

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS X JORNADAS

VOLUMEN 6 (2000), Nº 6

Pio García  
Sergio H. Menna  
Víctor Rodríguez  
Editores



ÁREA LÓGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# Plenismo y atomismo entre los siglos XVII y XIX: Descartes y el electromagnetismo

Guillermo Boido\*

## Introducción

A principios del siglo XIX, era posible escoger entre la prestigiosa cosmovisión newtoniana y alguna alternativa que, de un modo u otro, adoptaban elementos del cartesianismo. De allí que coexistieran dos tendencias o tradiciones que bien podríamos llamar *newtoniana* y *cartesiana*, aunque ninguna de ellas respetara integralmente el pensamiento original, respectivamente, de Newton y Descartes. Por otra parte, en muchos casos, las propuestas cosmológicas desarrolladas en siglo XVIII adolecían de una inevitable hibridez, pues era posible hallar respuestas apropiadas a los problemas que suscitaba el desarrollo de la física en aspectos parciales de una tradición a condición de que se rechazaran otros de la misma. La inquietud central de este trabajo es la de evaluar, en el ámbito del electromagnetismo, la relevancia (o irrelevancia) de las llamadas “teorías de la fluidez de la materia”, cuyo primer expositor moderno fuera Descartes, en contraposición a las “teorías de la discontinuidad de la materia”, de carácter atomístico, a las que podemos vincular con la tradición newtoniana.

## Las teorías de la fluidez de la materia

Como afirma un filósofo de la física, estas teorías expresan “la tendencia a disolver la individualidad de las partículas básicas de la materia en la unidad de un medio cósmico que penetra en todo.”<sup>1</sup> En los tiempos modernos su referente obligado es, desde luego, Descartes, pero también Hobbes. En el siglo XIX, la perduración de aquel ideal cartesiano se manifiesta con total nitidez en la teoría de los vórtices etéreos de Lord Kelvin (quien por entonces era aún William Thomson), propuesta en su artículo “On Vortex Atoms” (1867) para explicar los fenómenos electromagnéticos conocidos hasta ese momento. A Kelvin le fascinaba la posibilidad de reunir los aspectos más relevantes de la mecánica newtoniana y de la ontología cartesiana. A diferencia de Descartes, Kelvin disponía de una teoría de los fluidos matemáticamente desarrollada (por Euler); según Kelvin, el universo es un *plenum* homogéneo, de densidad constante y dotado de inercia. La necesidad de admitir la existencia de un “éter luminoso” parecía obvia una vez corroborada la teoría ondulatoria de la luz por Young y Fresnel a principios del siglo XIX, pues, ¿cuál habría de ser el medio que vibra cuando se propaga una onda luminosa en el espacio libre de cuerpos no etéreos? Por otra parte, Helmholtz había probado que un vórtice, en el seno de un fluido ideal, es indestructible e incapaz de penetrar a otro; y aunque el volumen abarcado por el vórtice es constante, puede modificar su forma: tal es lo que sucede con un anillo de humo. Muchas de estas propiedades recuerdan a las que los atomistas asignaban a los átomos, y Kelvin dio el audaz paso de identificar lo que llamamos “átomo” con un vórtice de su éter cósmico. Los átomos vorticiales podrían enlazarse unos con otros tomando diferentes formas, lo cual explicaría las uniones químicas; como resultado del “choque” de torbellinos, ambos entrarían en vibración, originando ondas luminosas. Dicho de otro modo, a más de dos siglos de publica-

\* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Centro de Estudios Avanzados. Universidad de Buenos Aires.

dos los *Principia Philosophiae*, aspectos fundamentales de la cosmología cartesiana, con su *plenum* y sus vórtices, parecían resurgir nuevamente con gran vigor y nada menos que en Gran Bretaña.

