

Sentido y alcance de la síntesis newtoniana*

ALEXANDRE KOYRÉ

663/2

Es imposible presentar en breves páginas una historia detallada del nacimiento, del desarrollo y del declinar de la concepción newtoniana del mundo. Es, además, imposible hacer una exposición relativamente completa de la obra realizada por Newton mismo.¹ Me veo obligado, por lo tanto, a limitarme a lo esencial y a presentar sólo las grandes líneas del tema. Además, al hacerlo, supondré un cierto número de conocimientos previos. Suposición justificada, creo yo, porque en realidad todos conocemos algo sobre Newton; y, más aún, sin duda, porque algo sabemos sobre alguno de los otros grandes sabios y filósofos cuyo esfuerzo común abarca el siglo XVII —el siglo de los genios como lo llamó Whitehead.

Sabemos, por ejemplo, que gracias a la intuición y al genio experimental de Newton (no a su ingenio; otros como Robert Hooke, también fueron ingeniosos, y quizás mucho más que él) debemos la idea de la descomposición de la luz y la primera teoría científica de los



Discusiones Filosóficas
Departamento de Filosofía
Universidad de Caldas
No. 2 Julio-Diciembre de 2000

* Tomado de KOYRÉ, Alexandre. *Études newtoniennes*. París: Gallimard, 1968; pp. 25-49. Traducción de Carlos Alberto Ospina Herrera. Departamento de Filosofía de la Universidad de Caldas.

¹ La mejor obra de conjunto sobre la obra científica de Newton sigue siendo la de F. Rosenberg. I. *Newton und seine physikalischen Principien*, Leipzig, 1895. Ver también H. W. Turnbull, *The Mathematical Discoveries of Newton*; London, Blackie, 1945. S. I. Vavilov, *Isaac Newton*. Moscú, Akademiia Nauk, 1943, traducción alemana: Berlín, Akademie-Verlag, 1951; y I. B. Cohen, *Franklin and Newton*, Philadelphia, The American Philosophical Society, 1956. La mejor biografía es la de L. T. More: *Isaac Newton*, New York and London, Scribner, 1934.

UNIVERSIDAD DE CALDAS
BIBLIOTECA

colores del espectro;² sabemos que es a la profundidad de su espíritu filosófico a la que debemos la formulación –aunque no el descubrimiento– de las leyes fundamentales del movimiento³ y de la acción, así como una clara comprensión de los métodos y de la significación de la investigación científica; sabemos que, gracias a su invento del cálculo, pudo demostrar la identidad de la gravitación terrestre y la celeste y descubrir la ley fundamental de la atracción que vincula

–o al menos hasta estos últimos tiempos vinculaba– los cuerpos más pequeños y los más grandes, átomos y estrellas, del Universo infinito. Sin duda también sabemos que no es a él, sino a su gran rival Leibniz,⁴ a quien debemos *de facto* la propagación y el desarrollo efectivos del cálculo infinitesimal, sin el cual no hubiesen sido posibles la extensión gradual y la perfección del *systema mundi* newtoniano.

² La producción de los colores del espectro con la ayuda de cristales y de gotas de agua, así como la teoría del arco iris con la que se relaciona, tiene una extensa historia –y hasta una prehistoria– que se remonta a la Edad Media y aún a la antigüedad. En el siglo XVII ella fue estudiada en particular por M. A. de Dominis, *De radiis visus et lucis in vitris perspectivis et iride tractatus*, Venise, 1611, por Descartes en sus ensayos *La Diotrique* y *Les Méteores*, que fueron seguidos por el *Discours de la Méthode*, Leyde, 1637. Por M. Marci, *Thaumantias, liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura*, Prague, 1648; por F. M. Grimaldi, *Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride*, Bologne, 1665; y muy especialmente por Robert Boyle, *Experiments and Considerations upon Colours*, London; 1644, y por Robert Hooke, *Micrographia: or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses*, London, 1665. No se debe a Newton el descubrimiento del fenómeno, sino a: 1º La introducción de medidas exactas en su estudio y 2º la explicación del fenómeno como si fuera una descomposición (y una recomposición) de la luz blanca en sus componentes coloreados con la ayuda del prisma, explicación que se opone a la concepción pre-newtoniana según la cual la descomposición de los colores del espectro se debe a un proceso de cambio cualitativo sufrido por la luz blanca en el momento en que atraviesa un prisma. Para la historia de este tema ver a Vasco Ronchi, *Storia della luce*, Bologna, Zanichelli, 1939; 2ed. 1952 (traducción francesa *Histoire de la Lumière*. Trad. De J. Taton, París, S. E. V. P. E. N., 1956), y Roberto Savelli, “Grimaldi e la rifrazione”, *Cisalpinia*, 1951.

³ El descubrimiento de las leyes del movimiento se debe a Galileo y a Descartes. Ver mis *Études galiléennes*, París, Hermann, 1939, reeditado en 1966 (En español: *Estudios galileanos*. 2ed. México: Siglo XXI, 1981). Ver también a R. Dugas, *Histoire de la mécanique*. París: Dunod, 1950 y *La Mécanique au XVIIe siècle*. París: Dunod, 1954; finalmente A. R. Hall, *The Scientific Revolution*, London: Longmans, Green, 1954.

⁴ Hoy nadie pone en duda el hecho de que Leibniz inventó el cálculo diferencial de manera totalmente independiente y nadie jamás ha cuestionado la superioridad del simbolismo leibniziano. Ver H. G. Zeuthen, *Die Geschichte der Mathematik im XVI und XVII Jahrhundert*, Leipzig, Teubner, 1903; C. B. Boyer, *The concepts of the Calculus*, New York: Columbia University Press, 1939 (2ed. New York: Hafner, 1949). También es muy interesante anotar que J. Hadamard considera el simbolismo de Leibniz como inferior al simbolismo de Newton, en la misma medida en que la concepción de “diferencial” lo es con la de “fluxión”. Ver a Jacques Hadamard, “Newton and the Infinitesimal Calculus”, En: *The Royal Society of London, Newton Tercentenary Celebration*, Cambridge, Gran Bretaña, University Press, 1947, pp. 35-42.

Además todos nosotros –si no, la mayoría– hemos nacido y hemos sido educados, o, más exactamente, no *nacidos* (pues es imposible), sino *educados* en el mundo de Newton, o, al menos, en un mundo semi-newtoniano; y todos nosotros, o casi todos, hemos aceptado la idea de la máquina del mundo newtoniano como la expresión de la verdadera imagen del Universo y como la encarnación de la verdad científica –porque ésta fue, durante más de doscientos años, la creencia común o la *communis opinio* de la ciencia moderna y de la humanidad ilustrada.

Tengo, pues, el derecho a suponer que sabemos más o menos de lo que hablamos, cuando lo hacemos de Newton y del newtonianismo. ¡Más o menos! De cierta manera esta expresión, a propósito de Newton, se me hace impropia. Pues es probable que el sentido profundo y el fin propio del newtonianismo, o, más bien, de toda la revolución científica del siglo XVII, de la cual Newton es el mayor heredero y la más elevada expresión, sean precisamente los de suprimir el mundo del “más o menos”, el mundo de las cualidades, el de las percepciones sensibles y el mundo cotidiano de lo aproximativo, para reemplazarlo por el universo (arquimideano) de la precisión, de las medidas exactas y de la determinación rigurosa.

Detengámonos un instante en esta revolución, una de las más profundas, si no la más profunda de las mutaciones y de las transformaciones llevadas a cabo –o sufridas– por el espíritu humano después de la invención del Cosmos por los griegos, dos mil años atrás.⁵ Esta revolución ha sido descrita y explicada –mucho más explicada que descrita– de muy diversas maneras. Algunos insisten en el papel de la experiencia y de la experimentación en la nueva ciencia, la lucha contra el saber libresco, la nueva fe del hombre moderno en sí mismo y en su capacidad de descubrir la verdad por sus propios medios, con el ejercicio de sus sentidos y de su inteligencia; fe que expresan con tanta fuerza Bacon y Descartes oponiéndose a la creencia, que prevalecía hasta entonces, en el valor supremo y abrumador de la tradición y de la autoridad consagrada.

