

Isaac Newton

El sistema del mundo

Traducción, introducción y notas
de Eloy Rada García



Alianza editorial
El libro de bolsillo

Título original: *De Mundi Systemate*

Primera edición: 1983

Segunda edición: 2018

Diseño de colección: Estudio de Manuel Estrada con la colaboración de Roberto Turégano y Lynda Bozarth

Diseño de cubierta: Manuel Estrada

Fotografía de Lucía M. Diz

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© de la traducción, introducción y notas: Eloy Rada García

© Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1983, 2018

Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 15

28027 Madrid

www.alianzaeditorial.es

ISBN: 978-84-9181-316-3

Depósito legal: M. 26.460-2018

Printed in Spain

Si quiere recibir información periódica sobre las novedades de Alianza Editorial, envíe un correo electrónico a la dirección: alianzaeditorial@anaya.es

Índice

- 9 Introducción
- 29 *Elogio de Sir Isaac Newton*, por Fontenelle
- 59 El sistema del mundo
- 167 Glosario

Introducción

Nació sir Isaac Newton el veinticinco de diciembre de 1642 en la granja de Woolsthorpe, Lincolnshire, y murió en Londres-Kesington el veinte de marzo de 1727 tras ochenta y cuatro años, tres meses y veintitrés días de vida llenos de éxitos intelectuales por una parte y de felicidad y tranquilidad por otra.

Su padre murió muy poco antes de nacer sir Isaac y era un más que mediano granjero, dueño de la hacienda de Wollsthorpe, propiedad de la familia desde hacía generaciones. Ante el hecho prematuro de su muerte se pensó en que sir Isaac, llegado el tiempo, continuase con la explotación de la granja paterna. Mas, entre tanto, su madre se casó de nuevo con el reverendo Bernabé Smith, un clérigo bien acomodado, y se fue a vivir con su esposo al cercano pueblo de North Witham. Sir Isaac quedó en Woolsthorpe al cuidado de sus abuelos. Pero, al quedar viuda de nuevo, su madre regresó a la granja de los New-

ton con los tres hijos habidos del segundo matrimonio. Newton tenía para entonces catorce años.

Durante la primera infancia había asistido a dos pequeñas escuelas para externos y desde los doce asistió a la King's School de Gratham viviendo durante este tiempo como pupilo en casa de un boticario. Ya entonces daba la impresión de ser un muchacho «tranquilo, silencioso y reflexivo» pero lleno de imaginación. Se divertía construyendo artilugios con los que provocaba admiración entre sus compañeros, y así se habla de un molino de viento, una clepsidra o reloj de agua, un carricoche que hacía andar con una manivela el ocupante que subía a bordo, cometas que volaban más alto y se manejaban mediante articulaciones y, a veces, les colocaba luces en su interior que asustaban a los buenos campesinos o al menos les hacía creer que se trataba de auténticos meteoros; y por supuesto construía relojes de sol, para lo que se dedicaba a observar y trazar sobre el patio de la casa donde vivía el curso diurno del astro solar, etc.

Pero la llegada a Woolsthorpe de su madre vino a alterar estas alegres diversiones y tuvo que regresar a la granja para, como hijo mayor, hacerse cargo de su dirección. Sin embargo no tenía el menor interés en aquellas cosas y cuando menos se esperaba se le hallaba absorto leyendo bajo un seto mientras los animales a su cuidado campaban libremente por los campos, de modo que su madre, aconsejada por el antiguo profesor de Gratham y por el tío de Newton, se decidió a que continuase sus estudios y después ingresase en la Universidad. Así ocurrió que regresó a Gratham y después ingresó en el Trinity College de Cambridge el 5 de junio de 1661 a los

dieciocho años como becario. Eran los días en que se acababa de producir la restauración de los Estuardo en la persona de Carlos II (1660) y los profesores de Cambridge cambiaban la gorra redonda del anterior régimen por el cuadrado birrete, resolviendo así, de paso, el problema matemático tan debatido de la «cuadratura del círculo», según el comentario irónico de un matemático de la época.