Kelvin reemplazó el campo de fuerzas de la teoría de Faraday por una perturbación del éter, subordinado a las leyes de Newton; con Descartes, comparte la convicción de que el universo es un *plenum* y que la acción a distancia es una mera figura de dicción. La cosmología de Kelvin no requiere invocar fuerzas ni campos, aunque sí la propagación a velocidad finita de las acciones eléctricas y magnéticas. Desde el punto de vista metafísico, es una teoría realmente hermosa: pretende explicar todos los fenómenos físicos a partir del comportamiento de un fluido perfecto, incompresible y no viscoso. Influyó sobre Joseph J. Thomson y su teoría de los rayos catódicos, identificados luego como electrones. Pero a la vez dio lugar a fascinantes especulaciones. En una fecha tan tardía como 1925, veinte años después de publicado el artículo fundacional de Einstein sobre relatividad especial, el físico Oliver Lodge, quien fuera discípulo de Kelvin, publicaba su libro *Ether and Reality*, en el cual sostenía todavía que los electrones y protones se componen de éter. Como señala Milic Capek, Lodge había sido ganado por una suerte de misticismo del éter y había procedido con él como los discípulos neoplatónicos de Newton lo habían hecho con el espacio, esto es, deificándolo. (El capítulo X de dicho libro se denomina sugestivamente "Life and Mind and Their Use of the Ether").<sup>2</sup> Sin embargo, el éter continuo o fluido universal de Kelvin había sido sometido, a poco de ser propuesto, a críticas demoledoras, entre ellas la de señalar la indeseada consecuencia de que los remolinos se disiparían y su rotación sería más lenta a medida que pasa el tiempo: la fuerza centrífuga tendería a ensancharlo. Pero el cuestionamiento más significativo a la teoría de Kelvin se vincula con una polémica milenaria: ¿es posible el movimiento en un *plenum*?

### Atomismo, *plenum* y movimiento

El término *fluido* puede ser entendido como una cualidad irreductible de la materia o bien como el efecto macroscópico de partículas sumamente pequeñas. En la primera acepción, al éter de Kelvin se le podían aplicar las objeciones que había merecido la cosmología cartesiana: en tal *plenum*, el movimiento es imposible. Como es bien sabido, el argumento había ya sido empleado desde antiguo por eleáticos y atomistas para inferir de allí, respectivamente, la imposibilidad del movimiento o bien la necesidad de admitir la existencia del vacío. En *Le monde*, Descartes trataba de eludir la dificultad con su famoso ejemplo del pez que nada en el agua: las porciones de agua que el pez desplaza con su cabeza generan un movimiento (circular) del agua de tal modo que otras porciones ingresan en el espacio detrás del pez *al mismo tiempo* e impiden la formación de un vacío allí donde ya no está la cola.<sup>3</sup> Pero ello significa que la presión ejercida por la cabeza del pez sobre el agua se transmite instantáneamente a la cola, conclusión inadmisibles para una hidrodinámica posterior y que no se desprende si se admite la estructura corpuscular del agua. En el seno de una sustancia rigurosamente continua, la transmisión de las acciones debe realizarse con velocidad infinita. Esta conclusión era admisible en el siglo XVII, pero no en la época de Kelvin.

El atomismo, en cuanto establece un límite inferior al volumen que puede ocupar la materia, tuvo siempre un cierto carácter arbitrario y un fundamento prevalentemente empírico. (De hecho, los diferentes valores del radio atómico que se han propuesto en la historia

de la física son constantes obtenidas con metodologías empíricas.) En cierto modo, ello explica el porqué de la persistencia histórica del pensamiento antiatomista con su afirmación de la plenitud de la materia. La divisibilidad finita de la materia careció siempre de la fuerza lógica que sí tuvo la divisibilidad infinita del espacio, pues un espacio infinitamente divisible es compatible tanto con la atomicidad, adoptada por Galileo, Gassendi y Newton, como con el plenismo de Descartes y Hobbes. Siempre era posible denegar la evidencia empírica que se invocaba en favor del atomismo como inconcluyente, pues finalmente sería posible resolver las conjeturales unidades materiales indivisibles en partes divisibles *ad infinitum*. Toda teoría atomística, en suma, no sería otra cosa que un estadio provisional y quizás un tanto oportunista en búsqueda de una resolución final de la aparente discontinuidad de la materia en la continuidad de algún *plenum*.

Sin embargo, en el período clásico de la historia de la física, tales intentos resultaron infructuosos. Desde Descartes hasta Kelvin, consistieron en la identificación del espacio y la materia: a la continuidad (matemática) del primero correspondería la continuidad (física) de la segunda. Tal era, para Descartes, la razón por la cual no puede haber átomos ni vacío, cuestión acerca de la cual se muestra algo dubitativo en *Le monde* ("no quiero asegurar que no haya en absoluto vacío en la naturaleza") pero que en los *Principia* convierte en uno de los pilares de su cosmología.<sup>4</sup> Las "partículas materiales", afirma allí, son simples figuras de dicción, reducibles a configuraciones especiales de un fluido universal.

