

Premio Newton
1987

El más cercano a Dios*



elementos, núm. 13, año 4, vol. 3

Ningún científico, ningún hombre de ideas ha alcanzado nunca la reputación de Isaac Newton. Sólo caudillos y grandes monarcas, hombres de acción, han logrado ocupar pedestales equiparables o dejado herencias de tan prolongada permanencia. Newton vivió una época turbulenta, habiendo nacido durante la revolución de Cromwell, pasado su juventud en medio de la Restauración y contemplado el ascenso de Guillermo de Orange. Momentos arduos en que los pensamientos se aceleran y son capaces de captar lo nuevo de la época, de responder con franqueza a las dudas y sinrazones de su tiempo, de soñar nuevos caminos y generar nuevas ideas, de rehacer el mundo.

La historia, el mito y la leyenda han hecho de Newton el genio de la ciencia clásica y el arquitecto de una nueva visión del mundo. En este contexto los calificativos poseen un significado muy definido: están al servicio de una estrategia de oposición. Lo *clásico*, para sus devotos, evoca la idea de "lo anterior", lo anterior a la ruptura, lo que precede a aquello que instaura la modernidad. Es, además, el gesto de rechazo a una pre-ciencia antigua, ingenua, perlada de presupuestos, muy cercana al sentido común. El

* El presente ensayo obtuvo el primer lugar en el Concurso Nacional Newton, convocado por la Sociedad Mexicana de Física, el Planetario de Puebla y las revistas *Ciencia y desarrollo* y *Elementos*.

** Depto. de Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM.

término clásico posee también otra cualidad: denota un estilo y por lo tanto una cultura. Así, la ciencia newtoniana —o el método newtoniano de hacer ciencia— se presenta como parte integrante de un conjunto de prácticas económicas, artísticas, filosóficas, teóricas, sociales. Nos ayuda a superar las apariencias de autonomía que le confieren las instituciones y prácticas académicas de nuestro tiempo, reconociendo en el telar de la civilización occidental las formas y figuras que requería el saber del siglo XVII, cuando ciencia y religión respondían a metafísicas que en lugar de obstruirse las más de las veces se complementaban. Newton es un clásico y por ello cabe una reflexión sobre su estilo científico y su sitio en la época que le tocó vivir. No basta hacer las tareas del historiador, hay que explorar las distintas regiones que integraron su mundo, reconociendo las tensiones que surgieron entre ciencia y cultura —en un sentido amplio— y las sutilezas de aquello que se oculta bajo el espectáculo de rupturas y cambios de paradigmas.

La ciencia no es un ente abstracto ni tampoco una construcción impersonal. Se debe a gente en la misma medida que cualquier otro conocimiento transmitido y es, en cierta forma, una experiencia común del género humano: diseñada por él, hereda su estilo. Cuando surge un gran hombre, su obra, y por tanto su estilo, influye en las generaciones posteriores. A tres centurias de la publicación en 1687 de su *Philosophiae naturalis principia mathematica*,¹ mejor conocida como *Principia*, y después de haber dominado el mundo de la ciencia hasta el siglo XIX, la obra y estilo de

Newton son muestras de la gran sagacidad y la sólida naturalidad de quien supo llevar a cabo la síntesis del conocimiento más ambicioso que había tenido lugar desde los tiempos de Euclides y Aristóteles. Para muchos los *Principia* son la más grande obra científica que produjo jamás la mente humana. Ninguna obra, con la posible excepción del *Origen de las especies* de Darwin, ha producido cambios tan notables en el pensamiento occidental. Entender la envergadura de la obra de Newton reclama algo más que la lectura de sus escritos, muchos de ellos aún inéditos;² requiere del conocimiento de los antecedentes y alcances de lo newtoniano en el pensar contemporáneo.

De la magia a la ciencia

Se ha intentado muchas veces fijar una fecha al renacimiento del espíritu científico, tarea que además de ardua resulta estéril. Son tantos los elementos que deben tomarse en cuenta que cualquier opinión enfrentaría una multitud de consideraciones adversas. Sin embargo, podemos fácilmente aceptar que la estructura del universo aristotélico comenzó a sufrir fracturas a mediados del siglo XV. En los escritos de quienes vivieron esa época se revela la necesidad consciente de efectuar cambios:

Me maravillaba al mismo tiempo que sufría porque tantas y tan excelentes artes y ciencias de nuestra vigorosa antigüedad parecía ser que estaban por perderse. Sabemos, por alusiones y por lo que de ellas resta, que hubo una época en que se encontraban diseminadas profusamente. Pintores, arquitectos, músicos, geómetras, adivinos. . raramente son vistos hoy en día. Por

¹ Isaac Newton, *Mathematical principles of natural philosophy and the system of the world*, Trad. al inglés por A. Motte (1729), revisada por F. Cajori. Univ. of Calif. Press, 1960.

² R.S. Westfall, "The changing world of the newtonian industry", *J. Hist. of Ideas*, vol. 37, 1976.

ello pienso, como dicen muchos, que la Naturaleza, la gran señora, ha envejecido y muestra cansancio. (En fechas recientes). . no ha dado a luz genios ni gigantes, lo cual en mis días de juventud hacía maravillosa y abundantemente.

Así se expresaba León Battista Alberti en su pequeña obra *Della piantura* (1436). Si para esa fecha la noción de vivir un renacimiento era ya algo aceptado, entonces la idea de la desaparición del conocimiento matemático y del genio en lo artístico y lo retórico era algo a todas luces falso. Sin embargo, el mito proclamado por Alberti tenía una cierta fuerza que provenía de las antiguas culturas de Grecia y Roma. En la Alta Edad Media había una preocupación excesiva respecto de una desaparecida "Edad de Oro" en la que los sabios tenían un conocimiento total de las cosas, conocimiento que estaba siendo redescubierto con grandes esfuerzos. Lo nuevo en el mito renacentista consistía en ignorar las glorias de la arquitectura gótica, de la pintura del *Trescento* y de las obras de Dante y de Petrarca. Por otra parte, era patente que el mundo de Maquiavelo y de Leonardo da Vinci resultaba tan distinto al de Santo Tomás de Aquino. En efecto, el mismo Alberti hace un llamado a quienes, como "Filippo, Donato, Luca y Massaccio, poseen genio suficiente para lograr obras dignas de elogio".

