

I. ISAAC NEWTON

I.1. Noticia biográfica

1642: nace Newton el mismo año de la muerte de Galileo. Fue bautizado en la parroquia de Colsterworth, en Lincolnshire, hijo de un yeoman (pequeño campesino) al que no conoció. Prematuro, delicado, fue cuidado por la abuela materna. Algunos rasgos de su personalidad madura (obstinado celibato, grafomanía, susceptibilidad extrema a las críticas, espíritu litigioso y vengativo, gusto por el aislamiento y el comportamiento despótico como funcionario de la Casa de Moneda o como autócrata de la Royal Society, sus angustias religiosas) han sido explicados, en términos psicoanalíticos, por los traumas de la infancia: el padre ausente, la relación edípica con la madre, la educación por la abuela, el hecho de que su madre se casara en seguida en segundas nupcias, etc. La infancia de N. transcurre durante los años difíciles [1642/1649, guerra civil: enfrentamiento entre el absolutismo real y las clases medias apoyadas por los campesinos y el artesanado. Dictadura militar de Cromwell para dominar los movimientos de masa de ideología más avanzada (levelers, diggers, etc.:1653-1658: Oliver Cromwell, lord protector; 1658/1659: Richard Cromwell, lord protector]. Buena formación en latín e historia bíblica. Se le suele presentar como un adolescente de genio, distraído, pensativo, muy poco habil para las cosas prácticas, apasionado por los relojes y por los juegos mecánicos.

1661: entra como estudiante con una beca para alumnos pobres en el Trinity College de Cambridge, de donde saldrá "master of arts" en 1668. Dificultades económicas hasta la obtención de una cátedra los 27 años. Lecturas juveniles: entre los clásicos (la *Metamorfosis* de Ovidio, los *Himnos* de Píndaro, Homero en latín, *Nuevo testamento* en griego, historiadores y padres de la Iglesia; libros de matemáticas y de filosofía (Robert Boyle, Gassendi, Descartes, Bacon, Hooke); intereses muy variados: filosofía, lengua, fonética, historia, exégesis bíblica, alquimia, magia, óptica, mecánica, tecnología... Seguramente Descartes le influyó de joven en geometría, óptica y mecánica; criticó muy pronto, en cambio, la metafísica cartesiana.

1665-1666: primeros descubrimientos científicos juveniles, cuando tenía entre 22 y 25 años. Se le considera un autodidacta genial en temas de matemática, particularmente en los procedimientos para el cálculo y el análisis (cálculo de las series infinitas, de curvas algebraicas, diferenciales, fluxiones, cálculo infinitesimal o de fluxiones, 1666). Escribe *To resolve problems by motion*, memoria, fechada en octubre de 1666, sobre cálculo de fluxiones que N. no enseñó a nadie y que no se publicó hasta 1962.

Primera intuición de la ley de la atracción o gravitación. La anécdota de la caída de la manzana en el jardín de Woolsthorpe que habría inducido al joven matemático a hacer un experimento mental: suponiendo que la fuerza de la gravedad, ampliada a la luna, decreciese según una medida inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, N. calculó si tal fuera habría sido suficiente para mantener a la luna en su órbita. Al no disponer de libros para este cálculo tomó la medida común entre los geógrafos y marineros. Concluyó que tenía que haber otra causa, además de la acción de la gravedad, que interviniera sobre la luna. Por eso entonces suspendió toda reflexión sobre el problema.

1669: nombrado profesor en Cambridge en sustitución de su maestro Barrow; ejerció el magisterio en C. hasta su traslado a Londres en 1696. Experimentos con el prisma sobre la dispersión de la luz. Mejora del telescopio mediante un ocular colocado lateralmente y un sistema de espejos parabólicos contruido por él mismo.