Esta cosmovisión halló siempre dificultades insalvables, entre las cuales no es la menor su incompatibilidad con la realidad del movimiento, aspecto que destacara en particular, en el siglo XVII, John Locke. En abstracto, el movimiento circular en un vórtice cartesiano parece compatible con la existencia del *plenum*, como ya lo señalara en *Le monde*, siguiendo a Aristóteles, el propio Descartes:

A esto tendría problemas para responder si no hubiera llegado a saber, por diversas experiencias, que todos los movimientos que tienen lugar en el mundo son en cierto modo circulares. Es decir, que cuando un cuerpo abandona su lugar, entra siempre en el de otro, y éste en el de otro, y así sucesivamente hasta el último que ocupa, en ese mismo instante, el lugar dejado por el primero, de modo que no existe más vacío entre ellos cuando se mueven que cuando están en reposo.<sup>5</sup>

La consecuencia de ello es la transmisión instantánea de las acciones físicas, que el desarrollo de la mecánica, la acústica, la óptica y el electromagnetismo negarían una y otra vez. En cuanto a la cuestión atomista, sin aviso previo, los espacios vacíos, expulsados por la puerta principal de las teorías, regresaban por la ventana. De hecho, Descartes empleaba siempre el lenguaje corpuscular, no reconciliable con su negación del vacío. (Lo cual motivó que algunos de sus discípulos, como Huygens, derivaran hacia posiciones atomistas.) Sin embargo, en el Principio 34 de la segunda parte de los *Principia*, llamado "Qué se sigue de que la materia se divide en partes indefinidas e innumerables", Descartes sostiene la continuidad de la materia pero a la vez acepta la necesidad de que existan pequeños intervalos entre los corpúsculos que constituyen su "líquido universal", con lo cual parecería que, implícitamente, acaba por admitir involuntariamente la existencia del vacío:

Todas sus partes imaginables (y son realmente innumerables) deben mantenerse muy ligeramente distantes unas de otras, y tal distancia, por ligera que sea, constituye una separación auténtica.<sup>6</sup>

Tales inconsistencias reaparecen luego en todos los partidarios del *plenum* a la hora de volver compatible un universo lleno y el movimiento. Ya Leibniz criticaba a la cosmología cartesiana de los vórtices sosteniendo que los estados sucesivos de tal fluido universal serían indistinguibles, y no se advertiría ninguna diferencia observable que pudiésemos identificar con "movimiento". No difiere en mucho de la crítica dirigida a Kelvin por el físico dinamicista J. B. Stallo en 1882, pues acerca del comportamiento del éter kelviniano señalaba:

No se advertiría [en el éter] diferencia o cambio fenoménico. Un fluido cuyas partes se sustituyen unas a otras es incapaz de manifestar diferencias, y sería un vehículo de movimiento real tan imposible como el puro espacio.<sup>7</sup>

### Maxwell y después

De hecho, el éter universal de Kelvin no sobrevivió a tales críticas y, con posterioridad a la formulación de la teoría, su autor acabó admitiendo la existencia de "núcleos vacíos" en el interior de los vórtices. A diferencia de Kelvin, su amigo Maxwell admitió en su célebre teoría electromagnética (1873) la existencia de fuerzas y campos, pero conservó la noción de éter. Dubitativamente, con prudencia, se inclinó por afirmar su estructura discontinua. Pero aunque su cosmovisión haya significado un alejamiento del riguroso influjo cartesiano que experimentara Kelvin, las reminiscencias a propósito de vórtices y fuerzas centrífugas son todavía perceptibles en fragmentos como éste:

Creo que hay buenas pruebas para creer que en el campo magnético acontece cierto fenómeno de rotación, que esta rotación la ejecutan gran número de porciones muy pequeñas de materia que giran en torno a sí mismas, orientados sus ejes en la dirección de la fuerza magnética, y que las rotaciones de todos estos vórtices dependen unas de otras a través de algún mecanismo que las conecta. (...) La fuerza magnética es el efecto de la fuerza centrífuga de los vórtices. La inducción electromagnética es el efecto de las fuerzas que entran en juego cuando varía la velocidad de los vórtices.<sup>8</sup>

