

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS VI JORNADAS
(1996)

Marisa Velasco
Aarón Saal
Editores



ÁREA LOGICO-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



LA NOCION DE 'MECANICISMO' EN LA CIENCIA CLASICA

1. Introducción

En los ámbitos de la historia y de la filosofía de la ciencia se discute a menudo el problema de las diferentes elucidaciones para ciertas expresiones fundamentales, cuando se las aplica en distintas épocas o aun en la misma época, pero con relación a diferentes corrientes científico-filosóficas. El presente trabajo abordará dicha cuestión a propósito de la expresión 'mecanicismo'. Sus elucidaciones son muy variadas y manifiestan diferencias cuyas raíces merecen ser analizadas. Mas nuestra intención principal no es de corte semántico-pragmático sino epistemológico y ontológico. Nos interesa en especial analizar por qué se explicitan algunas de dichas distinciones en el contexto de tensiones originadas por la contraposición de concepciones metafísicas presentes en ciertas épocas. Tales concepciones atañen primordialmente a las creencias acerca de cuáles son las entidades espaciotemporales básicas o fundamentales.

1.1. Mecánica

En un sentido amplio, que permita abarcar diferentes períodos históricos, entenderemos por mecánica a la disciplina científica destinada a investigar qué les ocurre a los cuerpos cuando se ejercen acciones sobre ellos: cómo se mueven, cómo cambia la manera en que se mueven, cómo se deforman, cómo se disgregan, cómo se rompen, cómo se recomponen, cómo se equilibran¹.

No pretendemos que tal elucidación haya sido tenida en cuenta como tal en todas las épocas estudiadas. Pretendemos, en cambio, seguir el desarrollo de la mecánica a través de distintas épocas, lugares y corrientes, teniendo siempre en cuenta la presente elucidación. No nos importará si el término 'mecánica' (o su equivalente en el idioma del lugar y momento o corriente considerada) existía o no, o si se empleaba del mismo o de

¹ El término 'cuerpo' se referirá en este trabajo tanto a los corpúsculos o partículas que los atomistas o corpuscularistas han entendido como componentes últimos de las entidades corpóreas, como a cualquiera de éstas, independientemente de que se la considere compuesta de corpúsculos o divisible de manera continua.

diferente modo. Lo que nos interesará es analizar qué teorías mecánicas, con nuestra elucidación de 'mecánica', se desarrollaron en la historia y la geografía del mundo científico-filosófico occidental que intentaremos abarcar.

1.2. La expresión 'mecanicismo' en sentido clásico

Como en el caso de la mecánica, no pretendemos que cada una de las diversas elucidaciones de 'mecanicismo' que intentaremos explicitar hayan sido tenidas en cuenta como tales en todas las épocas en que consideramos que ellas se aplican, pero sí estudiar cuáles de dichas elucidaciones son aplicables en cada época, en cada disciplina, en cada corriente científica o filosófica. En particular, en este trabajo intentaremos elucidar la acepción que se ha atribuido a la expresión 'mecanicismo' durante el extenso período histórico que concluye con la crisis de la física a fines del siglo XIX. Se trata de lo que llamaremos mecanicismo clásico, entendido del siguiente modo: Todo lo observable se explica por (se reduce a) alguna teoría mecánica. Desde el punto de vista formal, durante este período, se conserva la relación entre mecanicismo y mecánica, pero se altera en muchas oportunidades la teoría mecánica, es decir que, ante cada cambio de la teoría mecánica se trata de reducir todo lo observable a una teoría mecánica diferente. El mecanicismo así entendido resultó ser incompatible con la física del siglo XX y, de hecho, con la física de la segunda mitad del siglo XIX.