. . . creo que la capacidad de adquirir fama en cualquier arte o ciencia yace en nuestra industria o diligencia, más que en los dones de la Naturaleza. Hay que admitir que les era menos difícil a los antiguos. Nuestra fama será más grande si descubrimos artes y ciencias nunca antes concebidos, sin maestros y sin modelos que seguir.

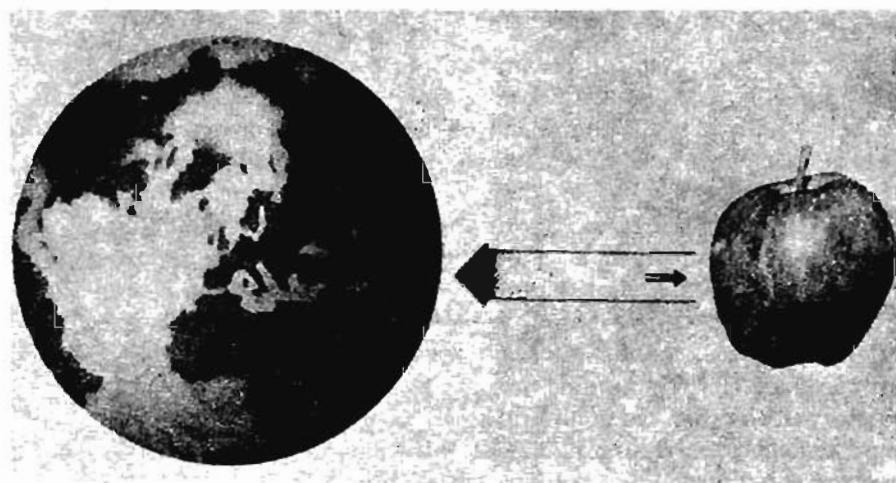
Alberti está señalando que su tiempo no solo es un Renacimiento de glorias pasadas, sino el nacimiento de otras visiones y de nuevos logros³.

Las ciencias y las artes de las que hablaba Alberti tenían una connotación diferente a la actual. El término "ciencia", o sus equivalentes en otros idiomas, no adquirió un significado semejante al moderno sino hasta el siglo XVII, y fue algo inconsistente hasta el XIX. Debido a los hallazgos y la difusión de obras literarias pertenecientes a la Grecia antigua, la enseñanza universitaria sufrió grandes cambios:⁴ en el *Trivium* (gramática, retórica, filosofía) se enfatizó más la literatura, la historia y la filosofía moral en detrimento de la lógica y la "physica".

Este programa, base fundamental de la Facultad de Artes, constituyó la *studia humanitatis*. En la misma Facultad posiblemente se enseñaría algo del *Cuadrivium* —aritmética, geometría, música y astronomía— cuyos estudios se consideraban más cercanos a lo que sería la verdadera esencia de la "ciencia". La distinción entre "ciencia" y "arte" no aludía necesariamente al tema bajo estudio, sino al concepto de "certeza", esto es, el conocimiento que se obtiene "necesariamente" a partir de premisas indiscutibles. Bajo esta concepción la geometría y la aritmética (la teoría de números, que era algo distinto a meramente hacer cálculos, lo que se conocía como "algorísmo" o "logística") estaban próximas a la certeza como cualquier conocimiento secular podía estarlo. La astronomía y la música (teoría de la armonía), siendo las representaciones matemáticas de los fenómenos celestes,

podían ser aceptadas como "ciencias" sin mucha dificultad. La física no era una ciencia sino, como su nombre lo indica, el estudio de la "Naturaleza" —la Tierra, el reino de lo que fue y de lo que será— la cual difiere radicalmente de los cielos, que sin cambio alguno son y serán eternamente iguales a sí mismos, abarcando todo lo que se encuentra más allá de la luna. Esta, la distinción aristotélica entre cielo y tierra, era uno de los más

ciencia. La ciencia de Galileo, que nadie negaría es participante en el proceso de cambio, se caracteriza en gran medida por el uso de las matemáticas en la física y por su apego a los experimentos; desdena además las escuelas filosóficas tradicionales y encuentra apoyo en su preocupación por los problemas técnicos de los ingenieros, marinos y militares y en el uso de materiales especiales e instrumentos de relativa sofisticación. Según Yates



serios obstáculos para el surgimiento de la ciencia moderna. El otro obstáculo fue la ausencia del concepto de ley natural.

El saber del siglo XV muestra una compleja interpenetración de discursos provenientes de disciplinas tan diversas como la magia, la alquimia, el misticismo, la medicina, el empirismo y la historia natural. Para algunos historiadores, tales como Frances Yates⁵ y D.P. Walker⁶, el mago renacentista es el antecedente inmediato del científico del siglo XVII, y su marco conceptual es la condición que propició el surgimiento de la nueva

las mismas características se hallan en el hermetismo renacentista, el cual mezcla neoplatonismo, magia, numerología, cábala y alquimia. En esta mezcla es posible identificar dos vertientes: la primera es la magia neoplatónica que se basa en el viejo esquema de las Emanaciones que provienen del "Uno" original. El hermetista se creía capaz de controlar estas "energías", de explotar las "simpatías" que mantienen unido al Cosmos. La alquimia y la astrología daban pautas de cómo proceder y de cómo concentrar poderes en talismanes y símbolos. Al llevar a cabo estas operaciones —la colecta del material mágico, el espejo en llamas, el arpa...— el hermetista se convertía en mago y en cierta medida

³ Leon Battista Alberti. *A man of the early renaissance*.

⁴ W.P.D. Wightman, *Science in a renaissance society*, Hutchinson and Co., 1972.

⁵ Frances A. Yates, *Ciordano Bruno and the hermetic tradition*, Vintage Books, 1969.

