

Fuerza y geometría en los *Principia* de Newton

Antoni Malet

François De Gandt, *Force and Geometry in Newton's Principia*. Traducción del francés al inglés por C. Wilson. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1995. Pp. xiv + 296. ISBN 0-691-03367-6.

Los *Principios matemáticos de la filosofía natural* (1687), justamente considerado un libro capital en el desarrollo del pensamiento científico, es de lectura extraordinariamente difícil. Lo fue en su época, y por razones distintas lo continúa siendo hoy. Aun ahora, después de la explosión de estudios sobre la Revolución Científica de los últimos 30 años, son escasos los hispanófonos que manejen con soltura este texto. Salvando los prefacios, definiciones y leyes que abren la obra y el escolio general que la cierra, los *Principia* son prácticamente inaccesibles para el no especialista en las ciencias exactas del siglo XVII. En la obra de Isaac Newton se conjugan sin concesiones la profundidad conceptual, la sofisticación metodológica y la dificultad matemática —dificultades a las que hay que añadir hoy la barrera del lenguaje matemático arcaico—. Los *Principia*, en resumen, son frecuentemente glosados, su impacto filosófico es abundantemente analizado, y sus principales resultados son fácilmente resumidos y 'traducidos' al lenguaje actual de la física —pero en la práctica es un texto por el que pocos transitan. Sin embargo, teniendo en cuenta la centralidad de los *Principia* esto no debería ser así. Antes al contrario, un conocimiento por lo menos 'mediante' de este texto, y de primera mano, debería ser algo normal —debería formar parte de la cultura general de cualquier historiador de la ciencia moderna y contemporánea. De ahora en adelante, y gracias al libro de De Gandt, será más fácil acercarse a este texto.

De Gandt nos introduce en los *Principia* de la mano del propio Newton, anclando su introducción en torno a una traducción y comentario del *De motu corporum in gyrum*, el breve manuscrito que puede datarse con bastante seguridad en la segunda mitad de 1684 y que es el núcleo

original de los *Principia*. Como el autor señala acertadamente, *De motu* contiene las principales ideas físicas de los *Principia*, así como su inspiración metodológica fundamental, pero en un estado primario. Si ello, por un lado, las hace menos reconocibles en términos modernos, por otro resulta más fácil entender la estructura del conjunto y los conceptos y resultados que fueron genéticamente importantes. El *De motu*, que no contiene ni el principio de acción y reacción ni la proporcionalidad entre fuerza y cambio de la cantidad de movimiento, no contiene otro principio físico, además del de inercia, que la situación, que Newton no justifica pero enuncia como hipótesis, de que el desplazamiento instantáneo provocado por cualquier fuerza centrípeta que actúe sobre los planetas es proporcional a t^2 . Con este menegado bagaje Newton obtiene la ley de las áreas para órbitas determinadas por fuerzas centrales, la medida de la fuerza centrípeta en órbitas circulares, y una expresión general para la fuerza centrípeta en órbitas cualesquiera. Esto le permite deducir la proporcionalidad inversa al cuadrado de la distancia ($\propto 1/r^2$) para una órbita elíptica con centro de fuerzas en un foco (el 'problema directo'), y demostrar la tercera ley de Kepler para una órbita elíptica y una fuerza centrípeta $\propto 1/r^2$. A continuación Newton ofrece una primera solución al 'problema inverso' demostrar la elipticidad de la órbita si la fuerza centrípeta $\propto 1/r^2$. El manuscrito se completa con algunos resultados matemáticos relativos al cálculo de órbitas y al movimiento en medios resistentes (estos últimos dejados de lado por De Gandt).

En el pasado más o menos reciente el *De motu* ha sido objeto de traducciones y ediciones críticas por Hall [1962], Havel [1965] y Whiteside [1967-1981]. Estas, y en particular la última, son excelentes ediciones. La nueva presentación de De Gandt se justifica porque el aparato crítico de las dos primeras es escaso, y, como era lógico en el caso de la de Whiteside, el énfasis de la tercera recae en los aspectos matemáticos del *De motu*. Dicho sea de paso, el libro de De Gandt hubiera ganado desde el punto de vista de la completitud recogiendo algunas de las penetrantes observaciones de Whiteside. El comentario altamente original con que De Gandt presenta el *De motu* sirve para destacar las principales dificultades que Newton hubo de superar para elaborar una matematización 'explicativa' de los movimientos del sistema solar. En gran medida, la originalidad de la obra de De Gandt reside en que el *De motu* le sirve para dirigir la atención del lector mucho más hacia los puntos de fricción entre la obra de Newton y su contexto intelectual y matemático que hacia las diferencias entre la obra de Newton y la física moderna. De Gandt pone el énfasis en la ambigüedad que rodeaba el concepto de fuerza en la segunda mitad

del siglo XVII y en las dificultades que presenta la matematización de relaciones entre conceptos como 'fuerza' o 'tiempo' cuando el lenguaje algebraico no es bastante potente. También subraya el camino oblicuo e indirecto que Newton, cuando la comunidad filosófico-matemática todavía no había consensuado la validez del método hipotético deductivo, se vio obligado a seguir para 'demostrar' la existencia universal de una fuerza gravitatoria inversamente proporcional al cuadrado de la distancia —un resultado del que nada menos que un Huygens dijo que "je m'estoime que Mr Newton sur une hypothese si peu probable et si hardie, se soit donné la peine de baster tant de Theoremes et comme une theorie entiere des actions des corps celestes".