Otros señalan la actitud práctica del hombre moderno que se aparta de la *vita contemplativa* que la Edad Media y la antigüedad consideraban, se supone, como el apogeo de la vida humana, para dirigirse hacia la *vita activa*; hombre moderno que, en consecuencia, ya no puede satisfacerse con la especulación pura y la teoría; un hombre que quiere una ciencia que pueda utilizar: una *scientia activa, operativa*, como la llamaba Bacon o, como decía Descartes, una

⁵ Ver mi *Galilée et la révolution scientifique du XVII^e siècle*. París, Palais de la Découverte, 1955; Ibid. En: *Études d'Histoire de la Pensée scientifique*, París: P.U.F., 1966, pp. 176-191. (En español: *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI, 1977; pp. 180-195).

ciencia que haría del hombre amo y poseedor de la naturaleza.⁶

A veces decimos que la nueva ciencia es la ciencia del artesano y del ingeniero, del comerciante trabajador, emprendedor y calculador; que es, en suma, la de la ascendente clase burguesa de la sociedad moderna.⁷

En realidad, algo de cierto tienen estas descripciones y explicaciones; es claro que el crecimiento de la ciencia moderna presupone el de las ciudades; es evidente que el desarrollo de las armas de fuego, sobre todo las de artillería, ha llamado la atención sobre los problemas de balística; que la navegación, sobre todo

⁶ Muchas veces los filósofos tienden a equivocarse sobre la situación de las posiciones filosóficas contemporáneas y olvidan —cuando se trata del pasado— que, a menudo, y muy a menudo, las enseñanzas filosóficas (y religiosas) expresan menos las corrientes dominantes de su época que las que se oponen a ellas.

⁷ Las explicaciones psico-sociológicas sobre el auge de la ciencia moderna nos ofrecen, en general, una mezcla de dos teorías que están lejos de ser equivalentes: 1º La ciencia moderna es el fruto del desarrollo técnico de los siglos XVI y XVII; ella fue obra de técnicos, de ingenieros civiles y, sobre todo, militares (Leonardo, Stevin), de los *provi* del Arsenal de Venecia, etc. 2º La ciencia moderna es obra de grandes sabios, quienes, debido a la creciente importancia de las técnicas y del ascenso de la burguesía en los siglos XVI y XVII, se dedican a reflexionar sobre los problemas técnicos que tanto se habían ignorado desde Arquímedes. En mi opinión, ambas teorías no tienen en cuenta: 1º El papel que juega el interés puramente teórico en matemáticas, que condujo al redescubrimiento de la ciencia griega y fue mantenido por él y 2º La considerable importancia tomada por el estudio y la evolución autónoma de la astronomía, estimulada más por el interés teórico puesto en la estructura del universo que por necesidades prácticas, tales como la determinación de la longitud del mar. Estas dos teorías olvidan, además, que los matemáticos y los astrónomos (sin hablar de los físicos experimentalistas) han tenido —incluso demasiado— más necesidad de dinero que los teólogos y los juristas y son, de hecho, llamados a señalar el valor práctico de su trabajo para lograr “vender” su ciencia a patrones adinerados e ignorantes. Este tipo de propaganda está lejos de caracterizar sólo al siglo XX: ella ya aparece en el siglo XVI. Es ante todo a su habilidad e intrepidez como propagandista (*buccinator*) que Bacon debe su popularidad entre los sabios de los siglos XVII y XVIII. Los mejores exponentes de la teoría psicosociológica (marxista y seudomarxista) como F. Borkenau, *Der Uebergang vom feudalen zum bürgerlichen Weltbild*. París, Alcan, 1934; B. Hessen “The Social and Economic Roots of Newton’s Principia”. En: *Science at the Cross-Roads: Papers Presented to the International Congress of the History of Science and Technology Held in London, 1931, by the Delegates of the U.R.R.S.*, London, Kniga, 1931 y E. Zilsel “The Sociological Roots of Science”. *American Journal of Sociology*, 47, 1942, pp. 544-562. Entre los estudios críticos sobre este tema ver: G. N. Clark. *Science and Social Welfare in the Age of the Newton*, London, Oxford University Press, 2ed, 1949; H. Grossmann, “Die gesellschaftlichen Grundlagen der mechanistischen Philosophie und die Manufaktur”, *Zeitschrift für Sozialforschung*, 1935, p. 161 y ss. Ver igualmente P. M. Schuhl. *Machinisme et philosophie*. París: Presses Universitaires de France, 1938 (2ed. 1947) y mis artículos “Les Philosophes y la machine” (*Critique* 23, 1948, pp. 324-333 y 27, pp. 610-629), “Du monde de l’à-peu-près à l’univers de la précision”. (*Critique* 28, 1948, pp. 806-823) reproducidos en *Études d’Histoire de la pensée philosophique*. París: A. Colin, 1961. (Hay traducción al español de ambos artículos realizada por Carlos Solís S. en KOYRÉ, Alexandre. *Pensar la ciencia*. Barcelona: Paidós, 1996. El artículo *Los filósofos y la máquina*, de la p. 71 a la 116 y *Del mundo del “aproximadamente” al universo de la precisión*, de la p. 116 a la 145.)

para América y las Indias, favoreció la construcción de los relojes, etc.; debo reconocer, sin embargo, que esas explicaciones no me parecen satisfactorias. No veo lo que haya podido hacer la *scientia activa* en el desarrollo del cálculo, ni el ascenso de la burguesía en la astronomía copernicana o kepleriana.

En cuanto a la experiencia y a la experimentación —dos cosas que no sólo debemos distinguir, sino incluso oponer— estoy convencido de que el ascenso y el crecimiento de la ciencia experimental no son el origen, sino, por el contrario, el resultado de una nueva concepción *teórica* o hasta *metafísica* de la naturaleza, que forma el contenido de la revolución científica del siglo XVIII, contenido que debemos comprender antes de intentar la explicación (cualquiera que ella sea) de ese hecho histórico.

Es la razón por la cual voy a caracterizar esta revolución con dos rasgos estrechamente relacionados e incluso complementarios.

a) La destrucción del Cosmos y, en consecuencia, la desaparición en la ciencia —por lo menos al principio, si es que realmente no lo fue siempre— de todas las consideraciones fundadas en ese concepto.⁸

b) La geometrización del espacio, es decir, la sustitución del conjunto continuo, concreto y diferenciado de los “lugares” de la física y de la astronomía pregalileanas por el espacio-dimensión, homogéneo y abstracto, de la geometría euclidiana (a pesar de ello considerado como real).

En realidad esta caracterización es más o menos equivalente a la matematización (geometrización) de la naturaleza y, por tanto, a la matematización (geometrización) de la ciencia. La desaparición —o la destrucción— del Cosmos significa que el mundo de la ciencia o el mundo verdadero ya no es mirado y concebido como un todo finito y jerárquicamente ordenado, por tanto, cualitativa y ontológicamente diferenciado, sino como un Universo abierto, indefinido, unificado no por su estructura inmanente, sino sólo por la identidad de sus leyes y de sus elementos fundamentales;⁹ un Universo en el cual, en contraste con la concepción tradicional que separaba y oponía los dos mundos del devenir y del ser, es decir, de la tierra y de los cielos, todos sus componentes aparecían situados en el mismo nivel ontológico; un Universo en el cual la *physica coelestis* y la *physica terrestris* están identificadas y reunidas y en el cual la astronomía y la física se vuelven inter-

⁸ Como veremos, la ciencia newtoniana —o, al menos la visión newtoniana del mundo— no sostenía el carácter finalista del mundo (sistema solar). No explicaba sus características deduciéndolas de un fin. Kepler todavía utiliza este modelo de explicación.

⁹ La geometrización del espacio implica necesariamente su infinitización: no podemos asignarle límites al espacio euclidiano. En consecuencia, la destrucción del Cosmos designaba, quizás, —en términos de Miss M. Nicolson— algo así como “la ruptura del círculo” o —de acuerdo con mis propias palabras— “el estallido de la esfera”.

dependientes y se unen, como resultado de su común sumisión a la geometría.¹⁰

Esto, a la vez, implica que desaparezcan —o que sean excluidas con firmeza— del pensamiento científico todas las consideraciones que invocan el valor, la perfección, la armonía, el sentido y el fin, pues todos estos conceptos considerados desde entonces como puramente subjetivos, no pueden tener sitio en la nueva ontología. En otros términos, todas las causas formales y finales desaparecen como modos de explicación de la nueva ciencia —o son rechazadas por ella— y son reemplazadas por causas eficientes e incluso materiales.¹¹ Sólo estas últimas tienen uso y son reconocidas en el nuevo Universo de la geometría hipostasiada y sólo es en este mundo abstracto, aunque real (arquimediano), donde cuerpos abs-

tractos se mueven en un espacio abstracto y donde las leyes del ser y del movimiento de la nueva ciencia —la ciencia clásica— resultan válidas y verdaderas.

Es fácil comprender ahora por qué la ciencia clásica, como a menudo se dice, ha sustituido el mundo de la cualidad por el de la cantidad. Precisamente porque, como muy bien lo sabía Aristóteles, no existen cualidades en el universo de los números, ni en el de las figuras geométricas, es decir, no hay lugar para ellas en el reino de la ontología matemática.