⁶ D.P. Walker, *Spiritual and demonic magic*.

en el ancestro del físico experimental. La segunda vertiente une al pitagorismo con la cábala. La fusión se lleva a cabo encontrando el Número entre las primeras Emanaciones, entre las ideas que surgen del Uno, e invocando la magia de los números. Esta línea de pensamiento nos conduce a Galileo en dos formas: apoya el uso irrestricto de la matemática y autoriza al filósofo natural a buscar las sencillas relaciones matemáticas que existen entre las cantidades físicas que constituyen el "Patrón del Universo".

Desde Ficino hasta Galileo difícilmente puede uno encontrar un pensador que no toque alguno de los temas herméticos. Sin embargo esto no los hace magos, sólo refleja que el pensamiento mágico permeaba la vida del renacentista: diseñar mecanismos, preparar filtros y cosméticos, inventar criptogramas, jugar con espejos y lámparas mágicas, cantar himnos e invocar ángeles o demonios, todo era parte del proceder natural que intentaba controlar o dirigir los eventos que acaecían cotidianamente.

Religión y superstición iban de la mano y aunque la primera intentaba suprimir a la segunda, en ocasiones sus festividades y ritos bordeaban peligrosamente los linderos de aquello que atacaba. Sin embargo la experiencia comenzó a rendir frutos y poco a poco se empezó a dudar del poder que se creía tener sobre la naturaleza. Se iniciaba así el proceso mediante el cual se aprendió a manipular a natura por medio de sus propias reglas. La magia blanca, al caer en descrédito, cedió su lugar a la ley natural.⁷ El proceso fue lento y siniestro: el mismo Francis Bacon —tenido por algunos como el padre del método experimental— recurrió en occasio-

nes a consideraciones sobrenaturales, matizadas por las presiones ideológicas de su tiempo. En su intento por desarrollar una astrología matemática en la que no participaran brujas ni demonios, Bacon seguía creyendo en un determinismo estelar que gobernaba toda la materia, incluyendo al cuerpo humano y sus apetitos. Lo único que podía escapar a este determinismo era el alma humana, conciliando así su posición con la de Santo Tomás. El hombre está libre de restricciones, "pues es un ser de acción, un mago, un milagro; opera como un dios. . . es un *Magnum miraculum*, merecedor de reverencias y honores". Estas palabras suenan profundamente en la obra de Pico della Mirandola, quien en la *Oración sobre la dignidad del hombre* coloca al género humano en el pedestal de honor de la creación. Desde ahí sólo le queda elegir el camino a seguir.

El fin de la ciencia aristotélica

Iniciado el siglo XVI el platonismo iba desplazando a la vetusta maquinaria aristotélica en que se habían apoyado creencias, doctrinas, gobiernos y jerarquías que caracterizaron a la Edad Media. Los cambios en el pensar no se originaron únicamente en las universidades y sus entornos; influyeron también hechos como el descubrimiento de América y la invención de la imprenta, que no fueron consecuencias inmediatas de una nueva ciencia, sino resultado del surgimiento de nuevas "tecnologías". El problema de gobernar una inmensa población en las colonias bajo distintas condiciones climáticas y culturales, además de las nuevas experiencias en la maquinaria crediticia, exigieron cambios radicales en el sistema relativamente jerárquico que imperaba en Europa. Señalar hasta qué punto influyó esto en el método científico resulta problemático, aunque se puede recurrir a considerarlo un producto del *Zeitgeist*, lo cual no explica pero si apunta a la creencia de un origen común de los cambios. De cualquier manera parece aceptable que la sustitución gradual de las teorías "racionales" que sustentaban las formas de gobierno prevalecientes por otras de carácter "empírico" revelan un nuevo mundo de pensamientos.

En cosmografía el gran logro intelectual de Copérnico estuvo precedido por actos, declaraciones y tragedias que allanaron el camino: antes que Copérnico, Galileo o Kepler, fue Giordano Bruno quien redujo el cosmos medieval a cenizas cuando abolió la barrera que separaba los espacios terrestres de los sublunares. Esta ruina del universo aristotélico debió jugar el papel principal en el lamento de John Donne por la "Nueva Filosofía que todo lo pone en duda. . . todo reducido a pedazos, toda coherencia ida, así como toda. . . relación"⁸

Dicir cuándo termina el Renacimiento científico es tarea difícil: Bacón, el "Gran Instaurador", en realidad nunca tuvo conciencia plena de la esencia del descubrimiento científico. Los grandes hombres que si la tenían —Galileo, Gilbert, Kepler, Harvey— en muchas formas mantenían lazos de unión con el pasado: sus conclusiones son la base de la ciencia moderna, pero sus métodos y visión estaban matizados por la mitología renacentista.

Las tensiones conceptuales generadas finalmente se desbordaron dando lugar a los primeros intentos de construcción de un nuevo discurso filosófico para un universo liberado del dualismo entre lo sagrado y lo profano, y de la separación entre un sitio perfecto en las alturas a otro imperfecto y corruptible en la tierra. Primero

⁷ J. Bronowsky, *Magic, science and civilization*.

⁸ Wightman, *op. cit.*



fue Nicolás de Cusa y su nueva idea del infinito; le siguieron Copérnico y Kepler, parteros de un sistema que desbancaba al mundo ptolomeico-aristotélico. Este nuevo sistema reclamaba una forma alternativa de conocer el universo, tarea a la que se entregó Galileo. Al tomar el puesto de apologista del nuevo mundo científico, Galileo atrajo para sí el veneno de la resistencia institucional a la revolución científica, liberando a quienes le siguieron de sostener duelos semejantes. Sus herederos intelectuales continuaron desarrollando el naciente método. Los nombres de Descartes, Newton y Leibniz son conocidos por todos, y su labor po-

dría resumirse señalando que Descartes tuvo a bien aportar los fundamentos filosóficos del nuevo método, en tanto que Newton y Leibniz, trabajando en el mismo edificio cartesiano, hicieron importantes reformas que culminaron en la visión mecanicista del mundo.