1672: Expone el modo en que él mismo llegó a formular el problema del análisis de la luz blanca en términos estrictamente cuantitativos y el rechazo de todas las explicaciones tradicionales sobre la naturaleza de la luz. N. desarrolló la llamada "hipótesis corpuscular", según la cual los rayos luminosos son trayectorias rectilíneas de partículas emitidas por un manantial inica. En la formulación de N. la luz es una mezcla heterogénea de rayos que se refractan de maneras diferentes; al diferir por grados de refractabilidad estos rayos difieren también en su actitud de exhibir tal o cual particular; los colores, según N., no son cualificaciones de la luz, sino propiedades originarias e innatas de las que no se conoce todavía la esencia física y la causa. Según N., midiendo los ángulos de emisión se puede constatar que los rayos menos refractables tienden hacia el rojo y los más refractables hacia el violeta, y que los otros cinco colores principales (amarillo, verde, azul, naranja, añil), con una indefinida variedad de graduaciones intermedias se colocan invariablemente en este orden entre los dos extremos.

1672: Empieza el conflicto con Robert Hooke acerca de los experimentos sobre la naturaleza de la luz. Polémicas sobre problemas de óptica. Depresión nerviosa. Probable acercamiento a la tradición alquímica en los "años de silencio".

1686: N., que hasta entonces no había intervenido en asuntos políticos directamente, se opone a la pretensión de la Corona de mediatizar la autonomía universitaria imponiendo como fellow a un padre benedictino. Defiende como delegado del senado de la Universidad de Cambridge tesis jurídico-constitucionales próximas al partido anticatólico, whig (uno de cuyos líderes era su amigo Charles Montague).

1687: *Philosophiae naturalis principia mathematica*.

1688: N. interviene en la escena política: elegido diputado de la universidad de Cambridge para la Convención encargada de dar al país una nueva constitución. Creciente amistad con John Locke, ideólogo y eminencia gris del partido whig. JL considera (en *Essays concerning understanding*, 1690) los *Principia* de Newton como el más alto producto del método experimental.

De mundi systemate, libro tercero compuesto al método popular, en forma de divulgación (publicado póstumo)

1692: Autoriza a Richard Bentley para una posible utilización de los *Principia* en clave apologética (cartas dedicadas a la acción de la providencia en el mundo físico). La física newtoniana, con la imagen de un orden divino impreso en los movimientos de los cuerpos celestes y en sus leyes, se integra con las tesis teológicas moderadas y como sostén ideológico de la mentalidad whig posterior a 1689.

1693: Agotamiento nervioso de N.

1704: *Optics or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, que recoge en parte la Memoria de 1675 sobre la luz y los colores. Descubrimiento de la descomposición espectral de la luz blanca. Elaboración de una teoría de la luz, llamada de la emisión.

1705: La reina Anna le nombra caballero (*Equites auratus*). Comienza la penetración de las ideas de N. en los ambientes científicos continentales de la mano de la traducción latina por Samuel Clarke de la *Optica*. Polémica con Leibniz por la invención del cálculo infinitesimal.

1707: *Arithmetica universalis*

1711: *Analysis* y trabajos sobre Cronología

1727: Muere N. a los 84 años en Londres.

[Ver **Gale E. Christianson**, *Newton (1642-1727)*. Barcelona, Salvat, 1989, dos volúmenes, biografía muy completa]

I.2. Algunos conceptos básicos

- I.2.1. Sobre el concepto de *análisis*

Literalmente: descomposición, distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos; tomó su sentido de la matemática. Históricamente presentaba dos características: 1º resolver lo complejo en lo simple, 2º descender de proposiciones dadas a una proposición evidente apoyándose en otra proposición que se intenta demostrar y que se acepta como verdadera.

Se entiende que el análisis tiene una doble vertiente: real (análisis químico) y lógica o mental (análisis de un concepto o de una proposición)].

El análisis implica, por definición, reducción, ya sea de lo real o de lo mental.

CREACIONES DE APOYO DIDÁCTICO DE USO EXCLUSIVO. DANIEL TRUJILLO LEDEZMA.

Se puede decir que el método de N. funde lo que Galileo y la Escuela de Padua habían llamado método de resolución o método resolutivo con el método de Descartes, esto es, con el método analítico desarrollado por matemáticos y filósofos para resolver problemas mediante ecuaciones generalizándolo luego como método de razonamiento (*mathesis universalis*) más riguroso que el método "dialéctico" empleado por la silogística (el cual no permite llegar a ninguna proposición más verdadera que la premisa mayor). En este último sentido "análisis" se opone a explicación verbal.