Dicho incidentalmente, es de hacer notar una cierta dicotomía entre las explicaciones que Descartes ofrece en *Le monde* y en los *Principia*, y su afirmación alternativa de que los fenómenos naturales deben ser descritos rigurosamente en lenguaje matemático. En aquellas obras, reduce la materia a tres tipos de corpúsculos, y ofrece en términos de interacción entre ellos, cualitativamente, explicaciones del movimiento planetario, la gravedad o la propagación luminosa. Sin embargo, en otros momentos, demanda que todas las explicaciones deben amoldarse a un patrón matemático de explicación. Nos dice en un conocido fragmento de la Regla IV de las *Regulae ad directionem ingenii* que "debemos referir a las matemáticas todas las cosas en las que se examina el orden o la medida, importando poco que se trate de números, figuras, astros, sonidos o cualquier otro objeto". Debe existir una ciencia general, agrega, cuyo nombre es el antiguo y usual de "matemáticas universales" (*mathesis universalis*), "porque contiene todos los elementos que han hecho llamar a las otras ciencias partes de las matemáticas."<sup>9</sup> Así, con la aplicación del método cartesiano, todo el conocimiento producido sería idéntico, desde el punto de vista formal, al conocimiento matemático, deducido a partir de axiomas indudables. Proyectando esta distinción hacia el siglo XIX, no sería aventurado afirmar que los modelos de éter propuestos por Kelvin o Maxwell pueden ser considerados, *mutatis mutandis*, como intentos de síntesis

orientados por el ideal cartesiano de modelos mecánicos plenistas y explicaciones matemáticas.<sup>10</sup>

La historia inmediatamente posterior a la publicación del *Treatise on Electricity and Magnetism* de Maxwell ha sido narrada numerosas veces. Las experiencias de Hertz (1888) probaron la pertinencia de la teoría maxwelliana, relegando al olvido a otras teorías electromagnéticas de acción a distancia como las Weber o Helmholtz.<sup>11</sup> A partir de allí, el problema del éter mecánico se volvió impostergable, mas las investigaciones subsiguientes que lo tuvieron como protagonista derivaron en graves dificultades de las cuales la física clásica no salió indemne. Basta señalar que el éter debería poder soportar tensiones extraordinariamente elevadas, inadmisibles para ningún sólido conocido. Las teorías que admitían la existencia del éter, principalmente las de Heinrich Lorentz, invariablemente fracasaron. Ninguna de ellas logró resolver la profunda crisis en la que se debatía por entonces la física, y su resolución dio lugar a las revoluciones relativista y cuántica, para las cuales, simplemente, el éter ha desaparecido junto con el problema del éter.

### Conclusiones

A la vez que se advierte la perduración de ciertos aspectos de la ontología cartesiana en las teorías cosmológicas del período clásico de la física, principalmente en aquéllas que en el siglo XIX pretendían dar cuenta de los fenómenos electromagnéticos, es necesario admitir que, en particular, los intentos de reconciliar la existencia de un *plenum* con la realidad del movimiento no tuvieron éxito. Dicho de otro modo, las teorías de la fluidez de la materia nunca amenazaron seriamente las propuestas del atomismo. A la inversa de lo que pensaban los partidarios del *plenum*, los distintos "fluidos" invocados en determinados momentos del período clásico mostraron a la larga ser manifestaciones de un comportamiento microscópico corpuscular, como sucediera con el flogisto o el calórico. (Con el transcurrir del siglo XIX, los fenómenos para cuya explicación se invocaban tales fluidos acabaron por ser explicados por la teoría atómico-molecular o la teoría cinética de los gases.) En tal sentido, la antinomia entre continuidad y atomicidad de la materia fue siempre más aparente que real: nunca configuró una opción de hierro.

Pero como se ha señalado en ciertas oportunidades, algunos físicos del siglo XX han conservado en su visión de la realidad matices que pueden ser entendidos como supervivientes de la tradición cartesiana. Einstein sostenía que, con el tiempo, podríamos llegar a concebir un nuevo tipo de física en la cual "la materia estaría constituida por las regiones del espacio en que el campo es extremadamente intenso" y que en ella "no habría lugar para el campo y la materia, pues el campo sería la única realidad."<sup>12</sup> En la física actual, se admite incluso la existencia de radiaciones electromagnéticas aun en el cero absoluto, lo cual parece indicar que *ninguna* región del espacio, a *ninguna* temperatura, se halla libre de radiaciones y por tanto rigurosamente *vacía*.<sup>13</sup> Estas ideas, desde luego, tienen como referente concepciones del mundo físico muy alejadas de aquéllas que en su momento nos propusieran *Le monde* y los *Principia philosophiae*. Sin embargo, la circunstancia de que aun en las teorías que sustituyeron a las del período clásico podamos hablar todavía de reminiscencias cartesianas, y de que ello sea aun materia prima para la discusión filosófica y científica, es un tributo a Descartes, y en particular a la audacia e imaginación de su pensamiento cosmológico.

