascinado por la religión: más específicamente por la fe católica en la que crecí. La religión católica me reveló que, tras la apariencia de las cosas, se ocultan significados secretos, grandes poderes sobre los que las oraciones y los rituales pueden influir. Pero, a medida que aumentaba mi conocimiento científico, algunos de los conceptos y explicaciones de los textos sagrados me parecían, sin lugar a dudas, equivocados y, conforme avanzaba en el estudio de la historia y de la historiografía (la manera de escribir la historia), algunos de los relatos en esos textos llegaron a parecerme dudosos en grado sumo.

Lo que más me desilusionó, sin embargo, no fue que los textos sagrados contuvieran errores sino que no aguantaran la comparación. Comparado con lo que estaba aprendiendo en ciencia, aportaban pocas ideas realmente sorprendentes y poderosas. ¿Dónde se encontraba una visión que pudiera competir con los conceptos de espacio infinito, de la vasta expansión del tiempo o de estrellas distantes que rivalizan con nuestro Sol y lo superan? ¿De nuevas fuerzas ocultas e invisibles formas de «luz»? ¿O de tremendas energías que los humanos pudieran aprender a liberar y a controlar tras comprender sus procesos «naturales»? Llegué a pensar que si Dios existe Él (Ella, Ellos o Ello) hizo un trabajo mucho más digno de admiración al revelarse a Sí mismo en el mundo que al hacerlo en los antiguos libros, y que el poder de la fe y

1. ¡Y me sigue encantando!

de las oraciones es esquivo y poco fiable comparado con los milagros diarios de la medicina y de la tecnología.

«¡Ah! —oigo objetar al creyente tradicional—, pero el estudio científico del mundo natural no revela su significado.»

A lo que puedo responder: déle una oportunidad. La ciencia revela algunas cosas sorprendentes sobre lo que es el mundo. ¿Acaso deberíamos esperar poder comprender lo que significa antes de saber lo que es?

En tiempos de Galileo, los profesores de filosofía y teología (ambas materias de estudio eran inseparables) produjeron grandes discursos sobre la naturaleza de la realidad, de la estructura del Universo y del modo en que funciona el mundo, todos basados en sofisticados argumentos metafísicos. Mientras tanto, Galileo medía la velocidad de las bolas que rodaban sobre un plano inclinado. ¡Qué prosaico! Los sabios discursos, sin embargo, y pese a su grandilocuencia, no dejaban de ser imprecisos, frente a las investigaciones de Galileo, claras y precisas. La antigua metafísica nunca progresó, mientras que el trabajo de Galileo produjo unos frutos abundantes y muy espectaculares. A Galileo también le preocupaban las grandes cuestiones, aunque se dio cuenta de que obtener auténticas respuestas exige paciencia y humildad ante los hechos.

La lección sigue siendo válida y pertinente en la actualidad. Es muy posible que la mejor manera de abordar las grandes y definitivas cuestiones sea a través del diálogo con la naturaleza. Debemos plantear subpreguntas directas que le proporcionen la oportunidad de contestar con respuestas dotadas de significado, en particular respuestas que tal vez nos sorprendan.

Este enfoque no surge de forma natural. En la vida para la que hemos evolucionado, las decisiones importantes se han de tomar rápidamente utilizando la información que tenemos a mano. Los cazadores tenían que clavar su lanza en su presa antes, si querían evitar convertirse ellos mismos en presa. No podían detenerse a estudiar las leyes del movimiento, la aerodinámica de las lanzas y el modo de calcular una trayectoria. Y las grandes sorpresas, definitivamente, no eran bien recibidas. Nuestro proceso evolutivo nos ha dotado de la capacidad de aprender y utilizar las reglas generales, no de la de buscar las causas últimas y establecer finas distinciones. Y menos aún nos ha dotado de

la capacidad de desarrollar grandes cadenas de cálculos que vinculan las leyes fundamentales a las consecuencias observables. ¡Las computadoras nos superan con creces!

A fin de sacar el mayor provecho a nuestro diálogo con la naturaleza, debemos aceptar utilizar su propio lenguaje y, para ello, no bastan los modos de pensamiento que nos ayudaron a sobrevivir y a reproducirnos en la sabana africana del año 200000 a.C. Invito al lector a expandir su modo de pensar.

La importancia fundamental de la masa

En este libro exploraremos algunas de las mayores cuestiones imaginables: cuestiones que tratan de la estructura última de la realidad física, de la naturaleza del espacio, del contenido del universo y del futuro de la investigación humana. No obstante, inspirados por Galileo, abordaré estas cuestiones según aparecen en el curso de un diálogo natural con la naturaleza, sobre un tema específico.