- I.2.2. Sobre el concepto de *hipótesis*

N. ha criticado en varias ocasiones el concepto de *hipótesis*. Puesto que, como hemos dicho, éste es un concepto básico para el conocimiento científico es importante precisar el sentido de esta crítica en el marco de la historia de la ciencia.

"Mi propósito en este libro [la *Óptica*] no es explicar las propiedades de la luz mediante hipótesis, sino proponer y demostrar mediante razonamientos y experimentos" [*Óptica*, libro primero].

Y refiriéndose a sus descubrimientos en los *Principia* escribió: "He explicado hasta aquí los fenómenos celestes y los del mar por la fuerza de la gravitación; pero no he indicado en parte alguna la causa de dicha gravitación [...] No he podido aún llegar a deducir de los fenómenos la razón de esas propiedades de la gravedad, y no imagino ninguna hipótesis. Pues todo lo que no se deduce de los fenómenos es una hipótesis; y las hipótesis, sean metafísicas, sean físicas, sean mecánicas, sea la de las cualidades ocultas, no son de recibo en la filosofía experimental [...] En esta filosofía se obtiene las proposiciones de los fenómenos para generalizarlas luego por inducción"

Newton explicó este punto de vista suyo en carta a Pardies, del 10 de junio de 1672: "Pues si cualquiera puede hacer una conjetura sobre la verdad de las cosas partiendo de la escueta posibilidad de las hipótesis, no veo cómo puede determinarse nada cierto en cualquier ciencia, pues es siempre posible imaginar más y más hipótesis, las cuales parecerán responder a nuevas dificultades" [en Rupert Hall, *La revolución científica* cit. 527].

Por otra parte, el mero uso del experimento es insuficiente. Lo nuevo en N. es el perfecto engranaje de teoría y experimentación, el uso de experimentos específicamente diseñados para suministrar la pieza de una argumentación orientada a crear una teoría general. El nuevo método científico consiste en planear los experimentos en función de la demostración de una teoría sujetándolos a las exigencias de una estructura argumental lógicamente trabada [Carlos Solís, *Introducción a Óptica*, XXXI].

El rechazo de las hipótesis por N. tiene que ver también con el paso del tratamiento de la luz y los colores desde el punto de vista de los naturalistas (filósofos de la naturaleza) al punto de vista matemático: "Un naturalista --escribe N.-- difícilmente esperaría ver que la ciencia de ellos (los colores) se tornase matemática, y con todo, me atrevo a afirmar que hay en ella tanta certeza como en cualquier otra parte de la óptica. En efecto, lo que diré acerca de ellos no es una hipótesis, sino la más rígida consecuencia, no conjetura infiriendo meramente esto porque no pueda ser de otra manera o porque satisfaga todos los fenómenos (el tema universal de los filósofos), sino evidenciada por mediación de experimentos que concluyen directamente y sin ninguna sospecha de duda".

Así, pues, estamos ante una precisión importante respecto al anterior concepto de hipótesis. Lo que propugna N. es el reconocimiento de la diferencia existente entre las especulaciones imaginarias y especulativas de los filósofos mecánicos (a la cartesiana) y las proposiciones matemáticas, cuantitativas y rigurosas de las ciencias matematizadas [Para todo este desarrollo: Carlos Solís, *Introducción* cit. XLVI y ss.]

- I.2.3. Análisis y óptica

En 1672 N. expone el modo en que él mismo llegó a formular el problema del análisis de la luz blanca en términos estrictamente cuantitativos y el rechazo de todas las explicaciones tradicionales sobre la naturaleza de la luz. Memoria a la Royal Society. [Sobre el interés de N. por los colores y la ausencia de reflexión estética en este asunto: Christianson, I, 108-110].

La teoría sobre la luz y los colores en la época de N. eran variantes de la teoría cartesiana. Según ésta, la luz no es más que un cierto tipo de pulsión, o presión, o "tendencia al movimiento", transmitida a través de un medio fluido.

Los colores, a su vez, no eran otra cosa que una modificación de ese pulso o pulsión original en que consiste la luz inalterada.

A partir de sus experimentos con el prisma [1664] N. encuentra que la teoría de la luz como un pulso o pulsión que se modifica en la refracción no puede explicar coherentemente la transmisión rectilínea de la luz, pues si la luz fuera un pulso o presión transmitida a lo largo de un fluido debería, por así decirlo, rodear los obstáculos doblándose hacia la sombra, como ocurre con los modelos más comunes de fenómenos vibratorios de un medio, el sonido o las ondas de agua.