Llevó por este tiempo un diario de sus estudios, y por él conocemos con cierto detalle cómo se desarrollaron. No había estudiado matemáticas anteriormente, aunque estaba familiarizado con la lógica a través de un texto de Sanderson que era una especie de introducción obligada a los estudios matemáticos. Leyó después a Euclides y no encontró dificultad alguna en comprender la obviedad de sus enunciados. A continuación trabajó un libro de texto titulado *Clavis mathematicae*, de William Oughtred, que se había publicado en 1631, así como la *Geometría* de Descartes, que le causa una magnífica impresión pese a ciertas dificultades para su lectura. Continuó luego con la *Óptica* de Kepler, la obra de Vieta y la *Arithmetica infinitorum* de Wallis, a la vez que seguía las lecciones de Barrow.

El año 1665 se declaró una terrible peste en Londres que se fue extendiendo y en el otoño alcanzó a las ciudades universitarias, obligando con ello a cerrar las universidades de Cambridge y Oxford. Por esto Newton se vio en la necesidad de retirarse a su granja durante el otoño de 1665 y el año 1666, recién graduado como bachiller de Artes. Durante ese período que permanece en su casa, realiza estudios que en cierto modo van a ser decisivos

por cuanto en ellos se halla la base y el núcleo de lo que va a constituir su gran aportación científica.

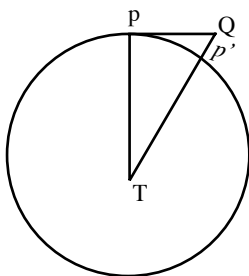
En primer lugar formuló, al menos de un modo provisional, el principio fundamental de su teoría de la gravitación, esto es, que cada partícula de materia atrae a otra partícula y ello en proporción directa al producto de sus masas y en proporción inversa al cuadrado de sus distancias. No obstante, el fundamento para esta hipótesis no parece que llegase Newton a establecerlo hasta más tarde, y por el momento sólo debió parecerle una buena hipótesis de trabajo e incluso una mera parte del conjunto de principios que habrían de gobernar la concepción mecánica del mundo.

En segundo lugar dejó redactado un esbozo más que medianamente completo del cálculo de fluxiones. Así, en un manuscrito de 28 de mayo de 1665 ya hay pruebas de que está utilizando las fluxiones para sus cálculos, y que por estos mismos días –son los días de su bachillerato en Artes– ha formulado ya su teorema del binomio. En otro manuscrito de 13 de noviembre de ese año utiliza las fluxiones para hallar la tangente y el radio de una curva en un punto de la misma. De todo esto dará cuenta a sus amigos y alumnos hacia 1669 al ser nombrado profesor.

Además, y éste es el tercer núcleo de sus trabajos en esta época, trabajó en pulir lentes no esféricas –siguiendo aquí la opinión de Descartes– iniciando los estudios sobre la luz blanca del Sol y logrando tal vez descomponerla en colores.

A la sazón, su planteamiento de la teoría de la gravedad era más o menos así: si se supone que la fuerza que retie-

ne a la Luna en su órbita es la misma que actúa en forma de gravedad sobre una piedra que cae en las inmediaciones de la Tierra, y se sabe que la velocidad de caída de ésta es de 16 pies en el primer segundo, entonces se podría formular el problema para la Luna del modo siguiente:



La órbita de la Luna en torno a la Tierra es aproximadamente un círculo. La distancia de la Luna a la Tierra es conocida aproximadamente y, por tanto, la longitud de su órbita. También es conocido el tiempo que tarda en dar una vuelta completa en torno a la Tierra. De aquí que pueda determinarse la velocidad de la Luna en el momento y punto P . En el segundo siguiente la Luna debería hallarse en el punto Q si no fuese atraída hacia T por la fuerza de la gravedad. Pero al cabo de ese segundo la Luna no se halla en Q sino en P' , y por tanto la Tierra ha «tirado» de la Luna haciéndola recorrer la distancia QP' en un segundo. Suponiendo que la gravedad sea una fuerza constante y que sólo ella actúe en el caso y lo hiciese según la ley del inverso del cuadrado de las distancias, entonces QP' debería ser a 16 pies inversamente

como el cuadrado de la distancia de la Luna al centro de la Tierra es al cuadrado del radio de la Tierra.