Dado que, según el mecanicismo clásico, todo lo observable se explica por alguna teoría mecánica, y ya que la mecánica, a su vez, se ocupa de lo que le ocurre a los cuerpos cuando se ejercen acciones sobre ellos, el mecanicista se siente inclinado a presuponer una ontología que sólo admite en el espaciotiempo la existencia de cuerpos (con sus propiedades y relaciones físicas) y, de hecho, la postula. Podrá admitir, en algunos casos, la existencia de algún otro tipo de entidades, pero éstas no serán espaciotemporales y por tanto no serán observables. Tal sería el caso de las entidades mentales o espirituales.

2. Historia del mecanicismo clásico y sus teorías mecánicas

2.1. Mecánica sin mecanicismo

Aristóteles expone una serie de supuestos acerca del comportamiento de los cuerpos terrestres que, en razón de la acepción amplia que hemos adoptado para la palabra 'mecánica' (con referencia a una disciplina), nos permiten hablar de una teoría mecánica aristotélica. Los cuerpos de la región sublunar están sometidos a constantes cambios de todo orden. no sólo cambios de posición, sino también generación, crecimiento, degradación, putrefacción, conversión de ciertos materiales en otros, etc. Los movimientos, en tanto cambios de posición, pueden ser naturales o forzados, siendo estos últimos los que un cuerpo describe cuando sobre él actúa un agente exterior. En casos particulares, tales como el de un cuerpo que es empujado horizontalmente sobre un piso luego de ser vencida una resistencia inicial, Aristóteles describió el movimiento que cabe esperar del móvil.

Pese a lo cual, Aristóteles no es mecanicista. No pretende que todo lo observable sea reducible a su teoría mecánica, pues pone el énfasis en el desarrollo finalista del universo: es un organicista. La característica fundamental de la naturaleza sublunar es el cambio, y éste se halla controlado por una meta preestablecida. Lo mismo sucede, en particular, con los cambios de posición en los movimientos naturales de los cuerpos. En la ciencia aristotélica, la analogía fundamental se halla en el crecimiento de los organismos vivos, entendido como cambio o movimiento dirigido hacia una finalidad concreta. Un cuerpo que cae "busca su lugar natural" (el centro del universo) y su movimiento es rectilíneo porque éste es el que le corresponde como propio en la región sublunar. En el universo finalista y regido por analogías biológicas de Aristóteles, su teoría mecánica es sólo una parte de una teoría general del cambio que deriva de una concepción organicista mucho más abarcadora.

2.2. Mecanicismo clásico y acciones de contacto

Para los antiguos atomistas, la realidad está compuesta por átomos, estos últimos inobservables, indestructibles, increados, existentes en número infinito y que se mueven en el vacío. Los átomos difieren en cuanto a su forma, tamaño y, quizá, lo que hoy llamaríamos 'masa'. Se hallan en continuo movimiento, y sus desplazamientos dan lugar a choques que originan rebotes, o bien, si los que colisionan están provistos de ganchos o puntas, o sus formas se corresponden unas con otras, a la formación de cuerpos compuestos. Así, por ejemplo, las sustancias duras, como los metales, están constituidas por átomos en forma de garfio que se unen entre sí, mientras que las sustancias ligeras, como el fuego, lo están por átomos redondos, pequeños y lisos. Las configuraciones y cambios de todo orden que advertimos en la naturaleza se deben a la agregación y separación de átomos. Las cualidades sensibles, el color y el sabor, por ejemplo, no son intrínsecas de los cuerpos, sino sólo adiciones de la mente perceptora. La teoría mecánica de los atomistas es una teoría de lo que hoy llamaríamos (después de Newton) "fuerzas de contacto", acciones que se manifiestan entre los átomos cuando éstos chocan o se vinculan entre sí para formar agregados. Aquellos antiguos atomistas eran mecanicistas clásicos porque pretendían reducir todo lo observable a su particular teoría mecánica de acciones de contacto entre átomos.