El tema que nos hará cruzar la puerta de acceso a cuestiones de mucha mayor envergadura es la «masa». A fin de ahondar en la comprensión de la masa, nos adelantaremos a Newton, a Maxwell y a Einstein, recurriendo a muchas de las ideas más nuevas y más extrañas de la física. Y descubriremos que comprender la masa nos hará capaces de abordar cuestiones más fundamentales, a la vanguardia de la investigación actual, sobre la unificación y la gravedad.

¿Por qué es la masa tan importante? Permítame el lector que le explique una historia.

Érase una vez una cosa llamada materia, sólida, pesada y permanente. Y érase también otra cosa bastante diferente, llamada luz. La gente las percibía en flujos de datos separados: a una la tocaba, a la otra la veía. La materia y la luz servían, y lo siguen haciendo, como poderosas metáforas de otros aspectos opuestos de la realidad: carne y espíritu, ser y convertirse, terrenal y celestial.

Cuando la materia apareció de la nada, constituyó un indicador cierto de su naturaleza milagrosa, igual que cuando Jesús alimentó a una multitud con seis panes.

El alma científica de la materia, su esencia irreducible, era la masa. La masa definía la resistencia de la materia al movimiento, su inercia. La masa era inmutable, «conservada», podía ser transferida de un cuerpo a otro pero nunca podía desaparecer ni aumentar. Para Newton, la masa definía la cantidad de materia. En la física de Newton, la masa proporcionaba el vínculo entre fuerza y movimiento, así como la fuente de la gravedad. Según Lavoisier, la persistencia de la materia, su conservación precisa, proporcionaba los fundamentos de la química y ofrecía una fructífera guía al camino del descubrimiento. Si la masa parece desaparecer, búsquela en otras nuevas formas: ¡*voilà*, oxígeno!

La luz no tenía masa. La luz se trasladaba de la fuente al receptor a una increíble velocidad, sin ser empujada. La luz podía ser creada (emitida) o destruida (absorbida) muy fácilmente, no ejercía ninguna atracción gravitatoria y no tenía cabida en la tabla periódica que codificaba los elementos fundamentales de la materia.

Durante muchos siglos antes del advenimiento de la ciencia moderna y durante los primeros dos siglos y medio de la ciencia moderna la división de la realidad en materia y luz parecía una verdad manifiesta. La materia tenía masa, la luz no tenía masa, y la masa se conservaba. Siempre y cuando persistiera la separación entre lo que tenía masa y lo que no la tenía, no podía lograrse una descripción unificada del mundo físico.

En la primera parte del siglo xx, la conmoción provocada por la relatividad y (especialmente) por la teoría cuántica hizo añicos los fundamentos sobre los que se sostenía la física clásica. Las teorías vigentes de la materia y de la luz se derrumbaron y quedaron reducidas a escombros. El proceso de destrucción creativa hizo posible construir, a lo largo de la segunda parte del siglo xx, una nueva y más profunda teoría de la materia y de la luz que eliminó la antigua separación. La nueva teoría ve un mundo basado en una multiplicidad de éteres que llenan el espacio, una totalidad a la que llamo «la malla». El nuevo modelo de mundo es muy extraño, aunque también muy acertado y preciso.

El nuevo modelo de mundo nos proporciona una comprensión esencialmente nueva del origen de la masa de la materia ordinaria. ¿Cómo de nueva? Veremos más adelante que nuestra masa surge a

partir de una receta cuyos ingredientes son la relatividad, la teoría cuántica de campos y la cromodinámica, las leyes específicas que rigen el comportamiento de los quarks y de los gluones. No podemos comprender el origen de la masa sin dominar todos estos conceptos. Ahora bien, ninguno de ellos hizo su aparición hasta el siglo xx y sólo la relatividad (especial) ha alcanzado realmente su punto de maduración. La teoría cuántica de campos y la cromodinámica siguen siendo ámbitos activos de investigación a los que les quedan todavía muchas cuestiones por resolver.

Los físicos, entusiasmados por los avances obtenidos, y tras haber aprendido mucho de ellos, entran en el siglo xxi armados de ideas para nuevas síntesis. En la actualidad, las ideas que más avanzan en la dirección de alcanzar la descripción unificada de las fuerzas superficialmente diferentes de la naturaleza, así como una relación unificada de los éteres superficialmente diferentes que utilizamos hoy en día, descripción y relación que están preparadas para ser sometidas a las pruebas experimentales. Algunos indicadores sutiles y fascinantes apuntan a que estas ideas se hallan en el camino correcto. Los próximos años serán los años de su experimentación, cuando empiece a funcionar el gran acelerador LHC (Large Hadron Collider [gran colisionador de hadrones]).

Escucha: ahí al lado hay un universo fabuloso; vamos.

E. E. CUMMINGS