Gran parte del pensamiento precartesiano tenía como meta justificar la proposición de que la estructura matemática del método, cuando es utilizada para estudiar los fenómenos naturales, podía revelar la realidad íntima del universo. Esta obsesión se observa en Galileo, quien enfatizaba en primer lugar la capacidad de la esencia matemática del nuevo método de

exponer en toda su desnudez la naturaleza de lo real. El segundo punto de preocupación galileano era la unicidad del sistema de postulados matemáticos. Para Descartes y Newton el elemento primario es la capacidad del método científico de ser la forma paradigmática de conocer, la mejor aproximación disponible a un lenguaje universal, lenguaje largamente buscado por los pensadores medievales. Su falta de interés en la capacidad del método para aprehender la realidad, parece ser, les permite desarrollar las potencialidades del mismo para responder a la pregunta de cómo puede el hombre adquirir conocimiento verdadero en un universo infinito. Al no estar obligados a defender la conexión entre la esencia matemática del método y la naturaleza de la realidad física, logran alcanzar un nivel de pensamiento que rebasa la celebración o la justificación del universo infinito, y por lo tanto, consiguen examinar analíticamente y críticamente las bases del conocimiento.

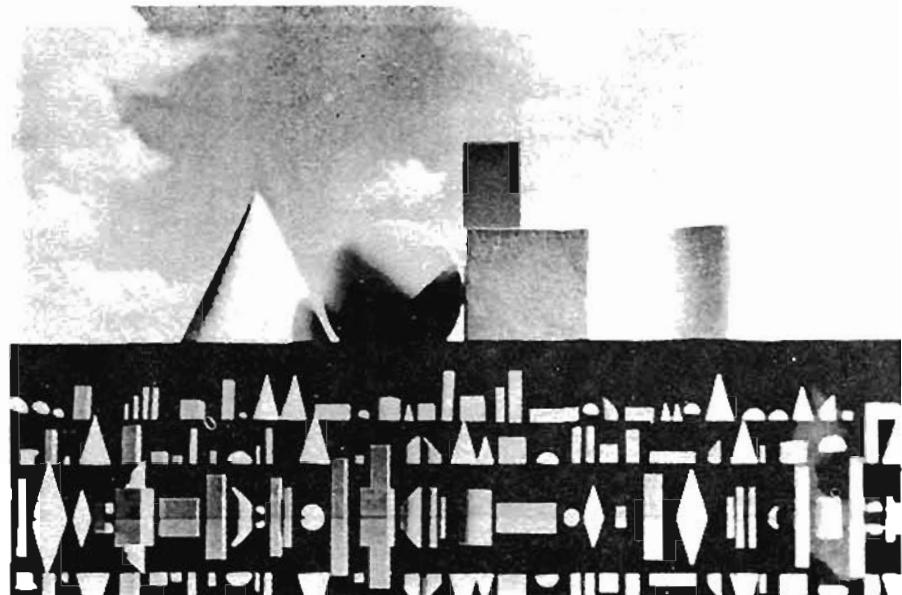
El fundamento metafísico de la ciencia moderna

Si el calificativo de profetas del nuevo universo es adecuado para Copérnico, Kepler, Galileo y Bruno, el de padre de la filosofía moderna le corresponde a Descartes. Kepler, aun habiendo excluido de su trabajo la metafísica aristotélica, fue incapaz de reemplazarla con otra fundamentación filosófica. Galileo, al no poder mostrar cómo se adapta su método a los procesos más profundos del intelecto, fracasó en el intento de enseñar a pensar a los hombres de su tiempo. Bruno también falló en su empresa al no poder más que proclamar la supremacía del intelecto frente a las absurdas ordenanzas de las autoridades. Todos estos pensadores, aunque presiden en el nacimiento

to del nuevo universo, no supieron articular los fundamentos filosóficos del método que utilizaban.

Descartes podía criticar a Galileo por suponer que era permitido prescindir de una metafísica. Su método no analizaba las "causas primeras de la naturaleza" y se limitaba a explicar sólo "ciertos efectos particulares", razón por la cual construía "sin fundamentos".⁹ Descartes percibió con claridad lo que estaba en juego: una nueva ciencia no podía sobrevivir sin una metafísica. Así como los hombres necesitan de una fundamentación racional que les asegure la salvación, así también deben procurarse una fundamentación intelectual primaria para la nueva ciencia.

La tarea de Descartes adquirió vastas dimensiones, debió viajar y recabar experiencias, estudiando el gran libro del mundo, hasta que un día tomó la resolución de hacer de sí mismo un objeto de estudio e iniciar su búsqueda dudando de lo hasta entonces aprendido.¹⁰ Su misión metafísica data de una experiencia mística que tuvo lugar durante el día y la noche del 10 de noviembre de 1619. En la soledad de su cuarto inició la revisión escéptica de todo conocimiento adquirido: encontró que en las artes y en las ciencias no existía unidad ni certidumbre. En las matemáticas había certeza, pero ésta no iluminaba en forma obvia otras ramas del saber. Lo que hacía falta era un nuevo inicio que barriera con todos los sistemas plagados de falsas lógicas y verdades a medias. Poco a poco en su mente creció la idea de buscar la certeza matemática en otras ramas de conocimiento que, como la filosofía, estaban sumidas en el caos. Después de horas de esforzarse su mente, encontró el tan de-



seado método: a la manera de un deslumbrante destello percibió la unidad de todas las ciencias, de todo el conocimiento.