El mismo carácter tuvo la concepción renacentista que identificó el universo con una gran máquina, para cuyo estudio sus adherentes (como Tartaglia) recurrían esencialmente a la teoría mecánica de Arquímedes, que éste sólo aplicó a fenómenos estáticos e hidrostáticos. Se trata de una teoría mecánica de cuerpos rígidos o semirrígidos, articulados entre sí, entre los cuales se ejercen acciones de contacto. Esta variante de la teoría mecánica suponía que el mundo está gobernado por tales acciones y que la tarea del científico consiste en estudiar las relaciones mutuas entre distintas partes del universo, ajustadas unas con otras tal como lo están las piezas de una máquina. Estamos en presencia de un mecanicismo maquinista y no corpuscularista. Es interesante observar que, posteriormente, muchos mecanicistas dirán que los organismos vivos son autómatas

de cierta especie, y que las palancas o las poleas (en general, las llamadas 'máquinas simples') son modelos simplificados del modo en que funcionan dichos organismos. La teoría mecánica a que da lugar el presupuesto atomista y la originada en el maquinismo son distintas, pues la primera es corpuscularista y la segunda no lo es. Comparten, sin embargo, la tesis de que las únicas acciones existentes (entre átomos o entre piezas de una máquina) son acciones de contacto.

En el siglo XVII, Pierre Gassendi, Robert Boyle y René Descartes son ejemplos de mecanicistas que admiten sólo acciones de contacto entre los cuerpos interactuantes. Gassendi y Boyle eran corpuscularistas y aceptaban la existencia del vacío (el segundo lo obtuvo con máquinas neumáticas), mientras que en la cosmología cartesiana el espacio está totalmente lleno, constituyendo un plenum. Descartes infirió la existencia de corrientes circulares automantenidas en el plenum, los vórtices o torbellinos, distribuidos en su universo infinito. En potencia, cada vórtice es un sistema solar, una estrella orbitada por planetas, regido por las leyes cartesianas. Descartes pretende explicar a partir de su teoría mecánica la naturaleza de la gravedad, la constitución y movimientos del sistema solar, el movimiento de los proyectiles, las mareas, el origen de la luz emitida por el Sol y las estrellas: su mecanicismo es total. Por otra parte, su dualismo nos permite aceptar como parte de su posición filosófico-científica que todo lo observable es reducible a su teoría mecánica, pues el espíritu no es observable.

2.3. Mecanicismo clásico y acción a distancia

Newton confiaba en que sería posible explicar todos los fenómenos de la naturaleza en términos de su teoría mecánica, expuesta en los Principia (1687). Sin embargo, insistió en que no había logrado ofrecer una imagen puramente mecánica del universo y nunca se atribuyó el haber explicado el mecanismo por el cual interactúan los cuerpos (en particular los cuerpos celestes). Rechazó enfáticamente la idea de que tal interacción se debiese a una propiedad intrínseca de la materia. En una célebre carta dirigida al obispo Richard Bentley, afirmaba que

Es inconcebible que la materia bruta e inanimada, sin la mediación de alguna otra cosa que no sea material, haya de operar sobre otra materia y afectarla sin contacto mutuo (...). Y esta es una de las razones por las que desearía que usted no me atribuyese a mí la gravedad innata. Que la gravedad sea innata, inherente y esencial a la materia, de modo que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia a través de un vacío sin la mediación de alguna otra cosa (...) es para mí un absurdo tan grande que no creo que nadie que tenga una facultad competente de pensar en cuestiones filosóficas pueda incurrir nunca en él²

² Carta de Newton a Bentley del 17 de enero de 1692. Citado por A. Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito*, México, Siglo XXI, p. 167.