Sin embargo, y aunque este planteamiento es básicamente correcto, los datos de estas distancias de que entonces disponía Newton lo llevaron a un resultado en el que QP' era un octavo menor de lo que debía ser. Sólo en 1679, como veremos, al repetir los cálculos sobre datos más exactos halló que QP' se ajustaba al valor referido.

En 1667 regresó a Cambridge y, ya maestro en Artes, fue elegido miembro del Trinity College, donde fijó su residencia, y desde octubre de 1669 fue profesor Lucasiano de matemáticas hasta su renuncia en 1701. Como titular de esa cátedra pronunció las famosas *Lectures* en las que expone casi todo el material de sus descubrimientos científicos. Curiosamente, sin embargo, estas *Lectures* no fueron muchas veces nada concurridas y en ocasiones regresaba a casa desde una sala vacía.

Todas ellas tratan de los temas que hemos mencionado más arriba: desde 1669-70 a 1672-73 el tema es la óptica; desde 1673-74 a 1683-84 son temas matemáticos, y desde 1684 a 1687 los temas son mecánicos y astronómicos, *de motu corporum*. Habría que observar que todos estos temas de las *Lectures* newtonianas fueron objeto de su consideración con anterioridad a serlo de su pública exposición y obedecen por tanto a investigaciones previas en las que Newton ha llegado a determinados resultados que son el objeto de su exposición pública.

Así ocurre que desde finales de 1669 elige como tema para sus lecciones los resultados de sus experimentos ópticos y va exponiendo sus hallazgos sobre la descomposición de la luz blanca en colores mediante un prisma

y la consiguiente explicación del arcoíris. De ello da cuenta a la Royal Society en una comunicación del 19 de febrero de 1671-72, publicada en el número 80 de las *Philosophical Transactions*. Pero un fracaso en sus experimentos encaminados a corregir la aberración cromática de dos colores mediante un juego de prismas le decidió a abandonar la idea de hacer un telescopio de refracción que fuera acromático y en su lugar diseñó uno de reflexión del que da cuenta otro escrito de marzo de 1672. Ambas cosas le acarrearón una larga correspondencia que lo cansaba, cuando no lo irritaba, por el mero hecho de que alguien se atreviera a discutir sus bien establecidas conclusiones. Así lo manifiesta en una carta de 9 de diciembre de 1675 de la que Fontenelle se hace eco en su *Elogio*.

Por estos años Newton desarrolla su trabajo matemático, que va exponiendo en sus *Lectures*, principalmente de álgebra, teoría de ecuaciones y algunas cuestiones geométricas en relación con el análisis de curvas, así como el método de fluxiones. También en este caso debe tenerse en cuenta la alta cuota de participación que debe atribuirse a los temas y descubrimientos de 1665-66. No obstante, el corpus de tantas *Lectures* abarca cuestiones algebraicas notablemente desarrolladas a partir de aquellos planteamientos iniciales. Cuando en 1707 Whinston publicó el *Algebra universalis* conteniendo la parte más significativa de las *Lectures*, había ya un cierto conocimiento de los hallazgos matemáticos de Newton, parte por los apéndices de la *Óptica*, publicados en 1704, y parte porque entre los medios matemáticos había circulado material manuscrito procedente de sus discípulos de Cam-

bridge o a veces de sus amigos, como Collins, cuando no inferido de algunos lemas y problemas de los *Principia* en los que había hecho uso restringido de esos análisis, si bien no publicase más que los resultados de los mismos. Pero, esto no obstante, la obra matemática de Newton en su conjunto no se acabó de publicar hasta bien andado el siglo XVII y en concreto la *Geometría analítica* no apareció hasta que sir Samuel Horsley la incluyó en el tomo I de las *Opera* en 1779.