Agotado, al finalizar el día se retiró a descansar y tuvo tres sueños, que interpretados dieron origen a sus *Meditaciones sobre una primera filosofía* (1641). En esta obra se presentan los tres principios que configuran su metafísica: 1) la intuición de la necesidad de la existencia del pensador; 2) todo lo que resulta verdadero es clara y distintamente percibido como una idea y todo lo que es clara y distintamente percibido como una idea es verdadero; 3) la afirmación de la existencia de un Dios veraz. Al lograr pensar en Dios como un ser verdaderamente infinito y al mismo tiempo ser incapaz de concebirlo como no existente o imperfecto, falso de veracidad, Descartes logró disipar todas las dudas que lo acongojaban. Quedaba así completo el sistema metafísico cartesiano, encontrando los tres principios expresión en la fórmula *Cogito ergo sum, ergo Deus et.*¹¹

Quedaba pendiente una pregunta: ¿cómo se pueden utilizar estos principios como base para el reclamo de la certeza científica cuando se investiga el mundo físico? La respuesta se encuentra en las "Reglas para la dirección de la mente" (publicado alrededor de 1629). Ahí establece que el método científico no es más que el pensamiento puro enfrentado a las condiciones de su propia verdad. La matemática es la disciplina que más obviamente ejemplifica este hecho. Las ciencias utilizan lo que las hace semejantes a ella para armonizar el pensamiento puro y la estructura del mundo físico, y no sólo emulan al lenguaje matemático sino que además retoman la certeza típica de esta ciencia para incorporarla al conocimiento del mundo natural, de forma tal que trascienda cualquier dependencia de observaciones empíricas. La ciencia pasa entonces a ser metodología pura —conocimiento conociéndose a sí mismo en su pureza— y esto le permite establecer la operatividad de su método de investigación del mundo físico. Cuando se piensa en un objeto éste existe, aun cuando no se piense en él. La metafísica

⁹ A. Balz, *Descartes and the modern mind*, Archon Books, 1967.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ L.J. Beck, *The metaphysics of Descartes: a study of the meditations*, Clarendon Press.

cartesiana no puede mostrar directamente la existencia de los cuerpos por no poder establecerla para nada que sea independiente del pensamiento puro —excepto la del ser finito que piensa y la de la substancia infinita perfecta— pero puede, sin embargo, establecer *indirectamente* la existencia de cuerpos físicos independientes de nuestro pensamiento. La evidencia de que hablamos proviene de la certeza de que un Dios veraz, por su misma naturaleza, no permitiría que la ciencia, que es pensamiento puro, fuera engañada en su pretensión más importante, a saber, que existe un mundo externo susceptible de ser conocido. Así, entre "el mundo matemático de las esencias y las partes corpóreas de la naturaleza hay una correlación. Existe por institución divina".¹²

El siguiente paso en el proyecto cartesiano fue diseñar el método con el cual se adquiere el conocimiento científico. Tan clara era su estructura que muchos de sus contemporáneos y seguidores resultaron más impresionados por el método que por su fundamentación metafísica. En esencia se consideraban dos caminos: el primero inicia con los datos a que se tiene alcance y procede a separarlos en sus componentes en busca de significados; ésta es la etapa del análisis. A continuación construye un conocimiento que no sólo es verdadero sino genuinamente nuevo, un conocimiento que no estaba explícitamente contenido en los datos originales. Esta etapa es la síntesis. El producto final es la fusión; es una única visión articulada, del basamento analítico y la superestructura sintética, alcanzando con ello una experiencia sacramental del mundo, el cual aparece como una construcción ilimitada e infinita en su extensión y novedad. El método cartesiano tuvo así la seguridad

de poder conocer la totalidad de aquello que examina, pero siendo el sujeto pensante el que se avoca a conocer, la finitud de la mente humana lo restringe a conocer sólo aquello con lo que se puede relacionar. El resultado es que los objetos físicos *qua* objetos físicos, en cuanto a su esencia natural, quedan alienados del pensamiento finito. El pensamiento humano está así condenado a tratar con la naturaleza no en cuanto naturaleza, sino en cuanto pensamiento, pudiendo entonces revelar sólo la esencia del pensamiento finito y no la de las cosas. Esta situación establece un "dualismo terminal" del que Descartes no puede escapar, y en términos del cual establece un programa para la ciencia. Por otra parte plantea un nuevo dualismo —entre mente y materia— que viene a sustituir al dualismo clásico de lo terrenal y lo celeste. Posteriormente el dualismo cartesiano se convertirá en la moderna oposición entre lo que sucede en el interior de la conciencia humana y lo que tiene lugar en el exterior.

Fue así como la búsqueda de la certeza iniciada por Descartes condujo a una extraña situación: un universo infinito que en su esencia evade a la mente humana.

El universo mecánico

Dos ideas tuvieron un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia: orden y causa. Las concepciones asociadas a ellas determinaron en gran medida los rumbos que tomaron los creadores de la ciencia moderna, dando nuevas respuestas a preguntas que no habían sido satisfechas con argumentos de épocas pasadas. A la pregunta de por qué cae una piedra cuando se le suelta o, para acercarnos más a quien dio la respuesta definitiva, por qué cae al suelo la manzana que se desprende del árbol, la Edad Media respondió, a la luz de la tra-

dición aristotélica, que se mueve hacia abajo y no hacia arriba porque su naturaleza es caer hacia abajo. La importancia de este pasaje no reside en la aparente tautología sino en el hecho de encontrarnos con una generalización: la naturaleza de todas las manzanas es caer hacia abajo. Aunque parece una afirmación trivial no lo es tanto, ya que la capacidad de generalización de un concepto es fundamental y característico de la inteligencia: descubrir la semejanza entre objetos no idénticos y, cuando es necesario, percibir la semejanza entre elementos aparentemente sin relación entre sí. La célebre anécdota newtoniana sobre la caída de la manzana ilustra este punto: Newton fue capaz de percibir la semejanza, jamás advertida por nadie antes que él, entre la caída de la manzana y el movimiento de la Luna en su órbita alrededor de la Tierra.