¿Cómo explicar entonces la transmisión rectilínea?

Sólo si los rayos de luz son *corpúsculos* que obedecen a leyes mecánicas y que viajan desde la fuente a través del espacio.

N. llegó a esta conclusión a través de toda una serie de experimentos con los prismas cuyo objeto fue descartar sucesivamente diversas hipótesis explicativas posibles de la teoría vigente. A partir de ahí N. desarrolló la llamada "hipótesis (teoría) corpuscular", según la cual los rayos luminosos son trayectorias rectilíneas de partículas emitidas por un manantial inicial.

En la formulación de N. la luz es una mezcla heterogénea de rayos que se refractan de maneras diferentes [hoy diríamos: ondas electromagnéticas sensibles al ojo humano que transportan energía radiante y se propagan transversalmente]; al diferir por grados de refractabilidad o refrangibilidad, estos rayos difieren también en su actitud de exhibir tal o cual particular color [hoy diríamos: el color depende de la longitud de onda]; los colores, según N., no son cualificaciones de la luz debidas a la refracción, sino propiedades originarias e innatas de los rayos.

Según N. midiendo los ángulos de emisión se puede constatar que los rayos menos refractables tienden hacia el rojo y los más refractables hacia el violeta, y que los otros cinco colores principales (amarillo, verde, azul, naranja, añil), con una indefinida variedad de graduaciones intermedias se colocan invariablemente en este orden entre los dos extremos [Detalles en *Historia general de las ciencias* al cuidado de R. Taton, vol. cit. o L.W.H. Hull, *Historia y filosofía de las ciencias* cit.]

- I.2.4. Espacio, movimiento, gravitación:

N. empieza criticando la ausencia de un sistema de referencia en el movimiento cartesiano, por lo que dice de éste que no tiene velocidad alguna, ni dirección ni recorre espacio alguno ni ninguna distancia. Para N. las definiciones de "lugar" y "movimiento local" tienen que fundarse en un sistema de referencia inmóvil, el espacio entendido como contenedor de los cuerpos. Postula un espacio que no es sustancia ni accidente ni subsiste absolutamente por sí sino en cuanto efecto emanativo de Dios y afición de cualquier ente. No es imaginable una extensión pura, privada de cuerpos que el propio Dios sería incapaz de aniquilar aunque quisiera destruir la materia de los cuerpos. Se trata de una doctrina de procedencia atomística que presenta un vacuum divinizado. N. introduce la imagen del infinito geométrico. Se ha hablado de geometrización a ultranza del mundo físico, una operación, por otra parte, ya operada por Descartes.

Conceptos fundamentales de la mecánica: espacio, tiempo y masa, todos los cuales son mensurables y pueden ser tratados matemáticamente. Se descartan aquellos conceptos tradicionales ("odio", "deseo natural", "tendencia natural", "potencia", "virtud") que no sean mensurables ni manejables matemáticamente. El movimiento puede ser así definido en términos de espacio y tiempo. Para N. la materia, además de las propiedades esenciales de extensión (en el espacio) y de duración (en el tiempo), tiene una tercera característica, la masa, que es un concepto que no está bien definido ("el volumen del cuerpo multiplicado por su densidad" o "la cantidad de materia que hay en un cuerpo"). El concepto de masa se distingue del concepto de peso: el peso de un cuerpo es la fuerza con que la Tierra lo atrae, fuerza que varía según los lugares. No hay ninguna razón lógica para pensar que cuerpos de masa igual hayan de tener el mismo peso, igual que no hay razón lógica para pensar que cuerpos del mismo color hayan de tener el mismo olor [Cf. L.W.H. Hull cit., 202].

Por gravitación se entiende en Física la atracción mutua que se ejercen dos masas situadas en el universo. N. llegó por tanteo a la famosa ley de la gravitación universal

- I.2.5. Axiomas principales de la mecánica newtoniana:

CREACIONES DE APOYO DIDÁCTICO DE USO EXCLUSIVO. DANIEL TRUJILLO LEDEZMA.

