

CONSIDERACIONES DE MAUPERTUIS SOBRE LA NOCION DE FUERZA MOTRIZ

ANA RIOJA

U. Complutense. Madrid

ABSTRACT

On of the main problems facing physicians and philosophers in the eighteenth century was the conceptualisation of the forces of movement. The problem in question is as follows: where are such forces to be found; how can they be attributed to inertially defined bodies. Maupertuis was of the opinion that the use of the notion of force in the physical world is based on the application of a psychological category to the physical world. This is made possible by the darwing up of an analogy between "force" and "effort". Strictly speaking, force is a sensation and, consequently, it cannot belong to bodies. It can only describe facts and behaviour. It is utterly devoid of any meaning independent of movement.

RESUMEN

Uno de los principales problemas del que se ocupan los físicos y filósofos del siglo XVIII es de la conceptualización de las fuerzas motrices. La cuestión que se plantea es la siguiente: dónde residen dichas fuerzas, cómo pueden atribuirse a los cuerpos definidos inercialmente. En opinión de Maupertuis el empleo de la noción de fuerza en el ámbito físico está basado en la extrapolación de una categoría psicológica al mundo corpóreo, lo cual viene posibilitado por la analogía entre "fuerza" y "esfuerzo". Propiamente hablando, la fuerza es una sensación y, en consecuencia, no puede pertenecer a los cuerpos. Únicamente describe comportamientos, hechos; carece de toda significación independiente del movimiento.

Thus Maupertuis takes a contrary position to Descartes, for whom a mechanical conception of the physical world must respect, at all times, the principle of the distinction between "res extensa" and "res cogitans". No category from the latter may be applied to the former.

Finally, we might wonder whether the danger of animism exists only for those who, from a radically dualist position, make a distinction between physics and psychology with reference to the object of the investigation, and not its orientation, as suggested by Mach.

En este sentido, Maupertuis adopta una posición contraria a la de Descartes, para quien una concepción mecanicista del universo físico debía respetar escrupulosamente el principio de distinción entre "res extensa" y "res cogitans", de modo que ninguna categoría procedente de este último ámbito, se aplicara a aquel.

Podríamos preguntarnos nosotros si, en último término, el peligro animista no existe sino para aquellos que, desde una posición radicalmente dualista, distinguen entre física y psicología en razón de su objeto, y no en razón de la orientación de la investigación, como propugna Mach.

Palabras clave: Maupertuis, fuerza motriz, gravedad, mecánica clásica.

Las leyes del movimiento de Newton, punto de partida de la física moderna, establecen que todo cambio en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo ha de ser imputado a la actuación de una fuerza externa sobre él¹.

Dos cuestiones básicas hay que destacar al respecto:

1) Se consolida de manera definitiva la concepción inercial de la materia que substituye a la interpretación "vitalista" heredada de Aristóteles, en virtud de la cual los cuerpos tienen cierta capacidad de movimiento espontáneo derivada de su naturaleza o "physis". Su radical indiferencia al reposo o al movimiento rectilíneo y uniforme es lo que los caracteriza en el futuro.

2) Se introduce —a diferencia de la mecánica cartesiana— y se cuantifica la noción de fuerza motriz entendida como causa de aceleración y no de movimiento. Se explicita asimismo que dicha fuerza ha de ser *externa*, es decir, que su origen es independiente del cuerpo, y no proveniente de él, según exige la concepción anteriormente mencionada.

Ambos puntos parecen respetar los principios de la ortodoxia mecánica que Descartes estableciera y que exigen, en primer lugar, la reducción del universo a materia y movimiento, y en segundo lugar, la eliminación de toda categoría asimilable a lo psicológico en la explicación del mundo material, y muy en particular la noción aristotélica de forma. Frente al animismo de la filosofía natural escolástica, la concepción mecanicista nos abre un nuevo horizonte.