Más aún, ahora es fácil comprender lo que ha ocurrido sólo en muy pocas ocasiones, por qué la ciencia clásica ha sustituido el mundo del ser por el mundo del devenir y del cambio: justamente porque, como Aristóteles también lo

¹⁰Ver mis *Études Galiléennes*, op. Cit. Nota 3, y mi artículo "Galilée et Platon" (*Études d'Histoire de la Pensée Scientifique*. París: Presses Universitaires de France, 1966; pp. 147-175. En español: *Op. Cit.*, en la nota 5; pp. 150-179).

¹¹Muchas veces se ha dicho que la ciencia moderna se caracteriza por el abandono de la investigación de las causas y por su reducción a leyes. Sin embargo, como lo ha mostrado Pierre Duhem-ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. *Essai sur la notion de la théorie physique de Platon à Galilée*. París: Hermann, 1908 y *La Théorie physique: son objet, sa structure*. París: Chevalier et Rivière, 1906- esta actitud "positivista" nada tiene de moderno y, por el contrario, fue ampliamente representada en la astronomía y en la filosofía griega y medieval, que consideraban a menudo los círculos, las excéntricas y los epiciclos de Tolomeo como simples modelos matemáticos y no como realidades físicas. En la Edad Media, Averroes fue el principal defensor de este punto de vista; en cuanto a Tolomeo mismo, parece adoptarlo en su *Almagestum* (*Syntaxe Mathématique*), aunque no en su obra *Hypothèses sur les Planètes*. Además, como lo ha mostrado de manera decisiva É. Meyerson (*Identité et Réalité*: París, Vrin, 5ed, 1951 y *De l'explication dans les sciences*: París, Payot, 1921), este abandono siempre ha sido temporal y el pensamiento científico permanentemente ha intentado penetrar las últimas leyes y descubrir "los mecanismos de producción" de los fenómenos. Yo agregaría que, por una parte, fue precisamente la investigación de las leyes causales de los movimientos celestes la que condujo a Kepler a su "nueva Astronomía", concebida como una *Física* celeste, y, por otra parte, que la ausencia de toda teoría acerca de la gravitación condujo a Galileo a su concepción errónea acerca de la gravitación como fuerza constante.

dijo, no hay ni cambio ni devenir en los números y en las figuras.¹² Pero al hacerlo, la ciencia clásica se vio obligada a modificar, formular o descubrir de nuevo sus conceptos fundamentales tales como materia, movimiento, etc. Si tomamos en consideración el auge y el alcance extraordinarios de esta revolución tan profunda y radical, debemos admitir que fue, en términos generales, de una rapidez sorprendente.

Fue en 1543 —cien años antes del nacimiento de Newton— cuando Copérnico arrancó la tierra de sus fundamentos y la lanzó a los cielos.¹³ Fue a comienzos del siglo siguiente (1609 a 1619) cuando Kepler formuló sus leyes de los movimientos celestes, y por eso mismo destruyó los orbes y las esferas que rodeaban el mundo y mantenían la cohesión.¹⁴ Lo hizo en el momento en que Galileo, al crear los primeros instrumen-

tos científicos y al mostrar a la humanidad cosas que ningún ojo humano había visto antes,¹⁵ abrió a la investigación científica los dos mundos afines de lo infinitamente grande y de lo infinitamente pequeño.

Además, fue “sometiendo el movimiento al número” como Galileo abrió el camino para la formulación de los nuevos conceptos de materia y de movimiento de los que acabo de hablar y que dieron fundamento a la nueva ciencia y a la nueva cosmología,¹⁶ conceptos con la ayuda de los cuales Descartes, al identificar la materia y el espacio, intentó, en 1637,¹⁷ sin conseguirlo, reconstruir el mundo; conceptos que Newton, al distinguir de nuevo la materia del espacio, utilizó brillantemente y con éxito para su propia reconstrucción.

¹² Así la *Opticks* de Newton (En español: *Optica*. Madrid: Alfaguara, 1977; trad. de Carlos Solís) niega la existencia de todo cambio cualitativo de la luz cuando atraviesa un prisma, éste sólo juega el papel de un cedazo que disuelve una mezcla y separa los diferentes rayos que componen la luz blanca, ya presente como tal, en la mezcla que la constituye. Según Newton, el experimento del prisma, como todo buen experimento, revela algo que ya está allí y no produce nada nuevo.

¹³ *De revolutionibus orbium coelestium*. Nuremberg, 1543. (Edición en español: *Sobre las revoluciones*. Barcelona: Altaya, 1994. Trad. de Carlos Mínguez Pérez. —Grandes Obras del Pensamiento, N° 39).

¹⁴ Las dos primeras leyes en la *Astronomia nova ΑΠΙΟΛΟΓΗΤΟΣ sive physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae martis*, 1609 y la tercera en las *Harmonices mundi*. Línz, 1619.

¹⁵ *Sidereus nunciuus*. Venecia, 1610. (En español: GALILEO-KEPLER. *El mensaje y el mensajero sideral*. Madrid: Alianza Editorial, 1984. Trad. de Carlos Solís S. — Colección El Libro de Bolsillo, N° 995)

¹⁶ *Dialogo... sopra i due massimi sistemi del mondo*. Florencia, 1632 (En español: *Diálogo sobre los sistemas máximos*. Buenos Aires. Madrid: Editora Nacional: 1976. Trad. de Carlos Solís S.).

¹⁷ *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences*. Leyde, 1637 (Entre las numerosas ediciones en español remitimos a: *Obras escogidas*. 2ed. Buenos Aires: Charcas, 1980) y *Principia philosophiae*. Amsterdam, 1644. (En español: *Los principios de la filosofía*. Madrid: Alianza Universidad, 1995). Pero ya lo había intentado en 1629 y 1630 en su *Monde ou traité de la lumière* que conservó inédito. (En español: *El mundo. Tratado de la Luz*. Barcelona: Anthropos, 1989. Edición bilingüe, trad. de Salvio Turró — Textos y documentos, N° 2).

El nuevo concepto de movimiento que se afirma con tanto éxito en la ciencia clásica es un concepto muy simple, tan simple que —aunque de un empleo sencillo cuando uno se habitúa a él como nosotros— resulta muy difícil de aprehender y de comprender plenamente, aún para nosotros. No puedo analizarlo aquí¹⁸ pero quisiera señalar que, como lo expresó con mucha claridad Descartes, este concepto sustituye una noción puramente matemática por una noción física, contrario a la noción pre-galileana y pre-cartesiana que entendía el movimiento como una especie de devenir o como un género de procesos de cambio que afectan los cuerpos a los que están sometidos. Por oposición al reposo, que no era un proceso, la nueva concepción—o clásica— interpreta el movimiento como un género de ser, es decir, no como un proceso sino como un *status*, como un estado tan permanente e indestructible como el reposo¹⁹ y que tampoco afecta los cuerpos en movimiento, como éste último. Al quedar así situados en el mis-

mo nivel ontológico y al ser despojados de su distinción cualitativa, el movimiento y el reposo se hacen indiscernibles.²⁰ El movimiento y el reposo siguen —más que nunca— estando opuestos, pero su oposición se convierte en pura correlación. El movimiento y el reposo ya no existen en los propios cuerpos; los cuerpos están en reposo o en movimiento sólo en la relación de unos con otros o en el espacio en el cual existen, reposan o se mueven; el movimiento y el reposo son relaciones aunque, al mismo tiempo, sean considerados como *estados*. Es esta concepción (Newton se daba cuenta, sin ninguna duda, de sus dificultades internas) la que dirige y, quizás, socava la admirable estructura de la ciencia clásica. Es respecto de este movimiento que, en su célebre primera ley o axioma, Newton nos dijo que *corpus omne perseverare in statu quo quiescendi vel movendi uniformiter in directum nisi quatenus a vitibus impressis cogitur statum illum mutare*.²¹

¹⁸ Ver mis *Études Galiléenes*. En español: *Op. cit.* en la nota 3.

¹⁹ El movimiento, entonces, persiste *sua sponte* (tal como el reposo) sin necesitar para persistir de un motor externo o interno o de una causa. En consecuencia, persiste sin cambio —puesto que un cambio implica una causa—, es decir, sigue conservando la misma velocidad y la misma dirección; es este tipo de movimiento, rectilíneo y uniforme, el que Newton califica de “inercia”. Ver el capítulo IV de esta obra, *Newton y Descartes*, pp. 85-242. El término inercia fue empleado por primera vez por Kepler, quien le dió el sentido de “resistencia al cambio”. Mientras para Kepler el movimiento es un cambio, para Newton la *inercia* es la resistencia al movimiento. Si para Newton el movimiento no es un cambio, entonces la *inercia* es la fuerza de resistencia positiva o negativa a la aceleración y al cambio de dirección.