1º La ley de inercia (ya conocida por Galileo): Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento uniforme rectilíneo a menos que obre sobre él alguna fuerza. La fórmula “Si no hay fuerza actuando no hay movimiento” quedaba sustituida por la fórmula “Si no hay fuerza actuando no hay cambio de movimiento”. Las palabras añadidas constituyen una novedad vital. Se pasa de definir la fuerza como la causa del movimiento a definir la fuerza como la causa de los cambios de movimiento, entendiendo por cambio de movimiento una aceleración, una deceleración o un cambio de dirección. En ausencia de resistencia no hace falta una fuerza para mantener un movimiento uniforme rectilíneo. Esto permite dar una explicación a la pregunta por qué caen verticalmente las piedras a pesar del movimiento de la Tierra.

[Cf. a este respecto el texto de L.W.H. Hull , *Historia y filosofía de la ciencia* cit pág. 191, donde se compara la argumentación basada en la ley de inercia con el punto de vista aristotélico. Más detalles (con algún conocimiento de matemáticas): AAVV, Newton: ciencia, filosofía i religió, en Materials per a un curs d'història i filosofia de la ciència. Grup de Filosofia de Santa Coloma de Gramanet. Casal del Mestre, 1988].

La primera ley o *ley de inercia* da una definición cualitativa de la fuerza como causa de la alteración del movimiento. Tiene interés reflexionar sobre lo siguiente: aunque la primera ley o ley de inercia fue formulada en base a una observación (la de que un cuerpo que ha rodado por una pendiente deja de aumentar su velocidad y se mueve durante algún tiempo casi uniformemente si se le hace seguir horizontalmente: Galileo, en el Diálogo), sin embargo, la ley como tal no puede ser probada empíricamente o experimentalmente, pues para comprobarla tendríamos que disponer de un cuerpo sobre el cual no estuviera ejerciéndose ninguna fuerza, o sea, totalmente fuera de la esfera de influencia de todos los demás cuerpos del mundo, lo cual es una situación ideal imposible, pues por lo menos tenemos que estar nosotros en presencia de este cuerpo para ver lo que ocurre [Hull, 204 y nota]. Lo que podemos verificar son las consecuencias lógicas del principio y, mediante la observación, confirmar lo que inferimos de ellos.

La segunda ley *decide cómo debe medirse una fuerza*; da una definición cuantitativa de la fuerza para lo cual hay que definir lo que llama “momento” (o cantidad de movimiento) de un cuerpo como su masa multiplicada por su velocidad. La segunda ley versa sobre la proporcionalidad entre las fuerzas ejercidas sobre un cuerpo y las aceleraciones resultantes. Puede formularse así: La fuerza que actúa sobre un cuerpo es proporcional al cambio de momento que produce en un tiempo determinado; y la dirección de la fuerza es aquella en la cual tiene lugar el cambio de momento. De otra forma: El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz que se ha impuesto y sigue la dirección de la línea recta en que se imprimió la fuerza.

La tercera ley se refiere a *la acción y la reacción*: si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce sobre el primero una fuerza de la misma intensidad y sentido opuesto. Esto quiere decir que la acción y la reacción son siempre iguales y opuestas. La ley descarta la creencia de que un cuerpo no puede influir en otro más que si está en contacto con él; no se ocupa del mecanismo por el que los cuerpos afectan a los movimientos de otros cuerpos, se contenta con el hecho de que esta influencia se da y se dedica a dar medios para prever la dimensión del efecto en cada caso.[Cf. Hull cit. págs. 201-204. Y para lo que probó y no probó N. la argumentación de las páginas 206-207

También se enuncia en esta obra la ley de la atracción universal, que generaliza y da forma matemática a la identidad causal presentada en fenómenos tales como la caída de los cuerpos, las mareas y el movimiento de los planetas alrededor del sol. La hipótesis de N. fue que una misma fuerza hacía caer las cosas al suelo y se producía en los movimientos planetarios atrayendo a los planetas hacia el Sol y a los satélites hacia los planetas. Se interrelacionaban así las dos nuevas ciencias: que habían nacido, en Galileo, como los extremos de un arco: la astronomía y la mecánica.