Por ello intentó ofrecer otros géneros de explicaciones en sustitución de la mera acción a distancia, entre ellas la basada en la acción de presiones originadas por un medio intermedio o "éter" constituido por átomos imponderables, pero falló en el intento y de allí que no publicara tales investigaciones. Samuel Clarke, su portavoz en la polémica con Leibniz, afirmaba (con optimismo mecanicista) que con el tiempo habría de descubrirse algún mecanismo "de impulso y disparo" que explicara la gravedad. Sin embargo, en su prólogo a la segunda edición de los Principia, el newtoniano Roger Cotes señalaba que la acción a distancia puede ser entendida a pleno derecho como una propiedad de la materia, y esta opinión le fue erróneamente adjudicada a Newton durante el siglo XVIII. (La carta a Bentley sólo tuvo difusión a mediados del siglo siguiente.) Sea como fuere, una vez establecida y aceptada la teoría mecánica newtoniana, la necesidad de admitir que cuerpos separados por el mero vacío se ejercen fuerzas entre sí hace que la teoría mecánica se modifique, porque ahora ésta incluye no sólo fuerzas de contacto sino también fuerzas a distancia. Aunque el mecanicismo siga siendo la tesis de la reducibilidad de todo lo observable a la teoría mecánica, la teoría mecánica newtoniana incluye ahora interacciones de contacto y además gravitatorias.

2.4. Campo de fuerzas sin mecanicismo y sin mecánica: Faraday

En cierto modo, en el siglo XVIII se trataba de aceptar la tesis de Cotes sobre la naturaleza de la acción a distancia o bien de postergar la cuestión en vista de los grandes éxitos del programa newtoniano, pues, como explica James Clerk Maxwell un siglo y medio después, justificando el proceder de aquellos físicos

() se debía estudiar primero las fuerzas con que los cuerpos actúan unos sobre otros antes de explicar cómo se transmiten. Nadie podía ocuparse mejor de la primera parte del problema que los que consideraban completamente innecesaria la segunda³.

Así fue como los físicos que iniciaron las investigaciones sobre electricidad y magnetismo estáticos (Cavendish, Poisson, Coulomb) se limitaron a determinar la ley de fuerzas según la cual se atraen o repelen los cuerpos electrizados o magnetizados sin recurrir a la existencia de "fluidos intermedios" que explicaran el origen de tales interacciones. Tal estado de cosas se modificó cuando Hans Ørsted, a principios del siglo XIX, descubrió la interacción de la corriente eléctrica y los polos magnéticos de un imán, pues ahora la fuerza de interacción entre un elemento de corriente y el polo magnético no era atractiva o repulsiva, esto es, central, sino transversal. A partir de allí, en particular luego de los descubrimientos de Ampère, surgió la noción de campo de fuerzas, cuyo primer teórico fue Michael Faraday.

³ Clerk Maxwell, J., "Acción a distancia", en A. Beiser (comp.), *El mundo de la física*, Buenos Aires, Fabril, 1969, p 123. Es el texto de una conferencia pronunciada en la Royal Institution de Gran Bretaña en 1873.

Oersted supuso la existencia real, en proximidades del conductor, de lo que llamaba el "conflicto eléctrico", que describe círculos alrededor de aquél. Faraday heredó esta idea. No admitió la existencia de alguna entidad corpórea para explicar las fuerzas no centrales del electromagnetismo, sino que adoptó la tesis de que la única entidad física real es la fuerza misma. Para Faraday, el mundo es un vasto campo de fuerzas. Las partículas son puntos de convergencia de fuerzas de gran intensidad; las fuerzas actúan sobre otras fuerzas, mas no a distancia sino sobre fuerzas contiguas. Toda perturbación del campo de fuerzas en un punto del espacio se comunica a los puntos vecinos y, por demorar cierto tiempo en hacerlo, se propaga con velocidad finita. Este presupuesto fue luego complementado con su noción de líneas de fuerza, que permite establecer la dirección y el sentido del campo en cada punto del espacio, amén del valor de la fuerza en una región, dada por la densidad de líneas de fuerza que la atraviesan. Esta cosmovisión tuvo poca influencia sobre los contemporáneos de Faraday, pero desempeñó un papel de primordial importancia en sus propias investigaciones.