²⁰ La equivalencia entre el movimiento rectilíneo y el reposo es afirmada *expressis verbis* por Descartes. En la física newtoniana el movimiento y el reposo *relativos* son equivalentes, mientras que el movimiento y el reposo *absolutos* evidentemente no lo son. Por desgracia ellos permanecen imposibles de distinguir, al menos para nosotros, excepto para Dios.

²¹ “Todo cuerpo persevera en el estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta en el cual se encuentra, a menos que alguna fuerza actúe sobre él y lo obligue a cambiar de estado”. (Isaac

El movimiento del que habla esta ley no es el movimiento de los cuerpos de nuestra experiencia y no lo encontramos en nuestra vida cotidiana. Es el movimiento de los cuerpos geométricos (arquimedeanos) en el espacio abstracto, por lo que no tiene nada que ver con el cambio. El “movimiento” de los cuerpos geométricos en el espacio geométrico no cambia en absoluto, los “lugares” en un tal espacio son equivalentes e incluso idénticos. Es un cambio sin cambio, si nos atrevemos a decir, una combinación extraña y paradójica de lo uno y de lo otro que Platón intentó llevar a cabo, sin éxito, en su *Parménides*.

La transformación del concepto de movimiento por la sustitución, en el concepto empírico, del concepto matemático hipostasiado es inevitable si debemos someter el movimiento al número para tratarlo matemáticamente y construir una física matemática. Pero esto no es suficiente; recíprocamente las propias matemáticas deben ser transformadas (y el mérito inmortal de Newton fue haber realizado esta transformación). Las entidades matemáticas deben ser, en un sentido, como en la física, sometidas al movimiento y consideradas no en su “ser”, sino en su “devenir” o en su “flujo”.²²

Newton. *Principes Mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. De Mme de Châtelet, *Axiomas o leyes del movimiento*. Primera Ley, t. I, p. 17. En español: *Principios matemáticos de la Filosofía natural*. Trad. de Antonio Escobedo y M. Sáenz de Heredia. Barcelona: Altaya, 1993; p. 41. Colección Grandes Obras del Pensamiento, Nº 21). De acuerdo con esta ley, mientras que el movimiento es un estado, la aceleración es un cambio. El movimiento circular es un movimiento acelerado debido a que implica un continuo cambio de dirección y por eso fácilmente se deja conocer y distinguir del reposo. E. Mach, en su célebre crítica a Newton, parece haber negado este simple hecho. E. Mach. *La Mécanique*, trad. de E. Bertrand. París, 1904, pp. 220 y ss.

²² Ver J. Hadamard. *Newton and the Infinitesimal Calculus* y C. B. Boyer. *The Concepts of the Calculus*.

Es necesario ver y comprender las curvas y las figuras de la geometría, no como construidas a partir de otros elementos geométricos, ni como recortadas en el espacio por la intersección de cuerpos geométricos y planos, ni siquiera como si presentaran una imagen espacial de las relaciones de estructura que expresen directamente las fórmulas algebraicas, sino como engendradas o descritas por el movimiento en el espacio de puntos y de líneas. Por supuesto que debemos ocuparnos aquí de un movimiento sin relación con el tiempo o, más extraño aún, de un movimiento que se verifica en un tiempo intemporal, noción tan paradójica como la de un cambio sin cambio. Y, sin embargo, sólo al hacer surgir de un tiempo intemporal un cambio que no cambia, es como podemos hablar —efectiva e intelectualmente— de realidades tales como la velocidad, la aceleración o la dirección de un móvil en un punto cualquiera de su trayectoria, o bien, *vice versa*, en un momento cualquiera del movimiento que describe esta trayectoria.

Historia apasionante la de los esfuerzos del espíritu humano, de sus éxitos y de sus fracasos, para formular estas nuevas y extrañas ideas y para construir o, como

dió Spinoza con tanta exactitud, para forjar las herramientas y los novedosos modelos del pensamiento y de la comprensión. Esta historia abarca los cincuenta años que separan el *Discours de la Méthode* de los *Principia mathematica*. Una línea de grandes pensadores—de los cuales sólo mencionamos a Cavalieri y Fermat, Pascal y Wallis, Barrow y Huygens— han aportado sus contribuciones al suceso final, y sin ellos los *Philosophiae naturalis principia mathematica* no habrían sido escritos; la tarea hubiese sido muy ardua, incluso para Newton *qui genus humanum ingenio superavit*.²³

En realidad podríamos decir, después de modificar un poco la célebre declaración de Newton en su muy conocida carta a Robert Hooke, que si Newton vió tan lejos, y mucho más lejos que cualquiera antes de él, es porque era un gigante apoyado en las espaldas de otros gigantes.²⁴

La corriente físico-matemática que acabo de bosquejar es, en realidad, la tendencia más original y más importante del pensamiento científico del siglo XVII. Sin embargo, paralelo a ella, existe otra corriente menos matemática y

menos deductiva, pero más empírica y más experimental. Pues menos pretenciosa (o más recelosa) no intenta hacer grandes generalizaciones como los matemáticos, a quienes ve con desconfianza e incluso con hostilidad. Esta tendencia se limita a descubrir hechos novedosos y a construir teorías parciales para explicarlos.

Esta corriente no se inspira en la idea platónica de la estructura y de la determinación matemáticas del ser, sino en el concepto de su composición atómica que viene de Lucrecio, Epicuro y Demócrito (por extraño que parezca, la mayoría de las ideas modernas retoman alguna antigua imaginación griega). Gassendi, Roberval, Boyle (los mejores representantes de su grupo) y Hooke, oponen, todos, *la filosofía corpuscular* más tímida, más prudente y más segura al panmatematismo de Galileo y Descartes.²⁵

Por eso cuando Galileo dice que el libro de la Naturaleza (libro en el que el espíritu medieval percibía los *vestigia et imagines Dei* y leía la gloria de Dios en los símbolos sensibles de la belleza y del esplendor que revelan el sentido y el fin ocultos de la creación) en realidad está

²³ H. G. Zeuthen. *Die Geschichte der Mathematik im XVI und XVII Jahrhundert*; L. Brunschvicg. *Les Étapes de la philosophie mathématique*. París: Alcan, 1912.

²⁴ Esta célebre frase no es de Newton, se encuentra en la Edad Media en Bernard de Chartres y también fue retomada en los siglos XVI y XVII. Ver el capítulo VI de esta obra: *Une lettre inédite de Robert Hooke...* p. 302, nota 24 (pp. 267-313).

²⁵ Ver a K. Lasswitz. *Geschichte der Atomistik*. Vol. II. Leipzig, 1890. R. Lenoble. *Mersene et la naissance du mécanisme*. París: Vrin, 1943; Marie Boas. "The Establishment of the Mechanical Philosophy". *Osiris*, 10, 1952, pp. 412-541 y a E. J. Dijksterhuis. *Die Mechanisierung des Weltbildes*. Berlín: Springer, 1956.

escrito en caracteres geométricos, círculos, triángulos y cuadrados y que tal libro sólo nos narra la historia, intelectualmente maravillosa, de las relaciones y del orden racionales, Boyle protesta: ese libro de la Naturaleza, dice, es ciertamente “una novela bien imaginada” de la que cada parte “escrita por la mano omnisciente de Dios” se relaciona con todas las demás, pero está lejos de ser escrita con caracteres geométricos, pues sus caracteres son *corpusculares*. Para él no es la estructura matemática, sino la textura corpuscular la que forma la realidad interior del ser.

Para explicar el Universo debemos comenzar por la materia, o detenernos en ella; pero no la materia homogénea cartesiana, sino la materia ya formada por Dios en variados corpúsculos, diferentemente determinados; éstos constituyen las letras que el movimiento transforma en palabras de la novela divina.

Si miramos las cosas desde esta perspectiva, vemos claramente que Newton nos

presenta una síntesis de dos tendencias o de dos puntos de vista. Para él, como para Boyle, el libro de la naturaleza está escrito en caracteres y en palabras *corpusculares*. Pero igual que para Galileo y Descartes, es una pura síntesis matemática la que reúne esos caracteres y esas palabras y le da su sentido al texto del libro.