El arte de establecer semejanzas fue más fructífero, como ya se dijo, al abolir diferencias entre objetos celestes y materia terrestre. La concepción medieval de la materia hacía uso de nociones tan extrañas para nosotros como suponer causas de acción caracterizadas por poseer una voluntad semejante a la humana. Tierra, aire, fuego y agua poseen naturalezas que en el fondo son humanas, las impulsan una voluntad animal: los cuerpos caen porque desean alcanzar el reposo en el centro de la tierra, el fuego quiere subir... y todo lo que acontece se remite finalmente a estas voliciones. Esto supone también un orden hacia el cual tiende el "proyecto" de la Naturaleza. Su finalidad es alcanzar el status de la gran jerarquía ideal, la que todo rige, la que representa la perfección estable. Esta línea de argumentación fue abandonada por considerarse agotada; no explicaba los hechos, no era coherente y en ocasiones carecía de sentido. Terminado el si-

¹² *Ibidem*.

glo XVII había sido sustituida por la concepción de un Universo que funciona como una máquina en la que ciega y automáticamente todo ocurre sólo porque algo ocurrió antes. El mundo fue considerado una máquina de acontecimientos, y la línea de pensamiento que así lo presentaba es conocida como la filosofía mecanicista.

No se puede atribuir la creación de la filosofía mecanica a un solo hombre. Es un hecho que durante la primera mitad del siglo XVII los círculos científicos de la Europa occidental habían aceptado la concepción mecanicista de la naturaleza que, sugerida por Galileo y Kepler, alcanzó madurez en los escritos de hombres como Mersenne, Gassendi y Hobbes. Sin embargo fue Descartes quien mayor influencia tuvo en la construcción de esta nueva visión, dando a sus propuestas un rigor filosófico que sobrepasaba los intentos de cualquier pensador previo.

La idea básica de la filosofía mecanica de la Naturaleza es que el mundo es una máquina compuesta de cuerpos inertes, que sufre

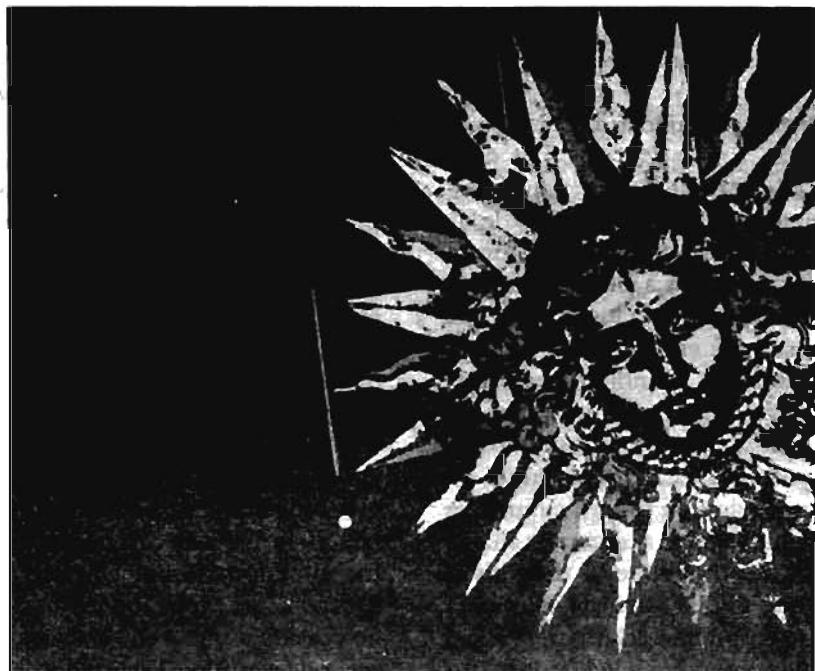
cambios debido a necesidades de carácter físico y que permanece indiferente ante la existencia de seres pensantes. Como consecuencia de esto el mundo de las experiencias sensoriales quedaba reducido a mera ilusión.

Una de las piedras angulares de esta nueva filosofía fue el principio de inercia. El tomar como premisa que todos los fenómenos naturales son producidos por partículas de materia en movimiento lleva a preguntarse sobre la causa misma del movimiento, ya que siendo la materia algo inerte por definición, y privada además de cualquier principio activo, es obvio que no puede ser la causa de su propio movimiento. En el siglo XVII todos estaban de acuerdo en que el origen del movimiento se remitía a Dios. En el principio El creó la materia y la puso en movimiento: ¿Qué mantiene este movimiento? La única respuesta aceptable, en vista del rechazo total a los principios activos, consistía en el principio de inercia: no se requiere de nada para mantener la materia en movimiento. El movimiento resulta

ser un estado de la materia y como cualquier otro estado, se mantiene en tanto no hay un agente externo que lo altere. Dicho agente externo podía ser un impacto, el cual provocaba transferencia de movimiento pero nunca su destrucción.

El universo de Descartes era un *plenum*; y al identificar materia con extensión concluyó que el espacio debe, por definición, estar ocupado totalmente por materia, o mejor dicho, debe ser materia. No existe el vacío; por ello el movimiento sólo es posible si al cambiar de posición los cuerpos el lugar que llegan a ocupar fue desocupado simultáneamente, originando un movimiento de materia que forma un circuito cerrado. Dicho movimiento "circular" —vórtice—¹³ genera presiones centrífugas en el *plenum* que resultan ser las causas de los fenómenos naturales más importantes. La imagen cartesiana del vórtice que contiene nuestro sistema solar es un remolino tan grande de que la órbita de Saturno respecto del total no representa más que un punto. Agregando otras consideraciones Descartes logró finalmente conformar un sistema que de manera plausible sustituía al modelo aristotélico de las esferas concéntricas.

Fue así como paulatinamente la filosofía mecanicista fue definiendo el campo de trabajo del científico. Su lenguaje fue la condición de las preguntas hechas y las respuestas dadas. Dado lo rudimentario de las máquinas de la época, algunas áreas del conocimiento fueron frustrado su avance por la falta de un lenguaje adecuado para desarrollar su problemática.¹⁴ En cierta medida, el discurso mecanicista también obstruyó la convicción pitagórica de que la naturaleza puede ser descrita en términos ma-



¹³ E.J. Aiton, *The vortex theory of motion*, Elsevier, 1972.

temáticos. La tensión entre ambas corrientes de pensamiento fue finalmente resuelta por Isaac Newton.¹⁴

La síntesis de Newton

El siglo XVII, justamente llamado el siglo del genio, tuvo en Descartes y Newton a sus máximas lumíneras. Según Koyré, el primero "concibió el ideal de la ciencia moderna —*el somnium de reductione scientiae ad geometriam*— y el segundo plantó a la física en el sitio que por sus méritos le correspondía en el sistema del mundo."¹⁵

Para entender la historia de la filosofía moderna, sus caminos y compromisos, debemos estudiar a los grandes innovadores del método científico, el más grande de los cuales fue Isaac Newton. Un siglo después de su tiempo, casi toda la tarea filosófica, sobre todo en sus aspectos más técnicos, fue un intento de conciliación, análisis, crítica y extensión del pensamiento newtoniano. Si bien Newton no alcanza las alturas de la síntesis metafísica de Descartes, supera a éste al reunir descubrimientos previos en un todo coherente.