Infructuosamente, Faraday trató de formular una teoría de campos de fuerzas para describir el comportamiento de éstos, pero no pudo ir más allá de una "ley de conservación de la fuerza". Pensaba que las distintas clases de fuerzas presentes en la naturaleza (eléctricas, magnéticas, gravitatorias) serían finalmente reducidas a un único tipo de fuerzas, y su aspiración mayor era la de desarrollar lo que hoy llamaríamos una 'teoría del campo unificado' capaz de explicar todos los fenómenos. Por todo ello, Faraday es reduccionista, pero no es un mecanicista clásico, pues la realidad última es la del campo de fuerzas y no la de cuerpos gobernados por una teoría mecánica.

3. Interludio metafísico: la tragedia

Hemos señalado anteriormente que los mecanicistas, desde los atomistas de Grecia y Roma hasta los científicos del siglo XIX, consideraban que las únicas entidades que pueblan el mundo espaciotemporal son los cuerpos. Pretendían que todo lo observable se puede explicar por (o reducir a) alguna teoría mecánica. Además, suponían que sólo los cuerpos (con sus propiedades y relaciones) habitaban el universo espaciotemporal. Incluso para los mecanicistas que creían en la existencia del plenum, como Descartes y Huygens, éste era corpóreo. En consecuencia, era esperable que cualquier nuevo tipo de magnitud o entidad física que apareciera en alguna teoría, debía ser: (a) una nueva clase de entidad corpórea, o bien (b) una nueva propiedad de los cuerpos conocidos, o bien (c) una nueva relación entre cuerpos conocidos. Esta situación podría ser ilustrada por medio del siguiente ejemplo imaginario. En cierto estadio del desarrollo de la ciencia, se dispone solamente de teorías referidas a la disciplina llamada estática, que tratan, por tanto, acerca del equilibrio de los cuerpos. De pronto surge por primera vez la dinámica (y por ende la cinemática) y aparece, entre otras, una nueva magnitud física, la velocidad. Esta es una propiedad de los cuerpos (o una relación entre cuerpos y sistemas de referencia, en teorías relativistas). En estas condiciones, prosigue nuestro ejemplo, al resolver las ecuaciones de la nueva teoría para un caso determinado, se comprueba que la velocidad tiene el valor de

80 m/seg en el instante t en cierta región del espacio en la cual no hay cuerpos, y también que en el mismo instante hay otra región, también carente de cuerpos, donde la velocidad tiene el valor de 0 m/seg.

Ante esta extraña situación diríamos que no puede haber velocidad sin alguna entidad que tenga esa velocidad, pues en el universo espaciotemporal no puede haber propiedades sin una entidad que las posea. Tampoco puede haber relaciones sin entidades que estén relacionadas por ellas. Sólo un filósofo platonista aceptaría la existencia de formas independientemente de entidades que las posean, pero, aun en ese caso, dirá que tales formas existen en un mundo de las formas, que no es el universo espaciotemporal. De modo que ningún filósofo o científico, nominalista o realista, se hallaba dispuesto a aceptar que haya propiedades en el espacio y el tiempo donde no hay alguna entidad que tenga tales propiedades. Pero ésta fue, precisamente, la tragedia que les ocurrió a los mecanicistas del siglo XIX. En las nuevas teorías acerca de la luz, en un primer momento, y especialmente luego, en la teoría electromagnética de Maxwell, aparece en la solución de las ecuaciones una magnitud, el campo electromagnético, que se desplaza por regiones espaciotemporales en donde no hay cuerpos. en lo que por entonces se denominaba 'el vacío'.