Así pues, contrario al mundo de Descartes, el de Newton está concebido como compuesto por tres elementos y no por dos (extensión y movimiento): 1) *la materia*, es decir, un número infinito de partículas separadas unas de otras, aisladas, duras e inalterables, aunque no idénticas; 2) *el movimiento*, ese impulso-relación, extraño y paradójico, que no afecta las partículas en su ser, sino que sólo las transporta de aquí para allá en el vacío infinito y homogéneo y 3) *el espacio*, es decir, el vacío mismo, infinito y homogéneo en el cual los cuerpos y sus corpúsculos se mueven sin oponerse.²⁶

En realidad hay un cuarto elemento en el mundo newtoniano: la atracción que lo

²⁶ Acerca de la concepción de Newton sobre el espacio ver a León Bloch. *La Philosophie de Newton*. París: Alcan, 1908; E. A. Burtt. *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*. London: Kegan Paul, 1925. 3ed. 1932 (En español: *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. Buenos Aires: Sudamericana, 1960); Hélène Metzger. *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*. París: Hermann, 1938; Max Jammer. *Concepts of Space*. Cambridge: Mass., Harvard University Press, 1954; Markus Fierz. “Ueber den Ursprung und die Bedeutung der Lehre Isaac Newton vom absoluten Raum”. *Gesnerus* 11, 1954, pp. 62-120. Ver también mi *Du monde clos à l'Univers infini*. París: Presses Universitaires de France, 1962 (En español: *Del mundo cerrado al universo infinito*. 9ed. México: Siglo XXI, 1996); A. J. Snow. *Matter and Gravity in Newton's Physical Philosophy*. New York: Oxford University Press, 1926 y a Stephen E. Toulmin. “Criticism in the History of Science: Newton on Absolute Space, Time and Motion”. *The Philosophical Review*, 1959. El espacio es para Newton, igual que para Henry More y Thomas Bradwardine, el reino eterno de la presencia y de la acción de Dios; no sólo su *sensorium*, sino también, si así se puede decir, su *actorium*.

une y lo sostiene.²⁷ Sin embargo, no es un *elemento* de su construcción, aunque se trate de un poder hiperfísico –acción de Dios–, o de una estructura matemática que pone la ley de la sintaxis en el libro divino de la Naturaleza.²⁸

La introducción del vacío –con su correlativo, la atracción– en la concepción del mundo de Newton, fue, pese a las formidables dificultades físicas y metafísicas que implica (acción a distancia, existencia de la nada), una genialidad y un paso de importancia decisiva. Es el que permite a Newton oponer y unir a la vez, y lograrlo en *realidad* y no en *apariciencia* como Descartes, la discontinuidad de la materia y la continuidad del espacio. La estructura atómica de la materia, enérgicamente afirmada, ofrecía una base firme para la aplicación en la naturaleza de una dinámica matemáti-

ca.²⁹ Ello aseguraba sus *fundamenta* en las relaciones que expresa el espacio. La prudente filosofía corpuscular realmente no había comprendido el alcance de lo que estaba haciendo; en realidad, nada menos que le había mostrado a Newton el camino para lograr la síntesis de las matemáticas y de la experiencia.

El vacío... la acción a través del vacío... la acción a distancia (atracción), contra estas características y contra estas implicaciones de la concepción newtoniana del mundo dirigieron sus críticas los grandes pensadores continentales, contemporáneos de Newton –Huygens, Leibniz, Bernoulli–, suficientemente formados en el rechazo cartesiano a las ideas confusas e ininteligibles.³⁰

En las célebres y brillantes *Lettres anglaises* o, para mencionar su título ofi-

²⁷ Para ser mucho más preciso, también debería mencionar las fuerzas repulsivas que mantienen separados los corpúsculos y evitan que se amontonen para formar conjuntos compactos. Sin embargo, es poco el alcance de estas fuerzas repulsivas y aunque juegan un papel muy importante en física, no juegan ninguno en la construcción del universo, razón por la cual hace tiempo no son utilizadas en la formulación de una teoría acerca del éter cuya acción sobre los cuerpos “explique” la gravitación. Ver más adelante, el capítulo IV de esta obra. *Op. cit.*; en la nota 19. Apéndices A, pp. 157-179 y B, pp. 180-188.

²⁸ De hecho, ella es ambas a la vez: es un poder hiperfísico actuando de acuerdo con una ley matemática precisa.

²⁹ La física de las fuerzas centrales implica necesariamente una estructura atómica de la materia, incluso si ella es reducida a simples puntos, como en Boscovitch.

³⁰ La crítica a la concepción de la atracción fue formulada por Descartes en su ataque contra Roberval, que defendía la atracción en su *Aristarchi Sami De mundi systemate partibus et mobitus eiusdem libellus cum notis. Addictae sunt AE. P. de Roberval notae in eundem libellum*. París, 1644, reeditado por Mersenne en su *Novarum observationum physico-mathematicarum*. París, 1647, vol. III. Descartes muestra (en su carta a Mersenne del 20 de abril de 1646. *Oeuvres*. Edición de C. Adam y P. Tannery. París: 1897-1913. Vol IV, p.401) que para poder atraer un cuerpo B hacia un cuerpo A, éste debería saber dónde encontrarlo. En otros términos, la atracción (como lo reconocían W. Gilbert y también Roberval, pero sin ver en ello una objeción) implica el animismo (Ver más adelante el capítulo IV de esta obra; p. 135, nota 16. *Op. cit.*, en la nota 19).

cial, *Lettres philosophiques*,³¹ que aún leemos, Voltaire resume la situación con mucha agudeza: Cuando un francés llega a Londres encuentra un mundo completamente transformado; ha dejado atrás el mundo *lleno* y lo encuentra *vacío*. En París, el universo está compuesto de torbellinos de materia sutil; en Londres, no hay nada de eso. En París todo se explica por un impulso que nadie comprende, en Londres por la atracción que tampoco nadie comprende.³²

Voltaire tiene toda la razón: el mundo de Newton está compuesto sobre todo de vacío.³³ Un vacío infinito del cual una muy pequeña parte solamente —una parte infinitesimal— está colmada u ocupada por la materia, por cuerpos que, indiferentes y sin vínculo alguno, se mue-

ven libremente sin encontrar obstáculos en y a través de este abismo sin límites y sin fondo. Sin embargo, a pesar de todo, es un mundo y no un montón caótico de átomos aislados y extraños entre sí. Pues todos estos átomos están reunidos por una ley matemática de unión y de integración muy simple, la ley de la atracción, según la cual cada uno de ellos está *en relación con todos los demás y unido a ellos*.³⁴ Así, cada uno forma parte de la construcción del *systema mundi* y en él juega su papel.

La aplicación universal de la ley de la atracción restablece la unidad física del Universo newtoniano y, al mismo tiempo, le da su unidad intelectual. Relaciones idénticas vinculan al mismo tiempo contenidos idénticos. En otros términos,

³¹ *Las Lettres philosophiques* fueron publicadas primero en inglés con el título de *Letters Concerning the English Nation*. London: 1733; después en francés con el título *Lettres philosophiques par M. de Voltaire*, Amsterdam (realmente Rouen, en Jore), 1734 y *Lettres écrites de Londres sur les Anglais par M. de Voltaire*, Bâle (en realidad Londres), 1734. Las cartas iban seguidas de otras numerosas ediciones más o menos modificadas por Voltaire (En español: *Cartas filosóficas*. Madrid: Altaya, 1993. Trad. de Fernando Savater). Ver la introducción de G. Lanson a su edición crítica de estas cartas: *Lettres Philosophiques*, 2 vols. París: Cornely, 1909; 3ed, 1924. A propósito de Voltaire y Newton ver a L. Bloch, *La Philosophie de Newton*; Pierre Brunet, *L'Introduction des théories de Newton en France*. París, Blanchard, 1931, vol. I y a R. Dugas, *Histoire de la mécanique au XVIIe siècle*. París: Dunod, 1954.

Se sabe que Voltaire se convirtió al newtonianismo por influencia de Maupertuis quien lo convenció — como Huygens lo hizo con Locke— de que la filosofía newtoniana de la atracción era verdadera. Maupertuis incluso aceptó revisar las cartas XIV y XV que se refieren a Descartes y Newton. Sobre Maupertuis ver a Pierre Brunet. *Maupertuis*. París: Blanchard, 1929.

³² Ver la carta XIV, edición Lanson, vol. II, p.1. En español: *op. cit.* p. 91.

³³ No sólo los espacios celestes están desiertos y vacíos, también los pretendidos “cuerpos sólidos” están plenos de vacío. Las partículas que los componen en ningún sentido están estrechamente ligadas entre sí, pues las separa un espacio vacío. Los newtonianos, y a partir de Bentley, experimentaban mucho orgullo y placer en mostrar que la “materia”, propiamente dicha, ocupa una parte prácticamente infinitesimal del espacio.

³⁴ De acuerdo con Newton, sólo estas atracciones corpusculares, cualesquiera que pudiesen ser, son reales. Sus resultados no son, en ningún caso, fuerzas reales, sino solamente fuerzas “matemáticas”. Así, no es la tierra la que atrae a la luna, sino que cada una de las partículas de la tierra atrae a cada una de las partículas de la luna; la atracción global que de aquí resulta, sólo tiene una existencia matemática.

es el mismo conjunto de leyes el que rige todos los movimientos en el Universo infinito: el de una manzana cuando cae al suelo³⁵ y el de los planetas que giran alrededor del sol. Además, esas mismas leyes no sólo explican el modelo idéntico de los movimientos celestes (descubierto por Kepler), sino también sus diferencias individuales; no sólo las regularidades, sino también las irregularidades (desigualdades) de los movimientos. Todos los fenómenos, como las mareas por ejemplo, que durante siglos desconcertaron la sagacidad de los astrónomos y de los físicos, aparecían como el resultado del encañamiento y de la combinación de esas mismas leyes fundamentales.