Ahora bien, ¿qué tipo de entidad tienen esas fuerzas introducidas por Newton? ¿de dónde proceden? Según hemos dicho, la razón de la variación del estado de movimiento o reposo hay que buscarla, no en el cuerpo en cuestión, sino fuera de él, ya que éste viene definido por su inercia, es decir, por su incapacidad de movimiento espontáneo. Pero ¿qué hay fuera del cuerpo? Puesto que el universo ha sido reducido a materia y movimiento, "fuera de un cuerpo" sólo puede haber "otros cuerpos". Luego, la razón de la variación de estado de un cuerpo habrá de buscarse en otros. En efecto, se considera que cada uno de ellos puede modificar el estado de los demás de dos maneras: o por contacto a distancia. Es decir, o bien en virtud de la capacidad de todo cuerpo en movimiento de modificar el estado de aquellos con los que choca, o bien mediante la supuesta capacidad que parecen tener de atraerse unos a otros, capacidad o cualidad a la que se denomina gravedad. Surge así la distinción entre dos tipos de fuerzas: fuerzas impulsivas y fuerzas gravitatorias.

Para muchos autores del siglo XVIII las primeras no planteaban problema alguno. Se pensaba que era perfectamente inteligible y conforme a las exigencias mecánicas que del encuentro de dos cuerpos resultara un intercambio de movimiento; no era necesario para ello la suposición de ningún tipo de potencialidad o cualidad oculta. El peligro del animismo quedaba conjurado.

No ocurría lo mismo con las fuerzas de atracción. En la medida en que en este caso los cuerpos no actúan por contacto sino *a distancia*, a través del vacío, parecía necesario o bien admitir que la gravedad era una pro-

iedad primitiva de los cuerpos, lo mismo que su extensión o impenetrabilidad, tal como hacía Cotes en el Prefacio a la segunda edición de los *Principia*², o bien tratar de redefinir las fuerzas de gravitación en términos de fuerza de impulso. A este segundo planteamiento responde la teoría mecánica del éter que Newton intentó formular. No es nuestra intención entrar aquí en el análisis de la posición de Newton con respecto a esta cuestión, posición que fue modificando sucesivamente a lo largo de su vida, y a la que habría que dedicar un artículo específico. Nos limitaremos a indicar someramente las dificultades inherentes a ambos planteamientos, y con las que el científico inglés tropezó.

En el primer caso, resulta incoherente afirmar, por un lado, que la materia es inanimada, inerte e incapaz de modificar su propio estado, y, por otro, que es capaz de ejercer su acción y modificar cuerpos situados a distancia³. Parece, en definitiva, que defender la gravedad como una propiedad esencial de la materia equivale a introducir de nuevo las cualidades ocultas escolásticas, tratando de explicar un hecho de experiencia mediante categorías que en realidad sólo ocultan nuestra ignorancia. Esta fue la crítica de Leibniz, entre otros⁴.

No menos dificultades encierra el intento de reducir las fuerzas de atracción a fuerzas de impulso mediante una teoría del éter que elimine la acción a distancia, al servir de soporte a la propagación de la fuerza gravitatoria. En efecto, en este caso se hace necesario atribuir al éter propiedades tan difíciles de explicar com las propias fuerzas de gravitación.

La cuestión de la atracción gravitatoria, de tan espectaculares resultados en cuanto a su capacidad predictiva, se convertía así en el caballo de batalla de los mecánicos ortodoxos para quienes el universo podía y debía ser explicado en términos de materia y movimiento transmitido por impulso. Sólo así era posible obtener una adecuada comprensión del movimiento en particular y del mundo físico en general, ya que éste era su principal fenómeno.

Frente a este exagerado optimismo heredado de Descartes, Maupertuis señalará los límites de la concepción mecánica del universo, en lo que a la comprensión de éste último se refiere, lo cual es tanto como decir los límites de la noción de *fuerza motriz*.

“El más grande y maravilloso fenómeno de la Naturaleza es el movimiento. Sin él todo estaría sumido en una muerte eterna o en una uniformidad pero aún que el caos; él es el que lleva por todas partes acción y vida. Pero este fenómeno que está expuesto sin cesar ante nuestros ojos, cuando queremos explicarlo, parece incomprendible”⁵.