En una primera época, especialmente antes de la formulación de las ecuaciones de Maxwell, se hablaba de campos de fuerzas. Pero la fuerza, como la velocidad, es una magnitud física, es decir, una propiedad de los cuerpos, como lo es también la masa. Del mismo modo que la velocidad y la masa lo son de algún cuerpo, la fuerza es "fuerza que actúa sobre algún cuerpo". Pero ¿qué significa, metafóricamente hablando, que la nada tiene, en tal lugar y tiempo, una velocidad de 80 m/seg, o que la nada está en reposo, o que la nada tiene una masa de 3 kg o que sobre la nada actúa una fuerza de 10 kgr? Era imprescindible encontrar el cuerpo sobre el cual actúa la fuerza del campo de fuerzas, en un principio, o bien, posteriormente (ya con las ecuaciones de Maxwell), sobre el cual actúa el campo electromagnético. Puesto que Faraday no era mecanicista, dicho problema no lo afectaba. Su universo espaciotemporal solo contenía fuerzas como mobiliario básico, pero en su cosmología las fuerzas no eran propiedades de entidades, sino entidades ellas mismas. Quienes tenían propiedades eran las fuerzas. su intensidad, su dirección y sentido, su manera de agruparse en líneas o su modo de concentrarse aparentando cuerpos. Para los mecanicistas, en cambio, la cuestión se volvió crucial.

4. Teoría electromagnética, mecánica y mecanicismo

Desde el punto de vista mecanicista, se presentaban dos estrategias posibles para abordar la tragedia. Estrategia N° 1: refugiarse en el instrumentalismo respecto de los campos (o como dirán estos estrategas, de los "potenciales retardados"). Estrategia N° 2. intentar descubrir nuevas entidades corpóreas (del llamado 'éter') sobre las cuales actúan los campos y de las cuales, por tanto, son propiedades los campos. Ambas estrategias fracasaron.

4.1. Potenciales retardados

A mediados del siglo XIX, F.E. Neumann y W. Weber intentaron resolver los problemas planteados por el electromagnetismo según un esquema newtoniano que incluía la acción a distancia, sin recurrir a teorías de campo. En particular, en la teoría de Weber los fenómenos eléctricos se reducirían a la acción instantánea a distancia de partículas cargadas a través del espacio vacío de cuerpos. Sin embargo, planteaba serios problemas, entre otros la discrepancia con los resultados obtenidos por Ampère (en cuya teoría se basaba) para el valor de la fuerza eléctrica entre corrientes abiertas. Poco después de formuladas, Helmholtz probó que violan la ley de conservación de la energía. Por otra parte, con la obra de Faraday el campo comenzaba a adquirir realidad propia, lo cual se consolidó cuando Maxwell formuló su teoría electromagnética. Una partícula con carga eléctrica vibra y genera un campo electromagnético, éste viaja y luego actúa sobre otra partícula cargada, haciéndola a su vez vibrar. La primera carga emite el campo, la segunda lo absorbe. Pero mientras el campo se propaga, existe como campo y demora cierto tiempo en llegar al punto del espacio donde se halla la segunda carga. No es posible, por tanto, hablar de acción a distancia instantánea.

En 1867 se propusieron teorías según las cuales la acción electromagnética se propaga en el tiempo, sin que ello supusiera considerar la existencia de un campo en el espacio libre de cuerpos. Debidas esencialmente a G.F. Riemann y L. Lorenz, tales teorías introducen la noción de un "potencial retardado" que "avanza" (metafóricamente hablando) en el espacio vacío de cuerpos a la velocidad de la luz, pero sus autores adoptan una posición instrumentalista con relación a los campos y potenciales retardados y evitan de tal modo las consideraciones metafísicas. Algunas de dichas teorías fueron luego desarrolladas por H. Lorentz y otros, (en particular por W. Ritz como alternativa a la relatividad especial), y gozaron de gran estima por parte de ciertos filósofos como Pierre Duhem. Sin embargo, en 1867 la cuestión metafísica acerca de los campos era acuciante, y las teorías de los potenciales retardados quedaron fuera de la corriente principal de las investigaciones electromagnéticas. Dichas teorías tenían consecuencias metafísicas muy poco aceptables. Por ejemplo, en ciertos casos las causas eran posteriores a sus efectos, había, además, gran resistencia a aceptar la acción a distancia, fuese distancia espacial o, lo que era peor, en este caso, espaciotemporal. Cabe señalar que el mecanicismo clásico no fue nunca instrumentalista con relación a la ontología (a menudo de entidades no observables) que aceptaba en cada época. Admitir que el universo espaciotemporal contiene sólo cuerpos como constituyentes básicos es, obviamente, un supuesto claramente metafísico.