La ley newtoniana de la atracción, según la cual su fuerza *disminuye* en proporción inversa al cuadrado de la distancia, no es solo la única ley de este género que explica los hechos, sino además la única que puede aplicarse uniforme y universalmente a los cuerpos grandes y a los pequeños; a las manzanas y a la luna. Es, pues, la

única que razonablemente Dios podía adoptar como ley de la creación.³⁶

Sin embargo, a pesar de todo esto y a pesar de la plausibilidad racional y de la simplicidad matemática de la ley newtoniana (la ley de la razón inversa del cuadrado es, nada menos, que la ley del crecimiento de las superficies esféricas, idéntica a la de la propagación de la luz), había algo en ella que desconcertaba el espíritu. Los cuerpos se atraen los unos hacia los otros, actúan unos sobre otros, o al menos se comportan como si así ocurriese. Pero ¿ellos cómo llegan a realizar esta acción, de salvar el abismo del vacío que tan radicalmente los separa y los aísla unos de otros? Debemos reconocer que nadie, ni el mismo Newton, ha podido (y no puede) explicar o comprender este *cómo*.

Bien sabemos que el propio Newton jamás admitió que la atracción fuese una fuerza "física". Dice, y muchas veces lo repite, que sólo es una "fuerza matemá-

³⁵ Es la famosa historia según la cual la reflexión de Newton sobre la gravitación fue suscitada por el espectáculo de una manzana cayendo a la tierra y que fue considerada como una leyenda por numerosas generaciones de historiadores. Historia que parece perfectamente verídica como lo mostró J. Pelseener, de manera muy convincente, en su artículo "La Pomme de Newton". (*Ciel et Terre*, 53, 1937, pp. 190-193; ver también *Lychnos*, 1938, pp. 366-371). Ver igualmente I. B. Cohen. "Authenticity of Scientific Anecdotes", *Nature*, 157, 1946, pp. 196-197 y D. McKie y G. R. De Beer. "Newton's Apple", *Notes and Records of the Royal Society*, 9, 1951-1951, pp. 46-54, 333-335.

³⁶ La ley del inverso del cuadrado, al expresar la disminución de la atracción con la distancia, es la única que permite una comparación directa entre la atracción ejercida por la tierra sobre una manzana y la atracción ejercida por la tierra sobre la luna, porque es la única según la cual la tierra, o, en general, cualquier cuerpo esférico, atrae todos los cuerpos exteriores independientemente de su distancia en relación con ese cuerpo esférico, como si toda su masa estuviese condensada en su centro. Es verdad que esta propiedad matemática es común a otra ley según la cual la fuerza de atracción aumenta proporcionalmente con la distancia. Pero como en este caso todos los cuerpos celestes cumplirían sus revoluciones al mismo tiempo, esta ley, tan evidente, no es la de nuestro mundo.

tica” y que es absolutamente imposible –no sólo para la materia, sino para Dios mismo– actuar a distancia, es decir, ejercer una acción allí donde el agente no esté presente; así pues, que no es necesario considerar la fuerza de atracción –esto nos da una singular idea acerca de los límites de lo que se llama el empirismo de Newton– como una de las propiedades esenciales y fundamentales de los cuerpos (o de la materia), como lo son la extensión, la movilidad, la impenetrabilidad y la masa, que no aumentan ni disminuyen.³⁷ Dice y repite que es una propiedad que habría que explicar y él no podría hacerlo,³⁸ pues, dado que no quería dar una explicación fantástica en lugar de una buena teoría con la que no contaba, y como la ciencia (la filosofía matemática de la naturaleza) podía perfectamente seguir progresando sin ella, prefería no ofrecer teoría alguna (éste es uno de los sentidos de su célebre *Hypotheses non fingo*) y dejar el asunto abierto.³⁹

Pese a ello, y por extraño e incluso natural que parezca, nadie, con la única ex-

cepción de Colin Maclaurin, lo sigue en este punto. Toda la primera generación de sus seguidores (Cotes, Keill, Pemberton), aceptó la fuerza de atracción como una propiedad real, física y, además, esencial de la materia, y ésa fue su doctrina a la que se opusieron con tanta fuerza y persistencia los pensadores continentales, contemporáneos de Newton, y que obtuvo la aprobación de Europa.

Newton no había admitido la acción a distancia. Sin embargo, como lo hacen notar con mucha razón Maupertuis y Voltaire, desde el punto de vista del conocimiento puramente empírico (que parecía ser el de Newton) la distinción ontológica entre la atracción y las demás propiedades de los cuerpos no podía justificarse. Evidentemente, no comprendemos la atracción; pero ¿comprendemos las otras propiedades? ¿No comprender es razón para negar un hecho?⁴⁰ Pues ¿si la atracción es un hecho, debemos, entonces, admitirlo, igual que admitimos los demás hechos o propiedades de los cuerpos? ¿Quién sabe, además,

³⁷ Una propiedad que no puede aumentar ni disminuir, pertenece a la esencia de una cosa.

³⁸ En realidad intentó hacerlo en tres ocasiones, es decir, trató de explicar la atracción por la presión del éter. Ver Philip E. B. Jourdain “Newton’s Hypotheses of Ether and gravitation”, *The Monist* 25, 1915.

³⁹ El famoso *Hypotheses non fingo* del *Escolio General* de la segunda edición de los *Principia*, no significa condenar todas las hipótesis en ciencia, sino condenar sólo aquellas que no puedan ser probadas o invalidadas mediante una experiencia tratada matemáticamente, es decir, aquellas que recurren a explicaciones cualitativas globales tales como las presentadas por Descartes. Esta acepción peyorativa del término *hipótesis* coexiste en Newton con una acepción no peyorativa (en la primera edición de los *Principia* los axiomas o leyes del movimiento son llamadas *hipótesis*) que, en realidad, Newton encuentra en Barrow y Wallis, y además en Galileo.

⁴⁰ Para Malebranche y Locke, toda acción de un cuerpo sobre otro, es decir, la comunicación del movimiento, era comprensible.

que tal vez descubramos otras propiedades desconocidas como propias de los cuerpos? ¿Quién sabe con qué tipo de propiedades Dios ha dotado la materia?

La oposición al newtonianismo —como *física*— al comienzo fue fuerte y profunda, pero poco a poco se fue debilitando.⁴¹ El sistema funcionaba y daba pruebas de ello; mientras que la atracción perdió progresivamente su aspecto extraño. Como muy sutilmente señaló Mach: “la incomprensibilidad extraordinaria se ha convertido en una incomprensibilidad ordinaria”. Una vez acostumbrados a esta idea, se deja, con muy raras excepciones, de especular sobre el tema. De suerte que cincuenta años después de la publicación, en 1687, de los *Philosophiae naturalis principia mathematica* —un título tan audaz y tan conscientemente provocador como *la Physica coelestis* de Kepler ochenta años antes, o que *L'Évolution creative* de Bergson, doscientos años más tarde— los físicos y matemáticos más influyentes de Europa —Maupertuis, Clairaut, d'Alembert, Euler, Lagrange y Laplace— trabajarían con diligencia en perfeccionar la estructura del mundo newtoniano, en desarrollar las herra-

mientas y los métodos de la investigación experimental y matemática (Desaguliers, S'Gravesande y Musschenbroek)⁴² y en conducirla de éxito en éxito, hasta que, hacia finales del siglo XVIII, en la *Mecánica analítica* de Lagrange y la *Mecánica celeste* de Laplace, la ciencia newtoniana pareció llegar a su acabamiento definitivo y perfecto; tan perfecto que Laplace pudo afirmar con orgullo que su *Sistema del Mundo* no dejaba ningún problema astronómico sin solución.

Esto es así para los matemáticos y los científicos. En cuanto a los otros, a quienes no podían comprender las complicaciones y las dificultades de los razonamientos geométrico e infinitesimal y que, como Locke (confiando en Huygens) los tomaban como admitidos, para ellos apareció una serie de libros, y de buenos libros, dedicados a Newton, como *View of Sir Isaac Newton's Philosophy* de Pemberton (1728), *Lettres anglaises* (1725) y *Éléments de la philosophie de Newton* (1738) de Voltaire, *Newtonianismo per le donne* de d'Algarotti (Nápoles —Milán— 1737, 2ed, 1739; traducción al francés, París,

⁴¹Ver a P. Brunet. *L'Introduction des théories de Newton en France*, Vol. 1.