En este capítulo entra de lleno la célebre polémica con Leibniz sobre el descubrimiento del cálculo infinitesimal (las fluxiones). Parece que Leibniz llegó a formularlo consistentemente hacia 1676-78 y publicó su método en las *Acta Eruditorum* en 1682. Suscitada la cuestión de su paternidad, Newton la reclamó desde su preponderante presidencia de la Royal Society, y obligó a ésta a intervenir con un dictamen que, en honor a la verdad, tampoco satisfizo por completo a sir Isaac, puesto que sólo dejó establecido que Newton conocía este método desde 1669 o antes, pero que de ningún modo podía demostrarse que Leibniz lo hubiese tomado de Newton directa o indirectamente –plagio–, o que Leibniz no lo hubiese hallado por sí mismo. Newton dedicó a esta cuestión mucho de su tiempo desde 1709 a 1716, pero también es verdad que ya para esa época había abandonado la investigación y –aparte sus obligaciones en el Mint, la Casa de la Moneda– cuidaba sólo de estas cosas y de la segunda edición de los *Principia*, que estaba encomendada a Roger Cotes.

En el año 1679 conoce Newton, posiblemente por una carta de Hooke, las mediciones geodésicas de Picard. En ellas Picard utiliza un valor del radio de la Tierra prácti-

camente correcto y Newton, sobre la base de los datos de Picard, repite sus cálculos de 1666 relativos a la órbita lunar y halla que los resultados concuerdan con las exigencias de su hipótesis de la gravitación bajo la estipulación de la ley del inverso del cuadrado. A continuación generaliza la teoría para toda partícula que bajo la acción de una fuerza centrípeta gire en torno a un punto, y demuestra que el radio trazado entre la partícula y su centro de giro barrerá áreas iguales en tiempos iguales. Esto era la, hasta entonces, empírica ley de Kepler de las áreas. También halla que si una partícula describe una elipse bajo la acción de una fuerza centrípeta, situada ésta en un foco, dicha fuerza deberá ajustarse a la ley del inverso del cuadrado y, viceversa, que la órbita de una partícula que gire bajo la acción de una fuerza centrípeta de estas características tiene que ser una cónica, y más exactamente una elipse. Pero Newton, una vez más, no publica sus descubrimientos, quizás porque no tiene el menor deseo de iniciar otra larga correspondencia con sus oponentes, que según podía intuir, habrían de ser muchos, sobre todo cartesianos, de cuyo modo de hacer filosofía natural aborrecía con vehemencia.

Pero en este caso fue cierto eso de que «el buen paño en el arca se vende», y en agosto de 1684 Halley se presentó en Cambridge para consultar a Newton sobre la ley de Kepler según la cual el tiempo periódico de un planeta varía como el cubo del radio de su órbita. Parece que Hooke, Halley, Huygens y Wren habían supuesto la ley del inverso del cuadrado pero no podían deducir a partir de ella la órbita que bajo esas condiciones debería describir un planeta. Newton contestó en el acto que ya lo ha-

bía calculado y era una elipse. Y al no encontrar sus papeles a mano para mostrárselos a Halley, le prometió una copia en limpio con la demostración que había establecido en 1679. Con este estímulo Newton, en ese otoño de 1684, redactó las Proposiciones 1 a 19, 21, 30, 32 a 35 del libro I de los *Principia*, cosa que, con algunos comentarios más, vino a constituir el tema de sus *Lectures* de ese otoño. En noviembre recibió Halley el manuscrito prometido por Newton y esto le movió a volver a visitarlo.