Pasa a continuación revista a las dificultades a las que se han enfrentado los filósofos desde la antigüedad con respecto a esta cuestión, para seguir afirmando:

“Otros (filósofos) han creído avanzar mucho al adoptar una palabra que no sirve más que para ocultar nuestra ignorancia. Han atribuído así a los cuerpos una cierta *fuera* para comunicar su movimiento a los demás. No hay en la Filosofía moderna una palabra tan repetida como ésta, ninguna que sea definida con tan poca exactitud. (...) Me limito aquí a la noción de *fuera motriz*, de la fuerza en tanto que se aplica a la producción, a la modificación o a la destrucción del movimiento”⁶.

La noción de fuerza es una noción oscura, que debe su oscuridad al hecho de que no pertenece propiamente al ámbito material sino al ámbito psicológico, y carece por tanto de una significación precisa cuando se aplica a los cuerpos.

“La palabra *fuera*, en su sentido propio, expresa un cierto sentimiento que experimentamos cuando queremos mover un cuerpo que estaba en reposo, o cambiar o detener el movimiento de un cuerpo que se movía. La percepción que tenemos entonces va tan constantemente acompañada de un cambio en el reposo o en el movimiento de un cuerpo que no podría impedirnos creer que es su causa. Así, cuando vemos que algún cambio acontece en el movimiento o reposo de un cuerpo, no dejamos de decir que es el efecto de alguna fuerza. Y si no tenemos sentimiento de ningún esfuerzo que hayamos realizado para contribuir a dicho cambio, no viendo más que otros cuerpos a los cuales podamos atribuir este fenómeno, situamos en ellos la *fuera*, como perteneciéndoles.

Vemos así hasta qué punto es oscura la idea que pretendemos hacernos de la fuerza de los cuerpos, si es que incluso puede denominarse idea algo que en su origen no es más que un sentimiento confuso. Podemos asimismo juzgar hasta qué punto esta palabra, que primeramente no expresaba más que un sentimiento de nuestra alma, está lejos de poder pertenecer a los cuerpos en este sentido. Sin embargo, puesto que no podemos privar por entero a los cuerpos de una especie de influencia de unos sobre otros, sea de la naturaleza que sea, conservaremos si se quiere, el nombre de *fuera*, pero no la mediremos sino por sus efectos aparentes, y recordaremos siempre que la *fuera motriz*, la potencia que tiene un cuerpo en movimiento de mover otros, no es más que una palabra inventada para reemplazar nuestros conocimientos y que no significa sino un resultado de los fenómenos”⁷.

En este texto que, debido a su claridad, hemos preferido citar entero pese a su extensión, Maupertuis afirma rotundamente el origen psicológico de la noción de fuerza motriz. Dicha noción no es sino nuestro propio

sentimiento de esfuerzo proyectado sobre las cosas. Propiamente hablando, sin embargo, los cuerpos son incapaces de experimentar fuerzas en la medida en que son incapaces de experimentar sentimientos. Su aplicación a los objetos materiales constituye un artificio útil en la medición y cuantificación del movimiento, pero no hay que engañarse creyendo que supone real aportación de conocimientos. En realidad no es sino la atribución de un nombre a una serie de hechos que nos resultan desconocidos. En concreto no podemos explicarnos cómo el movimiento de un cuerpo pasa de uno a otro al chocar entre sí. *Fuerza impulsiva* es el término que hemos acuñado para designar esta laguna en nuestro saber.

Así mismo, si vemos moverse a los cuerpos sin acción por nuestra parte y sin intervención de ningún otro cuerpo, también entonces diremos que se mueven por una fuerza; pero al no poder situarla en ningún cuerpo externo, nos veremos obligados a considerarla como una fuerza inmaterial, como una cualidad inherente a los cuerpos. En este caso hablaremos de *fuerza de atracción*⁸.

Como vemos, Maupertius no atribuye ningún privilegio epistemológico a la noción de fuerza de impulso, frente a la de fuerza de atracción. La primera carece de la inteligibilidad que los herederos de Descartes le atribuyen. Hay que cuestionar nuestra comprensión, no sólo de la transmisión de movimiento entre cuerpos distantes, sino entre cuerpos en contacto.

"El pueblo no se extraña en absoluto cuando ve a un cuerpo en movimiento, comunicar este movimiento a otros. El hábito que tiene de ver este fenómeno le impide darse cuenta de lo que entraña de maravilloso. Pero los filósofos se guardarán de creer que la fuerza impulsiva se concibe más fácilmente que la atractiva"⁹.