⁴²J. T. Desaguliers. *Physicomathematical Lectures*, London: 1717 (Traducción al francés, París, 1717); *A System of Experimental Philosophy*, Londres, 1719; *A Course of Experimental Philosophy*, Londres, 1725 (2ed; en 2 vols, Londres, 1744-1745); W. J. S'Gravesande, *Physices elementa mathematica experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam*, 2 vols, Leyde, 1720-1721. *Philosophiae Newtonianae institutiones*, Leyde 1728. *Éléments de physique ou introduction à la philosophie de Newton* (París, 1747). Petrus Musschenbroek, *Epitome elementorum physicomathematicorum*, Leyde, 1726. *Elementa physices*, Leyde, 1734. Ver a Pierre Brunet, *Les Physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIIIe siècle*, París: Blanchard, 1926.

1749);⁴³ *Lettres à une princesse d'Allemagne* de Euler (San Petesburgo, 1768-1772) y, finalmente, el *Système du Monde* de Laplace (1796) que, en un lenguaje claro y accesible, predicaba al "hombre honesto" y también a la "mujer honesta", el evangelio newtoniano de la ciencia matemático-física y experimental.

No asombra el hecho de que el newtonianismo, curiosamente mezclado con la filosofía de Locke, se haya convertido en el credo científico del siglo XVIII⁴⁴ y de que, para los más jóvenes entre sus contemporáneos, pero especialmente para la posteridad, Newton ya hubiese sido considerado un superhombre⁴⁵ que había resuelto el enigma del Universo de una vez por todas.

De ningún modo fue por simple adulación, sino con profunda y sincera convicción, que Edmund Halley escribió *nec fas est proprius Mortali attingere Divos*.⁴⁶ Laplace, cien años más tarde, algo disgustado, atribuyó a los *Principia* la su-

premacía sobre todas las demás realizaciones del espíritu humano; en efecto, como lo formula Lagrange con cierta envidia, como sólo hay un único Universo para explicar nadie podrá volver a hacer lo que hizo Newton, el más afortunado de los mortales.

Nada tiene de asombroso el que Pope hubiese podido exclamar, hacia finales del siglo XVIII, siglo que fue testigo del progreso ininterrumpido de la ciencia newtoniana: "La naturaleza y sus leyes estaban ocultas en las tinieblas, Dios dijo: ¡Que Newton sea! Y todo fue luz". Pope, evidentemente, no podía saber que "esto no duró mucho tiempo, pues el diablo, vociferando ¡Basta, que Einstein sea!, restaura el *statu quo*".

Pero volvamos a Newton. A menudo se dice que la única grandeza del espíritu y de la obra de Newton consiste en la unión del genio experimental soberano con un soberano genio matemático, y también se dice, con frecuencia, que el rasgo distintivo de la ciencia newtoniana

⁴³ Entre estas obras, las que no estaban escritas en francés, fueron inmediatamente traducidas y así se hicieron accesibles para todas las personas cultas de Europa. En español Voltaire. *Elementos de la filosofía de Newton*. Cali (Colombia): Universidad del Valle, 1996. Trad. de Antonio Lafuente y Luis Carlos Arboleda.

⁴⁴ Tanto para Voltaire como para Condorcet, Newton y Locke representaban la cumbre de la ciencia y la filosofía.

⁴⁵ Es bien conocida la anécdota de que el director del hospital preguntaba, muy serio, si Newton comía y dormía como los demás mortales.

⁴⁶ "Nearer the gods no mortal may approach" (ningún mortal puede estar más cerca de los dioses), *Isaac Newton, an Ode*, traducción del latín por Leon J. Richardson en *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy*; trad. de Andrew Motte. Edición Florian Cajori, Berkeley, University of California Press, 1947, p. XV.

consiste precisamente en vincular estrechamente las matemáticas y la experiencia, en tratar matemáticamente los fenómenos, es decir, los datos de experimentación, o bien, como en astronomía, donde no podemos hacer experimentos, los datos de observación. Sin embargo, esta descripción, aunque correcta sin ninguna duda, no me parece completa: hay, en verdad, en el pensamiento de Newton, mucho más que matemáticas y experiencia; pues además de religión y mística, existe una intuición profunda de los límites de la interpretación puramente mecánica de la naturaleza.⁴⁷ En cuanto a la ciencia newtoniana, contruida, como ya lo he anotado, sobre las bases firmes de la filosofía corpuscular, sigue, o más bien, desarrolla y conduce a su máxima perfección el modelo lógico bastante particular (que de ninguna manera se identifica con el procedimiento matemático en general) para el análisis atómico de una totalidad de acontecimientos y acciones, es decir, el modelo para restaurar los *data* dados en la suma total de los compuestos atómicos elementales (en los que inicialmente se han descompuesto).⁴⁸

El suceso arrollador de la física newtoniana tuvo como resultado, prácticamente inevitable, que sus característi-

cas se consideran esenciales para la edificación de la ciencia como tal, no importa cual ciencia; todas las ciencias nuevas que aparecieron en el siglo XVIII —ciencias del hombre y de la sociedad— intentaron conformarse al modelo newtoniano del conocimiento empírico-deductivo y atenerse a las leyes formuladas por Newton en sus célebres *Regulae Philosophandi*, tantas veces citadas y tan frecuentemente mal comprendidas.⁴⁹ Los resultados de este exagerado entusiasmo por la lógica newtoniana, es decir, de este esfuerzo sin espíritu crítico por aplicar los métodos newtonianos (o, más bien, pseudo-newtonianos) a dominios totalmente diferentes de aquellos para los cuales habían sido concebidos, no han sido muy afortunados. Sin embargo, antes de volver sobre esos retoños del newtonianismo, ilegítimos en cierto sentido, detengámonos por un momento en las consecuencias más generales y más comúnmente admitidas de la adopción universal de la síntesis newtoniana. La más importante parece haber sido el formidable fortalecimiento de la vieja creencia dogmática en la pretendida “simplicidad” de la naturaleza y que la ciencia vuelve a introducir en ella elementos muy importantes y de gran al-

⁴⁷ Me parece indiscutible que Newton llegó a la conclusión de que una explicación puramente mecánica de la atracción es absolutamente imposible, porque, para fundamentar semejante explicación hubiese tenido que recurrir a otra fuerza —aunque no era extraña, sin embargo no es mecánica—, la de repulsión.

⁴⁸ Así (ver nota 34) el efecto global de un cuerpo actuando sobre otro cuerpo es la suma total de las acciones de los átomos.

⁴⁹ Para el tema de las *Regulae Philosophandi*, ver más adelante, el capítulo VII de esta obra, pp. 314-329.

cance, de un irracionalismo no sólo *de hecho*, sino también de *estructura*.

En otros términos, no sólo la física de Newton utilizaba *de facto* ideas tan oscuras como las de poder y de atracción (en el continente protestaban diciendo que esas ideas sugerían la escolástica y la magia), y no sólo renunciaba a la idea misma de deducir racionalmente la composición y la formación reales del coro celeste y de los objetos terrestres, sino también que la ley fundamental de su dinámica (la ley de la razón inversa del cuadrado), aunque plausible y razonable, no era en absoluto necesaria y, tal como Newton lo ha demostrado cuidadosamente, ella hubiese podido ser muy diferente.⁵⁰ Así, la propia ley de la atracción no era nada más que un simple hecho.

A pesar de ello, la inclusión armoniosa de todos estos hechos en el cuadro racional del orden espacio-matemático, ese prodigioso conjunto del mundo, parecía excluir claramente la infra-racionalidad del azar e implicar, más bien, la supra-racionalidad de las razones; parecía evidente que fuese preciso explicarlo, no por la necesidad de las causas, sino por la libertad de la elección.

La máquina complicada y sutil del mundo parecía haber exigido una acción ins-

pirada por un designio, como Newton 139 no deja de declararlo; o, en términos de Voltaire: "el reloj implica el relojero".