De esa visita debió salir el proyecto general de los *Principia*, al menos en la mente de Newton. Esta obra consta, como es sabido, de tres libros. Los dos primeros establecen las bases físico-matemáticas de un sistema general de mecánica, sistema que es aplicado en el tercero a los movimientos planetarios del sistema solar como un caso particular del sistema general de mecánica establecido en los dos primeros. En ellos, la teoría considera a los cuerpos como puntos, y no como cuerpos extensos. En el tercero, los cuerpos celestes son asimilados a esos puntos mediante la sustitución del cuerpo por su centro, sobre el que se acumula toda la masa, todo el peso y toda la gravedad del mismo. El esfuerzo de Newton en este tiempo es titánico y el 28 de abril de 1686 hace entrega del libro primero a la Royal Society. En el verano de 1686 completa el libro segundo, y en septiembre de ese año ya está preparando el libro tercero, que llevará por subtítulo «*De Mundi Systemate Liben*». En todo este trabajo ocupó el invierno y la primavera, de modo que en el verano de 1687, y con la inapreciable ayuda de Halley –que fue en cierto modo, incluso económico, su editor–, apareció la primera edición de la obra más importante y más influ-

yente de Newton: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

En su composición utilizó un método matemático-geométrico que hoy no se utiliza al haber sido sustituido por el cálculo. El mismo Newton utilizaba para obtener sus resultados sus métodos de fluxiones, aunque después hiciese sus demostraciones y la presentación de las mismas en lenguaje geométrico. Por ello resulta, y quizá ya lo era un poco en su tiempo, arcaizante. Pero, por otra parte, Newton sabía que los secretos del cálculo por entonces sólo los poseía él mismo y, para el común de los matemáticos y científicos, ese lenguaje geométrico era todavía el lenguaje usual. Por tanto quizá pensara que, si le comprendían mejor, le ahorrarían explicaciones y le evitarían molestias.

El libro que aquí presentamos está profundamente relacionado con la composición de los *Principia*. Para dar cuenta de lo que Newton expone en el tratado que el lector tiene en sus manos juzgó Newton necesario componer una obra de tal envergadura, y cuando la hubo compuesto juzgó conveniente suprimir de ella este tratado y colocar en su lugar el libro tercero, que apareció publicado con el subtítulo que ya hemos enunciado. En una palabra, este tratado es la primera y después desechada versión del libro tercero de los *Principia*. Por ello cuando se publicó por primera vez este tratado en Londres en 1728, recién muerto Newton, se hizo con un título casi igual al que llevaba el libro tercero de los *Principia*; tal título era *De Mundi Systemate Liber Isaacci Newtoni*. Esta versión fue desechada por Newton porque le pareció que estaba escrita en un lenguaje demasiado llano, «po-

pular» dice él mismo, y por tanto no correspondiente con el tono matemático y muy técnico de los otros dos libros primeros de los *Principia*. Así que Newton reescribió este libro en lenguaje matemático para los *Principia* mientras nos dejaba la primera redacción, en lenguaje popular, archivada entre sus papeles hasta después de su muerte. Más tarde volveremos sobre ello.

En cierto modo podemos decir que con la publicación de los *Principia* termina la actividad creadora de Newton. Efectivamente, hasta 1727, en que muere, poco más puede decirse de su vida intelectual. En cambio, da paso a su vida pública de hombre ilustre. Ya en 1687 toma parte en la disputa entre la Universidad y el rey Jacobo II porque este quería hacer aceptar a un fraile católico como maestro universitario. Esto determina que llegue al Parlamento en 1689 por primera vez, a donde vuelve después en 1701 como representante ambas veces de la Universidad. No se recuerda que interviniese jamás en la vida parlamentaria salvo para pedir a un conserje que cerrase una ventana. Desde 1690 a 1692 prepara y reúne parte de sus escritos matemáticos y escribe las dos cartas a Wallis en que da noticia de su método de fluxiones y que se publican en 1693. Cae enfermo con una especie de crisis nerviosa o de locura y padece tremendos insomnios y un estado de irritación continua. A principios de 1694 se halla recuperado, pero ya no trabaja más en la investigación científica, salvo esporádicamente en la resolución de problemas que circulaban entre los matemáticos de la época como desafíos entre ellos.

En 1696 es nombrado, gracias a los buenos oficios de Montague, que había sido alumno suyo, inspector del Mint

y pone todo su empeño en llevar adelante el gran proceso de reacuñación de moneda que se estaba realizando con motivo de la venida al trono inglés de una nueva dinastía. Desde 1699 es presidente del Mint con el magnífico sueldo de 1500 £ por año y, en consecuencia, en 1701 renuncia a su cátedra Lucasiana de Cambridge. Su vida en Londres se centra en su nuevo trabajo, en la presidencia de la Royal Society y en sus lecturas y escritos privados.