4.2. Campo y mecanicismo: el éter

Como alternativa, otros mecanicistas desarrollaron la teoría de la sustancia intermedia, el éter. 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? Sin embargo, los estudios de Fresnel mostraron sin lugar a dudas que tales ondas han de ser transversales, en particular porque esta hipótesis permite explicar el fenómeno conocido como "doble refracción". Esta comprobación produjo el mayor desconcierto entre los físicos, y de allí que no fuera aceptada de inmediato por todos ellos, en particular por Arago, gran estudioso de la óptica de la época. En efecto, si las ondas luminosas fuesen longitudinales, era posible admitir la existencia de un éter con propiedades similares a las de un gas enrarecido, no detectable por los instrumentos comunes y omnipresente en todo punto del espacio. Sin embargo, las ondas transversales sólo se propagan en los sólidos y, dado el elevado valor de la velocidad de la luz, resultaba que el éter debía ser una sustancia sólida y elástica, semejante a la gelatina. ¿Por qué entonces no la percibimos al caminar? ¿Y cómo pueden los planetas moverse en un mar de éter sin ninguna perturbación apreciable? Las dificultades de introducir esta enigmática sustancia como habitante del mundo físico habían comenzado.

En Inglaterra, William Thompson (Lord Kelvin) expuso con reminiscencias cartesianas su propia teoría del éter para explicar los fenómenos electromagnéticos: los átomos serían remolinos de éter, como "anillos de humo" (que en un fluido perfecto son indestructibles) Kelvin reemplazó el campo de fuerzas de Faraday por una perturbación del éter, posición que luego fue retomada por Maxwell a propósito del campo electromagnético. Este introdujo la idea de que la inducción electromagnética requiere tiempo para propagarse, pues cada parte del éter no actúa sobre las demás a distancia, sino sobre las contiguas. En cuanto al efecto de la corriente eléctrica sobre un polo magnético, así lo explica Maxwell: la corriente es un desplazamiento de partículas etéreas que genera un remolino en el éter circundante y éste origina la fuerza transversal sobre el imán. Auxiliado por un modelo mecánico del campo electromagnético, basado en distintas configuraciones un tanto "ingenieriles" del éter (torbellinos, ruedas, etc., todo ello, según uno de sus biógrafos, "muy imaginativo pero descabellado"), unificó la electricidad estática, la corriente eléctrica, los efectos de inducción y el magnetismo por medio de sus célebres ecuaciones del campo electromagnético y su teoría electromagnética de la luz (1873). Irritado, Duhem las atacaba afirmando que, en lugar de ser un templo de la razón, el *Treatise on Electricity and Magnetism* de Maxwell era más bien una fábrica.

La adopción del sorprendente modelo mecánico maxwelliano no logró sin embargo probar que la teoría fuese puramente mecánica, es decir, reducible a la mecánica newtoniana. Avanzar en tal sentido suponía dificultades insalvables, y Maxwell optó por liberar a la teoría del modelo, negándose al intento de perfeccionarlo hasta que resultase razonable desde el punto de vista mecánico. (Por ejemplo, dada la elevada velocidad de la luz, el éter maxwelliano debería soportar tensiones extraordinariamente elevadas, inadmisibles para ningún sólido conocido.) Maxwell admitió por tanto como fundamentales las magnitudes electromagnéticas y la realidad del éter, lo cual era suficiente para la aplicación de sus ecuaciones a la investigación de los fenómenos electromagnéticos. Creía que la interpretación correcta de sus leyes era un mecanismo

subordinado a las leyes de la mecánica newtoniana, pero consideró prematuro avanzar en esa dirección pues "estamos poco familiarizados con los detalles de la constitución molecular de los cuerpos".