En definitiva, la introducción por Newton de fuerzas en la física ha sido de extraordinaria importancia en la medida en que ha permitido la adecuada formulación del movimiento en términos de ley, pero en modo alguno debe ser considerada como la *causa* del movimiento. Maupertuis señala que el propio Newton ha advertido que con el término atracción designa un hecho, no una causa¹⁰.

En efecto, Newton ha llegado a afirmar al comienzo de sus *Principia* que no toma las palabras *impulso* o *atracción* en sentido físico sino en sentido meramente matemático, de donde se deduce que no debe entenderse

que designan acciones o causas¹¹. Al situar la cuestión a nivel matemático trata de evitar las dificultades que plantea la noción de fuerza, en especial la de fuerza de gravitación, a las que aludíamos anteriormente. No es necesario un detallado análisis de la evolución del pensamiento de Newton en este punto —lo cual nos llevaría fuera de los límites del presente artículo— para comprender que el científico inglés no se mantuvo en el terreno matemático sino que él mismo hizo un planteamiento físico de las fuerzas. De lo contrario no hubiera dado pie ni intervenido en la polémica acerca de cómo debe explicarse la propagación de la *acción* de la gravedad, de si trata de un modo de propagación instantánea en el vacío o si hay que suponer un medio interpuesto que sirva de vehículo a su transmisión. Hablar de la "acción de la gravedad" supone conceder a la noción de fuerza entidad física; si las fuerzas no estuvieran siendo consideradas como causas, no sería necesario explicar cómo se producen sus efectos. El hecho de que Newton se sirva de las fuerzas para discernir los movimientos absolutos de los relativos prueba que las entiende como causas reales de los movimientos, hasta el punto de permitir, en su opinión, diferenciar los verdaderos de los aparentes. No parece advertir que de nada sirve postular algo como causa y algo como efecto si la primera no puede establecerse con independencia del segundo. Y ésto es lo que sucede en el caso de las fuerzas cuya definición, en la segunda ley del movimiento, se establece a partir de las aceleraciones o variaciones de la cantidad de movimiento que producen por unidad de tiempo, es decir, a partir de sus efectos¹².

Maupertius insiste en que de la noción de fuerza como algo independiente del movimiento no puede extraerse información alguna. Por ello, en su examen de las leyes del movimiento de Newton, y concretamente de la segunda, dirá que se trata de una proposición idéntica que nada nuevo enseña con respecto a la primera o ley de inercia. En efecto, establecer que todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento a menos que una fuerza externa le obligue a cambiar de estado, es definir la fuerza como aquello que produce o cambia el movimiento. Afirmer a continuación que la fuerza es proporcional al cambio de movimiento no es sino repetir lo ya formulado¹³.

Las fuerzas carecen de entidad física, son categorías extrapoladas del ámbito de lo psicológico al universo material. Ahora bien, ello no significa que dicha extrapolación sea ilegítima o inútil. ¿Describen las fuerzas

algo referido a los cuerpos? Sí. Lo que describen no son propiedades esenciales y últimas de éstos sino comportamientos. Se trata de una cuestión de hecho.

''La atracción no es, por así decir, más que una cuestión de hecho. Es en el universo donde hay que ir e investigar si es un principio que tenga efectivamente lugar en la Naturaleza, hasta qué punto es necesaria para explicar los fenómenos, o en fin si ha sido introducida inútilmente para explicar hechos que se explican sin ella''¹⁴.

''(La atracción) es siempre un primer hecho del que partir para explicar otros hechos que dependen de ella''¹⁵.

Por supuesto, en opinión de Maupertuis, no sólo mediante las fuerzas de atracción sino también mediante las fuerzas de impulso describimos fenómenos externos, efectos, y no causas o cualidades. Unas y otras resultan igualmente poco inteligibles ya que es manifiestamente ''absurdo decir que una parte de materia que no puede moverse a sí misma, puede mover a otra''¹⁶.

No tiene sentido en realidad discutir si las fuerzas motrices son o no propiedades de los cuerpos porque propiamente ignoramos cuáles son las propiedades de éstos, si se reducen a las que les atribuimos, si existe alguna conexión necesaria entre ellas; desconocemos en definitiva el sujeto de dichas propiedades.