Cambia de este modo el concepto de gravedad. Mientras se pensó que la Tierra ocupaba un lugar privilegiado en el centro del Universo era natural creer que la gravedad estaba asociada con la Tierra y sólo con ella: suponiendo que todos los cuerpos sólidos se dirigían hacia el centro de la Tierra porque éste era, a su vez, el centro del universo y los cuerpos tenían una disposición natural a volver a él cuando se hallaban alejados. Pero esta doctrina dejaba de tener sentido en el universo copernicano: parecía razonable suponer que de la misma manera que los objetos próximos a la Tierra son atraídos por ésta, así también los próximos a Júpiter por Júpiter y los próximos al Sol por el Sol, de modo que la gravitación pasó a ser considerada como un atributo de cualquier cuerpo material apreciable.

II. NEWTONISMO

Ningún otro científico, salvo Einstein, habrá recibido elogios tan altos de sus contemporáneos y de las generaciones que siguieron a su vida. Pope escribió: "La Naturaleza y sus leyes estaban ocultas en la noche oscura. Dios dijo: Hagamos a Newton y todo se hizo luz". El poeta William Wordsworth escribió:

**Donde se encuentra la estatua
de Newton,
con su prisma y su casa silenciosa
el índice de mármol eterno de una mente
que viajaba sola a través de extraños
mares del pensamiento.**

Una visión hagiográfica y simplificada de Newton y del newtonismo pasó pronto a la Europa continental, donde la atracción por la revolución inglesa, por el parlamentarismo y por la cultural anglosajona fue muy fuerte entre los ilustrados de la primera mitad del siglo XVIII. A la difusión del newtonismo en el continente contribuyeron mucho Samuel Clarke, Fontenelle y Voltaire.

Fontenelle, en su *Elogio*, cuya traducción castellana puede leerse ahora como prólogo a I. Newton, *El sistema el mundo*. Alianza, Madrid, varias ediciones; [y también en la Colección de Grandes Pensadores de Sarpe] presentó a Newton como un hombre tranquilo, modesto, que nunca hablaba de sí mismo, ni hablaba con desprecio de otros. Escribió el retrato del científico que luego habría de convertirse en cliché: no habría habido en Newton ni el menor atisbo de vanidad; era un hombre que nunca despreciaba a nadie que estuviera por debajo de él y que supo además estar económicamente a la altura de su mérito. Fontenelle estimó su fortuna en el momento de la muerte en 32.000 libras.

La difusión de la obra de Newton y del newtonismo en el continente seguramente no debe tanto a los científicos franceses, centroeuropeos e italianos, muchos de los cuales siguieron declarándose sobre todo cartesianos, como a Voltaire. Precisamente al compararlo con Descartes, Voltaire subrayó la grandeza de Newton en todos los aspectos, incluido el de una vida señalada por el éxito. [Un paso significativo de Voltaire se puede ver en Rupert Hall, *La revolución científica* cit. 518. Un estudio detallado en Paolo Casini, *Newton i la coscienza europea* cit., cap. IV: "Voltaire divulgatore de Newton", pág. 79 y ss.]

A. Rupert Hall, en el capítulo 14 ("El legado de Newton") de su libro sobre *La revolución científica* ha llamado la atención, una vez más, acerca del cambio de opinión sobre la filosofía y la ciencia inglesas que se produjo en la Europa continental hacia 1740: "La filosofía y la ciencia inglesas, incluso las costumbres sociales y las instituciones políticas inglesas, ya eran alabadas y cultivadas por quienes se tenían por ilustrados. Contra todo precedente histórico, aquellos isleños casi bárbaros estaban demostrando ser inteligentes, cultos y prósperos y parecían iluminar Europa con luz". La fecha de este cambio de opinión, que afectaría incluso a la sustitución del cartesianismo por el newtonismo, tal vez podría ser 1734 cuando Voltaire publicó sus "Cartas sobre la nación inglesa" en las *Lettres philosophiques* [Cf. a este respecto Rupert Hall cit. pág. 517 y Paolo Casini, *Newton e la coscienza europea* cit. pág. 79 y ss.]. En 1738 salió la primera edición de los *Elements de la philosophie de Newton* de Voltaire. A partir de 1740 los *Elements* de Voltaire se habían convertido en el mejor canal de divulgación del newtonismo disponible en el mercado europeo. Se tradujo en Alemania, en Venecia y también en Londres. (Casini, 98).