Únicamente vuelve a la vida científica pública para resolver alguno de los problemas matemáticos de la época, en cuya resolución deja constancia, una vez más, de su increíble habilidad. Así puede recordarse aquí el problema de Pappo, consistente en hallar el lugar geométrico de un punto tal que el rectángulo comprendido entre sus dos distancias a dos líneas rectas esté en una proporción dada al rectángulo comprendido por las distancias a otras dos líneas rectas también dadas. Algunos geómetras de la Antigüedad, como Apolonio, intentaron resolver geoméricamente la cuestión sin conseguirlo. Para Newton no supuso mayor dificultad demostrar de un modo directo y elegante que dicho lugar es una cónica.

Otro desafío célebre fue planteado por J. Bernoulli en 1696, quien escribió a los matemáticos una circular proponiendo *a)* determinar el brachistocrono, y *b)* hallar una curva tal que si se traza una línea desde un punto dado O que corte a la curva en P y en Q entonces $OP'' + OQ''$ sea una constante. Leibniz resolvió la primera parte después de seis meses y sugirió que se le enviase a Newton y a otros matemáticos como una especie de desafío. Newton recibió el problema el 29 de enero de 1697,

y al día siguiente devolvió la solución a las dos cuestiones, dando a la vez la solución general para la segunda parte.

Algo parecido volvió a ocurrir en 1716, cuando Newton fue desafiado para que obtuviera la trayectoria ortogonal de una familia de curvas tales como las que describe la Luna al girar a la vez en torno a la Tierra y con ésta en torno al Sol. Newton lo resolvió en cinco horas y de paso estableció los principios para hallar las trayectorias.

Si todo lo dicho y mucho más nos lleva a considerar que como matemático y hombre de ciencia su genialidad admite pocas comparaciones en toda la historia, eso mismo pudiera hacernos creer que en Newton sólo había preocupaciones científicas, que estas cuestiones y sólo éstas ocuparon su mente y su vida interior, y hasta pudiera parecer demasiado para un solo hombre y una sola vida por larga que fuese. Pero no es éste el caso de sir Isaac. A su muerte dejó una muy cuantiosa colección de manuscritos personales que llegó, con el tiempo, a conocerse con el nombre de «Colección Portsmouth» por ser esta familia –descendientes de Newton– la poseedora de la misma. Cuando los investigadores tuvieron acceso a estos manuscritos hallaron miles de folios escritos por sir Isaac conteniendo estudios de alquimia, comentarios e interpretaciones de textos bíblicos –especialmente los proféticos–, así como cálculos herméticos completamente oscuros e ininteligibles para ellos. De esto han tomado pie algunos para relacionar a Newton con sectas herméticas como los Rosacruz, aunque falten en absoluto fundamentos para ello. Posiblemente las cosas vayan en otra dirección muy distinta.

Efectivamente, Newton era un hombre creyente de los llamados «fundamentalistas», esto es, de los que creían en la revelación de la Biblia y la entendían al pie de la letra; además, como Locke, era unitario, es decir, no creía en la Trinidad, que consideraba un invento papista. Así pues, parece que Newton pensaba que Dios había hecho una segunda revelación en la Biblia en la que completaba la primera hecha en la creación. En ésta se halla la ciencia divina expresada en forma de leyes físicas a cuyo conocimiento había llegado Newton por primera vez, con lo que había alcanzado casi los mismos confines de la divinidad.