El esplendor de la síntesis newtoniana consiste en haber fusionando las dos principales corrientes del pensamiento científico del siglo XVII: el racionalismo matemático de la tradición continental y el aprendizaje experimental cultivado por la Royal Society de Inglaterra. Al igual que Galileo, pero a una escala muy superior gracias a los caminos trazados por Descartes, Newton conjuga las dimensiones matemático-deductivas y experimentales. Como lo señala uno de sus comentaristas:

Las leyes de movimiento de Newton tuvieron un origen con-

ceptual... y probablemente son consecuencia directa de la física cartesiana. No se puede decir que estas leyes tuvieran sustento en un detallado trabajo experimental ni que inductivamente se siguieran de éste. . . esta falta de apoyo empírico. . . no era un hecho accidental, pues ninguna clase o cantidad de trabajo experimental puede establecer un principio de movimiento natural. . . Esto es consecuencia del uso de fuerzas. . . (que) existen sólo para explicar efectos. Como tenemos la libertad de escoger los estados que queramos como naturales. . . se sigue que las fuerzas que decimos operan en la naturaleza dependen de las elecciones que hagamos. Por esta razón un principio de movimiento natural. . . no puede ser un principio empírico.¹⁶

Si la interpretación es correcta, ni experimentos ni observación empírica son garantía de la validez de los principios del sistema newtoniano. La única garantía, como lo sugiere Koyré, radica en que los experimentos "presuponen de manera axiomática una estructura matemática de la naturaleza". Si recordamos la tan citada frase *Hypotheses non fingo* (yo no invento hipótesis), Newton parece expresar que las fuerzas con que trabaja son fuerzas matemáticas; y si no fuera así, las usa en tanto que sean tratables matemáticamente.

Pero la coincidencia entre los principios filosóficos de Newton y Descartes no es perfecta. El primero realiza una revisión del programa cartesiano en dos aspectos: uno en cuanto al método mismo y otro al analizar los temas metafísicos y su relación con el método científico y el proceso de adquisición del conocimiento.

La primera objeción de Newton consiste en rechazar que la deducción matemática aporte por sí mis-

ma una demostración lógica suficiente para caracterizar como fáctica una conclusión científica. Esta opinión la encontramos en los *Principia*:

El trazar líneas rectas y círculos es un problema, más no es un problema geométrico. La solución a estos problemas está en la mecánica, y cuando ya resueltos, su uso es evidenciado por la geometría.

El carácter deductivo del método científico establece una cierta certidumbre, pero la solución completa al problema sólo se alcanza al mostrar que esta certidumbre se transmite a los fenómenos naturales. Esta aplicabilidad es demostrada mediante la confirmación que aportan los experimentos, y esta verificación es lo que transforma un cierto conocimiento en conocimiento real. Como señala posteriormente en la *Óptica* (1704): "Mi propósito en este libro no es explicar las propiedades de la luz mediante hipótesis, sino el proponerlas y demostrarlas mediante la Razón y el Experimento".

En conclusión, la revisión newtoniana del método de Descartes reside en ampliar el método de análisis y síntesis, suministrando un tercer elemento: la verificación experimental.

La segunda revisión de Newton a la tradición cartesiana concierne al papel que juega la metafísica en el método científico. Newton prefiere no mezclar el método con lo tocante a la metafísica y a la religión. Siendo "un hombre religioso, y en muchas formas un místico, no creyó que la religión y el misterio tengan algo que ver con las leyes matemáticas del movimiento planetario, aun cuando ni exista relación entre éstas últimas y la Causa Primera".

Al contrario de Descartes, Newton consideró que el método científico podía ser utilizado sin

¹⁴ R.S. Westfall, *op. cit.*

¹⁵ Anton, *op. cit.*

¹⁶ Newton, *op. cit.*

presuponer ninguna metafísica, aunque al final de cuentas su ejercicio implicaba consecuencias metafísicas y religiosas. Esta situación se aclara si tenemos en cuenta que Descartes concibe la existencia de Dios desde el punto de vista del sujeto pensante aislado, en tanto que Newton percibe a Dios en una forma más racional (casi escolástica) a partir del orden de la naturaleza, como la Causa Primera. Lo anterior no significa que la existencia de Dios sea más importante para uno que para otro, sólo juega papeles distintos en sus síntesis: en Descartes es la base del método científico y en Newton es el resultado del uso de dicho método. Al devolver a la naturaleza la noción de Causa Primera, Newton revela una "profunda intuición de las limitaciones de una interpretación puramente mecánica de la naturaleza". El libro de la naturaleza puede ser un mecanismo muy complejo, pero aun así requiere de la interferencia activa de Dios para seguir su marcha.