''Si tuviéramos de los cuerpos ideas completas, si conociéramos lo que son en sí mismos, cuáles son sus propiedades, cómo y en qué número residen en ellos, no nos veríamos en un aprieto para decidir si la atracción es una propiedad de la materia. Pero estamos muy lejos de tener tales ideas. No conocemos los cuerpos más que por algunas propiedades sin conocer en modo alguno el sujeto en el que estas propiedades se encuentran reunidas''¹⁷.

Del análisis que Maupertuis lleva a cabo se deducen dos tipos de consecuencias:

1. Es inadecuado plantear el tema de las fuerzas en términos de causa, preguntarse por su origen, tratar de entender el fenómeno de la transmisión de movimiento. Lo único que estamos haciendo es describir un efecto observable. Su empleo es analógico y se basa en el parentesco existente entre las nociones de ''fuerza'' y ''esfuerzo''.

2. No sólo es legítima sino necesaria la introducción de una noción psicológica en el ámbito de la física. Con ello Maupertuis toma partido en favor de Newton y contra Descartes.

''Dadnos, han dicho (los cartesianos), materia y movimiento, y formaremos un Mundo como éste. ¡Empresa verdaderamente extravagante!''¹⁸.

La explicación de los fenómenos de la Naturaleza exige el empleo de fuerzas, no sólo de impulso sino también de gravitación. Los cartesianos se equivocan al creer que su significación epistemológica es distinta. Ni las primeras explican la transmisión de movimiento, ni las segundas suponen la introducción de cualidades ocultas. Ambas son necesarias en la cuantificación del movimiento. Lo que sí ponen de manifiesto es la infecundidad de la prohibición cartesiana según la cual, puesto que alma y cuerpo son sustancias distintas que nada tienen en común, ninguna categoría que proceda de la psicología puede aplicarse a la física y viceversa.

Descartes ofreció más de lo que podía dar. Ofreció una *explicación* del mundo *en términos mecánicos*. La mecánica no explica, al menos causalmente, describe, predice. Esto por un lado. Por otro, quiso darle un significado muy reducido (explicación en la que sólo se hace uso de las nociones de extensión y movimiento transmitido por impulso) que derivaba de su concepción radicalmente dualista de la realidad. Tampoco resultó posible sin que la fecundidad de la teoría, y muy en especial su capacidad predictiva, quedaran sacrificadas.

En el siglo pasado el físico Ernst Mach tratará de abrir camino a una concepción monista en la cual desaparezca la diferenciación entre lo físico y lo psíquico, o mejor, en la que se mantengan como puros criterios prácticos. En la naturaleza no existen objetos estables, ni físicos (cuerpo-materia), ni psíquicos (alma-yo), lo único que existen son combinaciones de elementos o sensaciones. ''El mundo sólo consiste en nuestras sensaciones'', dirá Mach según su conocida frase¹⁹. Lo que determina que sean objetos de una u otra ciencia no es su diferenciación propia sino las relaciones de dependencia entre ellas que el investigador establece.

''El gran abismo entre investigación física y psíquica sólo se conserva por la manera estereotipada de pensar. Un color es un *objeto físico* en cuanto lo pensamos como dependiente de la fuente luminosa (otros colores, calores, espacios, etc.). Si nos fijamos en su dependencia de la retina, entonces es un *objeto psicológico*, una sensación. Lo diferente en ambos dominios no es la materia sino la dirección de nuestras investigaciones''²⁰.

Si prescindimos de la interpretación substancialista de los hechos físicos y psíquicos, de la ''res extensa'', y de la ''res cogitans'' en términos de Descartes, resulta mucho menos problemático uno de los temas más conflictivos del siglo XVIII, el tema de la fuerza.

Tenían razón los cartesianos y demás opositores de Newton al desconfiar de esta noción y del tratamiento que el científico inglés le había dado. Pues, en efecto, resultaba ser una noción oscura, desde el momento en que el criterio de claridad se asociaba al de distinción; o dicho en otros términos, desde el momento en que la claridad en el conocimiento del mundo material exigía su perfecta diferenciación del mundo psíquico de modo que ninguna categoría procedente de este ámbito se aplicara a aquel. Esta tesis cartesiana mucho más arraigada de lo que pudiera parecer a primera vista, es la que subyace en todos aquellos autores que acusan a Newton de animismo, se declaren o no cartesianos.