La teoría de Maxwell no se constituyó en el recurso excluyente para la investigación de los fenómenos electromagnéticos hasta que las experiencias de Hertz (1888) probaron su pertinencia. Supusieron además el triunfo del programa de investigación británico, basado en la necesidad de admitir la existencia del éter para las explicaciones electromagnéticas. A partir de allí, el problema del éter se volvió impostergable. H. Lorentz formuló una teoría electrodinámica de los cuerpos en movimiento a partir de la teoría de Maxwell, con la suposición de un éter estacionario (no perturbado por los cuerpos en movimiento), imposible de ser reconciliada con la mecánica newtoniana. A fin de sostener su teoría del electrón, debió admitir que el éter en reposo no satisfacía la tercera ley de Newton (de acción y reacción). El éter parecía capaz de actuar como sustrato de las fuerzas electromagnéticas, pero no de que se actuara sobre él. A fines del siglo XIX y comienzos del XX, la necesidad de reconciliar la mecánica y las teorías de campo dio lugar a numerosas tentativas fallidas: modificar ligeramente la mecánica newtoniana o el electromagnetismo, e incluso reducir aquélla a éste. Ninguna de ellas logró resolver la profunda crisis en la que se debatía por entonces la física clásica, cuya resolución dio lugar a las revoluciones relativista y cuántica, para las cuales, no solo el éter, sino el problema del éter, sencillamente no existe.

5. El fin del mecanicismo clásico

En su teoría especial de la relatividad, Einstein abandona por innecesaria la noción de éter, confirma la validez de las ecuaciones de Maxwell (si bien con un formalismo levemente diferente) y reemplaza la mecánica clásica por la relativista. Desde un punto de vista ontológico, permite convivir a los cuerpos con los campos en igualdad de condiciones. El campo ya no es más una propiedad de ciertas partículas de éter, sino una entidad con carta de ciudadanía propia, con propiedades específicas en ciertos puntos o sucesos del espaciotiempo. Campo y cuerpo no son mutuamente reducibles. La teoría general de la relatividad y la física cuántica no modifican esta concepción. Campo y cuerpo son diferentes habitantes del universo espaciotemporal, que interactúan entre sí y que pueden, en cierto modo, transformarse los unos en los otros, pero que no se requieren mutuamente para existir. Partículas y campos (con el nuevo sentido que tienen esas nociones en la física cuántica) tienen el mismo nivel ontológico: el nivel de entidades, no de propiedades.

Resulta claro que el programa mecanicista clásico finaliza con la aparición de la teoría de la relatividad y la teoría cuántica, pues no es posible reducir la totalidad de lo observable a las teorías mecánicas relativista o cuántica. Es más, al igual que en el caso clásico, la moderna teoría cuántica de campos (electrodinámica cuántica) no se reduce a la teoría mecánica cuántica (o mecánica ondulatoria). Cuando a principios del siglo XX se advirtió la imposibilidad de reducir la teoría de campos a la teoría mecánica (o a la in-

versa), muchos físicos abandonaron el empleo de la expresión 'mecanicismo', para ellos el mecanicismo pasó a formar parte de la historia de la ciencia. Mas aquello que no hicieron dichos físicos, sí fue realizado, por ejemplo, en el ámbito de la biología. A la expresión 'mecanicismo', tal como aparece en muchos textos, se le atribuye hoy otra acepción. es la tesis según la cual el universo está gobernado por un conjunto de leyes físicas y químicas que han de dar cuenta, incluso, de los fenómenos biológicos. Lo cual requiere nuevas elucidaciones, cuestión que abordaremos en otra oportunidad.