## Notas

- <sup>1</sup> Capek, M., *El impacto filosófico de la física contemporánea*, Madrid, Tecnos, 1973, cap.7, p.121. (Original: 1961.)
- <sup>2</sup> Capek, M., *Op. cit.*, parte I, Cap. VII, p. 123.
- <sup>3</sup> Descartes, R., *El Mundo o el Tratado de la luz*, Madrid, Alianza, 1991, Cap. 4, pp. 92-93. (Original: 1664.)
- <sup>4</sup> La evolución del pensamiento cosmológico de Descartes entre ambas obras es altamente significativa. Véase Lynes, J. W., "Descartes' Theory of Elements: from *Le monde* to the *Principes*", *Journal of the History of Ideas*, 1982, 43(1), pp. 55-72.
- <sup>5</sup> Descartes, R., *Op. cit.*, Cap. 4, p. 92. El argumento reaparece en *Principia philosophiae*, parte II, Principio 33.
- <sup>6</sup> Descartes, *Principia philosophiae*, parte II, Principio 34. Citado según la versión francesa, *Les principes de la philosophie*, en Aimé-Martin, L. (ed.), *Œuvres philosophiques de Descartes*, Paris, Bureau du Panthéon Littéraire, 1852, p. 314. La inconsistencia fue señalada por primera vez en 1890 por Kurd Lasswitz, historiador del mecanicismo. La conocida distinción entre *indefinido* e *infinito*, característica de Descartes, deriva de la tesis de que la infinitud sólo es aplicable a la divinidad. Véase Benítez, L., "Infinitud e ilimitación en René Descartes", en L. Benítez y J. A. Robles (eds.), *El problema del infinito: filosofía y matemáticas*, México, UNAM-IF, 1997.
- <sup>7</sup> Stallo, J.B., *The Concepts and Theories of Modern Physics*, Nueva York, 1882, p.44.
- <sup>8</sup> Maxwell, J.C., *A Treatise on Electricity and Magnetism*, párrafo 831. Citado por Berkson, W., *Las teorías de los campos de fuerza*, Madrid, Alianza, 1981, p. 222. (Original: 1974.)
- <sup>9</sup> Descartes, R., *Reglas para la dirección del espíritu*, México, Editorial Porrúa, 1995, p. 103. (Original: 1684.) Las vinculaciones entre la *mathesis universalis* y el método cartesiano ha dado lugar a múltiples controversias. Véase Garber, D., *Descartes' Metaphysical Physics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1992, esp. la nota 6 al Cap. 2, pp. 318-320.
- <sup>10</sup> El autor debe esta última reflexión a Luis Salvático, en un comentario a una versión preliminar de este trabajo.
- <sup>11</sup> Para una descripción muy sucinta de estas teorías, véase Boido, G. y E. H. Flichman, "La noción de 'mecanicismo' en la ciencia clásica", en Velasco, M. y Saal, A. (eds.), *Epistemología e Historia de la Ciencia*, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, noviembre de 1996.
- <sup>12</sup> Citado por Louis de Broglie, *Nouvelles perspectives en microphysique*, Paris, 1956, pp. 187-188.
- <sup>13</sup> En 1948 el físico H. B. Casimir detectó la existencia de fuerzas atractivas no gravitatorias entre dos placas conductoras y paralelas *descargadas* y colocadas en un vacío, atribuibles a la radiación térmica emitida por las placas, la cual debería desaparecer al descender la temperatura hasta el cero absoluto. Pero en 1958 M. J. Sparnaay mostró por medio de una serie de experiencias que la fuerza no tiende a cero a medida que nos aproximamos a dicho límite inferior de temperaturas. La radiación residual que ello implica es conocida como "radiación del punto cero". Al parecer, no es posible concebir un *vacío absoluto* en la naturaleza.