Es mérito, aunque no exclusivo, de Maupertuis (Berkeley también lo señalará, entre otros)²¹, haber puesto de manifiesto, primero, que la noción de fuerza impulsiva no tiene privilegio alguno sobre la noción de fuerza atractiva desde el punto de vista epistemológico; segundo, que ambas nociones son de origen psicológico; tercero, que ello no implica que su uso sea ilegítimo en física. Su legitimidad está garantizada desde el momento en que han probado su utilidad.

En este sentido cabría añadir que la infecundidad de la física aristotélica, desde el punto de vista de la ciencia moderna, no se debe, en contra de lo que suele afirmarse, a su animismo derivado del uso que hace de la noción de forma, sino a su radical desconocimiento de la noción de ley. La superioridad de la idea de fuerza sobre la de forma queda establecida por el hecho de haber permitido la cuantificación del movimiento, y no porque haya salvado al conocimiento del mundo físico del peligro animista. Dicho peligro sólo existe si se contempla la realidad desde una óptica radicalmente dualista.

NOTAS

- 1 NEWTON, I.; *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Edited by A. Koyré and I.B. Cohen. Cambridge, at the University Press 1972. Vol. I, pág. 54.
- 2 NEWTON, I.; op. cit. ,pág. 27.
- 3 *To Dr. Bentley*. Letter III, Cambridge 25-2-1692, 1693. *Opera Quae Exstant Omnia*. Faksimile Neudruck der Ausgabe von S. Horsley, London 1779-1785. F. Fromman Verlag, IStuttgart 1964. Band IV, pág. 438.
- 4 LEIBNIZ, G.W.; *Die philosophischen Schriften*. Herausgegeben von C.I. Gerhardt, G. Olms Verlag, Hildesheim 1965. Band VII, pág. 419.
- 5 MAUPERTUIS, P.L. Moreau de; *Essai de Cosmologie, II Parte. Oeuvres*. G. Olms Verlag, Hildesheim 1974. Vol. I, pág. 26.
- 6 MAUPERTUIS; op. cit. págs. 28-29.
- 7 MAUPERTUIS; op. cit. págs. 29-31.
- 8 MAUPERTUIS; *Examen philosophique de la preuve de l'existence de Dieu*. II Partie. *Oeuvres*. vol. I, pág. 405.
- 9 MAUPERTUIS; *Discours sur les différentes figures des astres. Oeuvres*. vol. I, pág. 98.
- 10 MAUPERTUIS; *Discours. Oeuvres*. vol. I, pág. 92.
- 11 NEWTON, I.; *Principia*. Ed. Koyré-Cohen, vol. I, págs. 45-46.
- 12 NEWTON, I.; op. cit., pág. 54.
- 13 MAUPERTUIS; *Examen philosophique de la preuve de l'existence de Dieu employée dans l'Essai de Cosmologie*, II. *Oeuvres*, vol. I, pág. 413.
- 14 MAUPERTUIS; *Discours. Oeuvres*, vol. I, págs. 103-104.
- 15 MAUPERTUIS; *Discours. Oeuvres*, vol. I, pág. 92.
- 16 MAUPERTUIS; *E. de Cosmologie*. II Partie. *Oeuvres*. vol. I, pág. 33.
- 17 MAUPETUIS; *Discours. Oeuvres*. vol. I, pág. 94.
- 18 MAUPERTUIS; *E. de Cosmologie*. II partie. *Oeuvres*, vol. I, pág. 46.
- 19 MACH, E.; *Die Analyse der Empfindungen*. Siebente Auflage. Verlag von G. Fischer, Jena 1918, pág. 10.
- 20 MACH, E.; op. cit., pág. 14. Cf. Cap. 1: "Antimetaphysische Vorbemerkungen".
- 21 BERKELEY, G.; *De Motu. The Works of...*, Bishop of Cloyne. Edited by A.A. Luce and T.E. Jessop. Th. Nelson and Sons LTD, London 1964-7. Vol. IV, págs. 11 ss.; Trad. inglesa, págs. 31 ss.