Force and Geometry in Newton's Principia se divide en tres partes. La primera contiene la traducción y comentario del *De motu* ya referidos. La segunda repasa distintas nociones de fuerza presentes cuando Newton escribe el *De motu*. La tercera y última está dedicada a los métodos matemáticos de los *Principia*, con especial énfasis en las raíces de los métodos newtonianos en la geometría de los indivisibles y en la geometría del movimiento. De Gandt, autor de importantes trabajos sobre Torricelli y Cavalieri, conoce bien estos temas y nos ofrece una visión de conjunto competente y bien estructurada. Tal vez la referencia al método (o métodos) de indivisibles es más extensa de lo estrictamente necesario para iluminar los métodos matemáticos de Newton, pero en conjunto esta sección ofrece una excelente caracterización interesante de las matemáticas de Newton en oposición a las matemáticas de Torricelli y Barrow, por un lado, y de Leibniz y los Bernoulli por otro.

Como ya hemos indicado, la segunda parte se ocupa de las nociones de fuerza anteriores a los *Principia*. Evidentemente el tema, vastísimo, podría ocupar uno o varios libros. De Gandt opta por ceñirse a los candidatos más obvios a predecesores de Newton: Kepler, Galileo-Torricelli y Huygens —aunque incluye referencias marginales a Boulliau, Descartes, Barrow, Hooke y Flansted. Siguiendo el *Epitome* (en lugar de la *Astronomía nova* y el *Harmonice mundi*), De Gandt proporciona un buen resumen, inteligente e inteligible, de la 'dinámica' de Kepler. A continuación recoge y comenta una serie de textos de Galileo y Torricelli que iluminan las relaciones entre la noción de peso y la noción de fuerza utilizada en el estudio de las llamadas máquinas 'simples' en la primera del siglo XVII. También analiza cuidadosamente diferentes demostraciones (de Galileo, Barrow y Huygens) de la ley de caída libre de graves. La siguiente sección, que se ocupa de la gravedad y la fuerza centrífuga en Huygens, presenta material bien estudiado en el excelente libro de Yoder [1988].

El resumen de los progresos dinámicos anteriores a los *Principia* que De Gandt ofrece en esta segunda parte es lúcido, el análisis técnico del material es siempre correcto, y en conjunto será extraordinariamente útil como recolección de material introductorio a los *Principia*. Sin embargo, presenta una omisión de cierta importancia relativa al contexto filosófico y astronómico específicamente inglés. Sabemos que Newton pertenecía a una tradición mecanicista distinta en aspectos esenciales del mecanicismo cartesiano [ver por ejemplo: Henry 1986], y sabemos también que Seth Ward y Jeremiah Horrocks hicieron aportaciones originales a la astronomía matemática inglesa en los años 1650 y 1660 —pero De Gandt no incluye prácticamente ni una referencia a estas fuentes 'locales' ni a lo que pudieron aportar al joven Newton. La importancia de esta omisión resulta si cabe más manifiesta por el hecho casi seguro, reconocido por De Gandt, que Newton no leyó directamente ni Kepler ni Galileo. Con los *Principia* la matematización de la naturaleza adquirió un aspecto y una dirección que sorprendió a la inmensa mayoría de filósofos y matemáticos continentales, hasta el punto de que su valor científico sólo fue reconocido al otro lado del Canal de la Mancha a partir de los años veinte del siglo XVIII. Sin embargo esta especificidad inglesa de la obra de Newton, que constituye una de sus características históricamente más fascinantes, sólo se puede comprender a través de las tradiciones locales a que antes me refería.

Force and Geometry in Newton's Principia constituye a mi entender la mejor introducción, hasta el momento, a los conceptos y métodos de los *Principia*. La mejor por su elección del material comentado y por la sensibilidad histórica que informa el comentario. En demasiadas ocasiones textos introductorios a los *Principia* ofrecen sólo una serie de leyes y resultados que supuestamente pertenecen a los *Principia*, pero que, con fines didácticos, son reinterpretados y presentados según los cánones de la mecánica decimonónica. Estos textos introductorios eliminan las ambigüedades del texto newtoniano, la problemática de la matematización del concepto de fuerza, las dificultades asociadas a la introducción de una acción a distancia, y por supuesto el genuino sabor del idiosincrático estilo matemático de los *Principia*, a medio camino entre la geometría de Torricelli, Barrow o James Gregory y el análisis infinitesimal dieciochesco. Este no es ciertamente el caso en el libro que aquí reseñamos.

Referencias

- HALL, A. R. (Ed.) 1962 *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HENRY, I. 1985 "Occult Qualities and the Experimental Philosophy: Active Principles in Pre-Newtonian Matter Theory." *History of science*, 24: 335-341.
- HUGHES, I. 1965 *The background of Newton's Principia: A study of Newton's dynamical researches in the years 1664-87*. Oxford: Clarendon Press.
- WHITESIDE, D. T. 1967-1981 *The Mathematical Papers of Isaac Newton*. 3 vol., Cambridge: Cambridge University Press. Vol. VI.
- YODER, J. 1988 *Unrolling Time: Christian Huygens and the Mathematization of Nature*. Cambridge: Cambridge University Press.

Antoni Malet es profesor de Historia de la Ciencia en la Universitat Pompeu Fabra (Barcelona). Es autor de trabajos sobre las matemáticas de los siglos XVI y XVII, sobre el problema de la matematización en la Revolución Científica, y sobre la comunidad matemática española durante el franquismo. Su publicación más reciente es el libro *From indivisibles to infinitesimals: Studies on Seventeenth-Century Mathematizations of infinitely small quantities*.