"Dios, quien no sólo constituyó el reloj-mundo sino que continuamente lo revisa... para arreglar su mecanismo cuando hace falta... manifestando así su presencia activa e interés en la creación."¹⁷

Newton, no obstante ser considerado por su intelecto "el más cercano a Dios entre los mortales", fue incapaz de superar la alienación cartesiana entre el ser pensante y la esencia de las cosas. El mismo Newton fue muy explícito en esta cuestión al declarar que el método científico era inadecuado para penetrar la naturaleza íntima de las cosas. En particular, en una carta a Bentley, uno de sus comentadores, dice lo siguiente: "En ocasiones hablas de la gravedad como algo esencial e inherente a la ma-

¹⁷ R.S. Westfall, *Never at rest. A biography of Isaac Newton*, Cambridge Univ. Press.



teria. Por favor, no me atribuyas dicha noción ya que la causa de la gravedad es algo que no pretendo conocer."¹⁸

Para Newton la gravedad era la clave principal de su *sistema mundi* y sin embargo se resignó a nunca conocer su esencia, aspirando sólo a alcanzar un conocimiento completo de su comportamiento. Aun aceptando esta limitación, la ciencia no se ve disminuida, pues aporta una descripción perfecta del comportamiento de la naturaleza, claramente deducible a partir de la experiencia humana y siempre verificable mediante el experimento.¹⁹

Para la posteridad la síntesis newtoniana sirvió de foco de convergencia de muchos filósofos importantes. Algunos aspectos de su pensamiento serían seguidos por John Locke y alcanzarían su ápice en el empirismo naturalista de David Hume. Otros aspectos serían retomados por Euler y culminarían en la grandiosa filosofía crítica de Kant, quien probablemente llevó a cabo el más profundo análisis de la mecánica newtoniana.

¹⁸ A. Koyre, *Newtonian Studies*, Chicago, 1965.

¹⁹ H. Butterfield, *Los orígenes de la ciencia moderna*, Taurus, 1982.

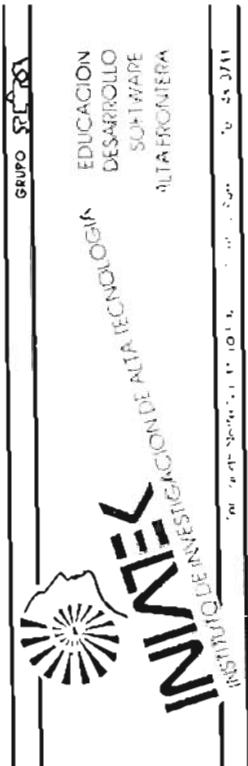
El mito

A principios del año 1665 encontré el Método para aproximar series y la Regla para reducir cualquier binomio a dichas series. En mayo del mismo año encontré el método de las Tangentes... en noviembre tenía el método directo de fluxiones y en enero del año siguiente la Teoría de los Colores. En mayo tuve conocimiento del método inverso de fluxiones. En el mismo año comencé a pensar que la gravedad se extendía hasta la órbita de la Luna y... a partir de la regla de Kepler. deduje que las fuerzas que mantienen a los Planetas en sus Órbitas deben (variarse) recíprocamente como los cuadrados de sus distancias a los centros alrededor de los cuales giran: y así comparé la fuerza requerida para mantener la Luna en su Órbita con la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra, encontrando valores muy cercanos. Todo esto sucedió en los años de la plaga, 1665 y 1666. En esos días estaba en mi plenitud para la invención y me importaban las Matemáticas y la Filosofía más que en cualquier tiempo posterior.²⁰

Este pasaje, tantas veces citado, es el origen del mito de los *annus mirabilis* de Newton. Liberado de las presiones académicas, Newton dió rienda suelta a sus inquietudes y en una milagrosa explosión de creatividad hizo los tres descubrimientos que cimentaron su fama eterna.

Estudios recientes indican la inexactitud de la cronología de los eventos. Ha sido establecido de manera confiable que si bien Newton inició trabajos alrededor de 1660 en las áreas que él menciona, los resultados obtenidos en un año distan mucho de lo publicado en los años venideros. Hizo falta un pro-

²⁰ Westfall, *Never at rest*.



ceso de maduración y adquisición de conocimientos que finalmente desembocó en los *Principia* (1687) y la *Opticks* (1704). En todas sus aportaciones es posible descubrir y analizar la influencia que otros grandes pensadores tuvieron sobre él: Galileo y Kepler inspiraron su búsqueda de causas físicas para los fenómenos naturales; la óptica, los estudios matemáticos y la obra filosófica de Descartes le colocaron en un sitio inmejorable desde el cual lanzarse a una síntesis del conocimiento más ambiciosa; de Wallis y su maestro Barrow tomó las herramientas que le condujeron al método de las fluxiones, mejor conocido hoy como cálculo diferencial e integral; en Hooke y Huygens encontró la idea sobre la descripción de órbitas circulares que resultó fundamental en la postulación de la ley de gravitación universal.

Estas precisiones nos traen una imagen distinta del hombre de genio. El estudio de los manuscritos dejados por Newton (a la fecha el

material no editado representaría varios volúmenes)²¹ nos revela una vida que no puede ser resumida en términos de ideas deslumbrantes que se suceden unas a otras. Lo que se descubre es una increíble cantidad de trabajo sistemático —Newton poseía una fascinante capacidad para concentrarse en un problema y así podían pasar las horas sin que recordara comer ni dormir— que se inicia a partir de las experiencias de sus predecesores y continúa en base a los progresos que lograba. Los manuscritos muestran que cometió errores y aprendió de ellos, que en ocasiones equivocó el camino y que no siempre comprendió de manera inmediata todas las implicaciones de sus propias ideas. El Newton que surge de esta revisión es más humano y por lo tanto más digno de admiración.

Queda por hacerse un estudio más acabado de los trabajos alquímicos y teológicos de Newton, sin los cuales su imagen queda incompleta. Sin embargo este estudio no alterará la imagen de quien supo, de un solo golpe²² —el concepto de gravitación universal— revelar la naturaleza de las tres leyes del movimiento planetario expuestas por Kepler, rebatir la teoría cartesiana de los vórtices, resolver el problema del origen de las mareas y aclarar la observación galileana de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración.

Newton viajó por extraños mares del pensamiento, viajes sin retorno para más de un aventurero intelectual del siglo XVII, y supo retornar cargado de tesoros. En vida alcanzó fama sin paralelo y a su muerte, en palabras de Voltaire, recibió homenajes “dignos de reyes”

²¹ R.S. Westfall, “The changing world.”

²² I.B. Cohen, “Newton's discovery of gravity”, *Scientific American*, marzo de 1981.