Pero aún faltaba mucho por conocer del formidable plan de Dios. El resto de las claves deberían hallarse en la Biblia, la otra «entrega» divina, y por ello Newton acudiría a su estudio de un modo tan apasionado. Al menos aquí debería hallarse la clave de la historia —las lucubraciones teológicas y herméticas estarían vinculadas a este intento—, entendiendo «historia» como historia total del mundo, de sus elementos astronómicos y de sus elementos humanos también, como partes de un sólo plan divino. Newton no se daba por satisfecho con haber logrado desentrañar el complicado sistema mecánico de los astros del sistema solar —y eventualmente de cualquier otro—, sino que creía que eso era sólo un subsistema del sistema total, una pequeña parte del enigma —«unas piedras más pulidas o más brillantes halladas en la playa del inmenso océano de la verdad»—, y se planteó el desafortunado desafío de tratar de alcanzar el fondo del océano, desafío propio de un espíritu titánico y universal. La alquimia, la teología, los estudios y cálculos herméticos debieron ser sus intentos fallidos.

Y esto, no obstante, nos da una pista de lo que debió ser el Newton filósofo, metafísico, creyente y hasta un poco renacentista y otro poco medieval. Un Newton que no es la clara y rutilante estrella de la Ilustración, como a veces se ha pensado sólo en función de que su «sistema del mundo» fuera «el» sistema del mundo de la época ilustrada y fruto de una razón matemática incontaminada. Que sus matemáticas, su física o su óptica hayan ingresado en el templo de la razón y de la ciencia como partes –esenciales– del saber científico de la Ilustración está bien lejos de significar que el hombre que las creó fuese sin más un intelectual de perfiles puros y estereotípicos de la Ilustración. Hay en él algo de medieval y renacentista, cuya mejor expresión se halla en la explícita vinculación teórica a Dios de las cuestiones últimas de la *Óptica* o de los *Principia* y, en última instancia, de todo el sistema. Esta dependencia del mundo respecto a su Dios –como creador, ordenador, conservador, restaurador, etc.– no es algo marginal en la filosofía de Newton, sino el punto de convergencia de sus líneas de pensamiento, las cuales se asemejan más al teocentrismo medieval que a la «autonomía del mundo y del individuo» o al «no necesito esa hipótesis», refiriéndose a Dios, de Laplace.

Y volvemos ahora a nuestro tratado. En él Newton expone en un lenguaje asequible –no demasiado matemático– cuatro núcleos principales de temas y algunas otras cuestiones conexas con ellos, relativas a la explicación del sistema de los movimientos de los astros que se mueven en torno al Sol y de las fuerzas y efectos que para ello se requieren y de ello se siguen. En primer lugar el lector encuentra una teoría sobre las relaciones entre cuerpos que se mueven bajo la hipótesis del inverso del cuadrado

de las distancias mutuas. De ello se pasa a establecer que la gravedad entre los cuerpos celestes —o lo que sean las fuerzas a las que Newton denomina «gravedad», pero que el lector también podría denominar «amor mutuo», por ejemplo— cumple esas leyes de movimiento. Newton por cierto siempre afirmó que desconocía cuál era la naturaleza de eso a lo que denominaba «gravedad», aunque mantenía que sus efectos observables o «fenómenos» en los movimientos de los cuerpos daban motivo para creer que era una «fuerza» centrípeta. En este asunto tanto las observaciones de los satélites de Júpiter como de la Luna dan la base empírica sobre la que se alza la generalización, ayudada naturalmente de la hipótesis.

En segundo lugar aborda Newton la descripción de los movimientos de la Luna y de su relación con la Tierra y con el Sol para dar las bases del tema siguiente y dejar establecidos los fundamentos suficientes de la teoría de la Luna. Hay que hacer notar que los movimientos de la Luna no son de fácil predicción, y tampoco Newton estuvo nunca completamente satisfecho de sus cálculos.

Sin embargo, su teoría de la Luna es necesaria y en cierto modo suficiente para poder pasar a explicar otro de los grandes problemas a que dio cumplida respuesta Newton como aplicación de su teoría general de la gravitación: las mareas. Éste es un efecto medible y observable de modo tan reiterado como se desee, y además grandioso por su magnitud, pues para su producción sólo una fuerza de las proporciones de la de la gravedad podría ser adecuada. Por ello, entre otras razones, es tan importante llegar a vincular su explicación a la teoría de la gravitación determinando las magnitudes y relaciones entre