Así, aunque la ciencia newtoniana, como filosofía matemática de la naturaleza, haya renunciado a investigar las causas (tanto físicas como metafísicas), aparece en la historia como fundada en la concepción dinámica de la causalidad física y como vinculada a una metafísica teísta o deísta. Desde luego que este sistema metafísico no se presenta como una parte constitutiva o integrante de la ciencia newtoniana y no penetra su estructura formal. Sin embargo, de ninguna manera es por accidente, no sólo para el propio Newton, sino también para todos los newtonianos con excepción de Laplace, que esta ciencia implicaba una creencia razonable en Dios.⁵¹

Una vez más el libro de la Naturaleza parecía revelar a Dios y, esta vez, a un Dios ingeniero, que no sólo había fabricado el reloj del mundo, sino que continuamente debía vigilarlo y encargarse de reparar su mecanismo si fuese necesario (un pésimo relojero es el Dios de Newton, objeto Leibniz), manifestando así en su creación su presencia activa y el interés por ella. Por desgracia, el desarrollo mismo de la ciencia newtoniana, que descubría gradualmente la habilidad consumada del Artesano divino y las

⁵⁰ Isaac Newton *Principes mathématiques de la Philosophie Naturelle*. Trad. de Mme. du Châtelet. Libro I, Teorema IV, Cor. 2-7, pp. 54-55. (En español: *op. cit.* en la nota 21; pp.80-81)

⁵¹ Ver a H. Metzger. *Attraction universelle* y a John H. Randall, *The Making of the Modern Mind*. 2ed. Boston, Houghton Mifflin, 1940.

perfecciones infinitas de su obra, dejaban cada vez menos lugar a la intervención divina, y el reloj del mundo tenía cada vez menos necesidad de que se le diera cuerda o de que fuera reparado. Una vez puesto en movimiento andaba para siempre. Una vez cumplida la obra de la creación, el Dios de Newton —como el de Descartes, el primer (y último) papirotazo dado a la materia— podía descansar. Igual que el Dios de Descartes y de Leibniz, tan duramente criticado por los newtonianos, ese Dios ya no tenía nada más que hacer en el mundo.

Esto, sin embargo, sólo ocurrió hacia finales del siglo XVIII, cuando con la *Mecánica celeste* de Laplace, el Dios newtoniano alcanzó la posición elevada de un *Dios holgazán* que, en la práctica, lo desterraba del mundo (“No tengo necesidad de esa hipótesis” respondió Laplace a Napoleón cuando éste le preguntó por el lugar de Dios en su sistema), mientras que, muy por el contrario, para la primera generación de los newtonianos, como para el propio Newton, Dios había sido un ser eminentemente activo y presente que no sólo proporcionaba su poder dinámico a la

máquina del mundo, sino que “hacía marchar” el universo de acuerdo con sus propias leyes, libremente establecidas.⁵²

Es justamente esta concepción de la presencia y de la acción de Dios en el universo, la que da al siglo XVIII el fundamento intelectual de su manera de comprobar el mundo y que explica su propio tipo de sensibilidad: optimismo, divinización de la naturaleza, etc. La naturaleza y sus leyes eran conocidas y sentidas como la encarnación de la voluntad y de la razón de Dios. ¿Podían ellas no ser buenas? Seguir la naturaleza y aceptar su ley como regla suprema, era tanto como conformarse a la voluntad y la ley de Dios.⁵³

¿Si el orden y la armonía resplandecían de manera tan evidente en el mundo de la naturaleza, cómo era que, de manera también tan evidente, no existían en el mundo del hombre? La respuesta parecía clara: el desorden y la falta de armonía eran obra del hombre, resultaban de sus intentos estúpidos e ignorantes de interferir en las leyes de la naturaleza o hasta de suprimirlas para reemplazarlas por le-

⁵² En un mundo constituido de partículas absolutamente duras, necesariamente se produce una pérdida constante de energía; por consiguiente, el dios newtoniano no sólo debía suministrar la cantidad inicial de energía, sino que permanentemente debía reemplazar su pérdida constante. Claro que más tarde se convirtió en reparador y en un simple ser muy hábil para ejercer todo tipo de oficios.

⁵³ La fuente filosófica del optimismo del siglo XVIII no se encontraría únicamente en la visión newtoniana del mundo, sino también en la concepción rival de Leibniz. Y más aún, en un sentimiento de progreso social, económico y científico. La vida era muy agradable en el siglo XVIII y se tornó mucho más, al menos durante la primera mitad del siglo.

yes que él mismo fabricaba. El remedio también parecía claro: volvamos a la naturaleza, a nuestra propia naturaleza, vivamos y actuemos según sus leyes.

¿Pero qué es la naturaleza humana? ¿Cómo determinarla? Por cierto, no nos valgamos de la definición de los filósofos griegos o de los escolásticos; ni siquiera de los modernos como Descartes o Hobbes; debemos proceder de acuerdo con el modelo de Newton y aplicar las reglas que nos dejó. Debemos descubrir mediante la observación y la experiencia y también mediante la experimentación, las facultades fundamentales y permanentes, las propiedades del ser y del carácter del hombre que no puedan aumentar o disminuir. Debemos descubrir los esquemas de la acción o las leyes del comportamiento que se relacionan entre sí y que mantienen unidos los átomos humanos. A partir de esas leyes debemos deducir todo lo demás.

¡Programa magnífico! pero, por desgracia, su aplicación no dio los resultados esperados. Nos damos cuenta de que la tarea de definir “al hombre” resulta mucho más difícil que la de definir la “materia” y se siguió determinando la naturaleza humana de muchas maneras, algunas incluso contradictorias. Sin embargo, tan fuerte era la creencia en la

“naturaleza”, tan poderoso el prestigio del modelo newtoniano (o pseudo-newtoniano) de un orden liberándose automáticamente de la interacción de átomos aislados e independientes, que nadie se atrevió a poner en duda que el orden y la armonía serían, de alguna manera, producidos por los átomos humanos cuando actúan según su naturaleza, cualquiera que ella pueda ser: instinto del juego y del placer (Diderot), obtención egoísta de ganancia (A. Smith). Ese retorno a la naturaleza podía significar tanto la pasión como la competencia desenfrenadas. Inútil decirlo, la última interpretación fue la que prevaleció.

La imitación (o pseudo-imitación) entusiasta del modelo newtoniano (o pseudo-newtoniano) de análisis y de reconstrucción por átomos, que hasta nuestros días se mostró tan fructífera en física,⁵⁴ en química⁵⁵ e incluso en biología, en cualquier otro dominio dio muy malos resultados. La alianza impura de Newton y de Locke produjo una psicología atomista que explicó el espíritu (o lo hizo desaparecer al explicarlo) como si fuese un mosaico de “sensaciones” y de “ideas” unidas entre sí por las leyes de la asociación (atracción); también tuvimos una sociología atomista que reducía la sociedad a un agregado de átomos humanos, completos y cerrados en sí mismos, no más que atrayéndose y repeliéndose entre ellos.

⁵⁴ La física contemporánea se ha visto obligada a superar el modelo atómico de explicación: el todo no es idéntico a la suma de sus partes, las partículas no pueden ser aisladas de sus relaciones, etc.

⁵⁵ Sobre la influencia de Newton en química ver: H. Metzger. *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*. París: Alcan, 1930.

Pese a ello Newton no es el responsable de estas monstruosidades y aún de muchas otras, engendradas por la extensión abusiva o la imitación servil de su método. Él tampoco es responsable de una consecuencia más general y no menos desastrosa: al adoptar universalmente el modelo atómico de análisis y al aplicarlo a acontecimientos y acciones dadas globalmente, se hacen aparecer estas totalidades no como *reales*, sino como si sólo fuesen resultados *matemáticos* y adiciones de factores elementales subyacentes. Este tipo de análisis condujo a la equivocada interpretación nominalista de la relación entre un *totum* y sus partes. Interpretación incorrecta que, en efecto, condujo a negar completamente las *totalidades* (un *totum* reducido a la pura adición de sus partes, no es un *totum*), lo que al pensamiento de los siglos XIX y XX le resultó tan difícil superar. Ningún hombre puede ser considerado responsable del mal uso de su obra o de la tergiversación de su pensamiento, incluso si el mal uso o la tergiversación parecen ser, o haber sido, históricamente inevitables.

Sin embargo, hay algo de lo que Newton debe considerarse responsable, o, para

decirlo mejor, no sólo Newton, sino toda la ciencia moderna en general: es la división de nuestro mundo en dos. Ciertamente dije que la ciencia moderna había derrumbado las barreras que separaban el cielo y la tierra, que unió y unificó el universo, pero también dije que lo consiguió sustituyendo nuestro mundo de cualidades y de percepciones sensibles, mundo en el cual vivimos, amamos y morimos, por otro mundo: el mundo de la cantidad y de la geometría reificada, en el cual, si bien hay lugar para todas las cosas, no lo hay para el hombre. Así, el mundo de la ciencia, el mundo real, se aleja y se separa por completo del mundo de la vida, el que la ciencia ha sido incapaz de explicar, incluso con una explicación disolvente que lo convertiría en una apariencia "subjetiva".

En realidad estos dos mundos todos los días, y cada vez más, están unidos por la *praxis*; pero por la *theoriae* permanecen separados por un abismo. Dos mundos, lo que quiere decir dos verdades, o nada verdadero.

Esta es la tragedia del espíritu moderno que "resolvió el enigma del universo", pero sólo para reemplazarlo por otro: el enigma de sí mismo.⁵⁶

142 ⁵⁶ Ver a Alfred North Whitehead. *Science and the Modern World*. New York: Macmillan, 1925. Burt; *The Methaphysical Foundations of Modern Physical Science*. En español: Op. cit en la nota 26.