Exiliado en Londres, Voltaire había entrado en contacto con la comunidad científica que se reunía en torno a la Royal Society y allí intuyó que las ciencias exactas aplicadas a la filosofía natural podían dar una contribución capital a la causa de la Ilustración: la auténtica superioridad de los modernos sobre los antiguos. En 1736 Voltaire escribía a Olivet que "Newton es el hombre más grande que ha existido jamás; tan grande que los gigantes e la Antigüedad parecen a su lado niños jugando a las canicas". En Inglaterra Voltaire añadió una variante newtoniana al canto VII de su poema *La Henriade* (1728) sustituyendo una alusión a Descartes [Casini cit. 84].

En cierto modo con Voltaire empieza un equívoco acerca del newtonismo en la Europa continental, al que se han referido Rupert Hall y Casini, pues V. no dió un análisis de la fuerza de Newton como científico ni una definición de la racionalidad de Newton. "La adulación de N. por parte de Voltaire es un círculo vicioso: hemos de alabar a N. porque es racional pero no sabemos qué es la racionalidad tomando como regla a N. Aunque V. se sintió atraído por la ciencia de N. no tuvo ningún interés en profundizar sobre su método científico".

Del *Nullius in verba* de la Royal Society al verbalismo adulator de Newton por parte de Voltaire. El poeta Fernando Pessoa ha descrito muy bien esto. Escribió una vez: “El binomio de Newton es tan bello como la Venus de Milo. Lo que pasa es que hay poca gente que se dé cuenta de ello”.

Mientras que para Voltaire y los ilustrados N. fue el ejemplo del científico racionalista, materialista y moderno, hoy, gracias a los trabajos realizados de la década de los cincuenta por Rupert Hall y otros, sabemos que aquel hombre fue también, y tal vez antes que nada, teólogo y metafísico, continuador a su modo de la tradición renacentista de la alquimia y de la magia. Se ha llegado a decir recientemente que Newton no consideraba la ciencia como la ocupación principal de una vida, sino más bien como una ocupación de recreo que puede cultivarse cuando no hay nada más importante que hacer; y que, en el fondo, prefería la teología a la ciencia; que fue, tal vez, el último alquimista y el primer científico moderno. Si fue así, no hizo nada porque se supiera.

La vía de consolidación del newtonismo en Alemania ha sido principalmente Kant. En una forma diferente de la de los enciclopedistas franceses y en un ambiente en el que siempre hubo muchas más resistencias a la concepción mecanicista de la modernidad, en Prusia, también Kant contribuyó ampliamente a la difusión del newtonismo en el continente europeo precisamente al identificar el pensamiento científico de la época con la obra de Isaac Newton y hacer de ésta un paradigma. Como recogiendo el sentido de un verso que le dedicara, en Königsberg, el joven Reinhart Michael Lenz (“Sencillez en el pensar y naturalidad en la vida”), Kant repetía lo que otros muchos habían dicho antes. En este caso comparándolo con Rousseau:

“Newton vio por vez primera el orden y la regularidad combinados con la mayor sencillez allí donde antes de venir él sólo se encontraba uno con el desorden y la desorbitada variedad, y desde entonces discurren los cometas siguiendo un curso geométrico”.

O también:

“En el campo de las ciencias naturales Newton transformó el caos de las hipótesis físicas en un método seguro basado en la experiencia y en la geometría”. Algo así estaba por hacer en el campo de la filosofía primera. Se trataba, pues, de entender bien el giro metodológico que Newton imprimió en la física para ver hasta qué punto aquello era aplicable en el ámbito de la metafísica o filosofía primera.

Desde la *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo* (1755) hasta la primera gran *Crítica* (1781) las referencias de Kant a Newton son constantes, no siempre polémicas, pero casi siempre suponen una lectura sintomáticamente interesada.

La Historia general de la naturaleza y teoría del cielo es en buena parte una reflexión filosófica acerca de los resultados de la teoría física newtoniana; una reflexión en la que Kant se propone ir más allá de Newton al establecer una relación completa de interdependencia entre “experiencia” y “especulación” y preguntarse por la “causa de la armonía que se observa en la dirección y colocación de los círculos planetarios”. Una reflexión en la que se defienden los derechos del filósofo más allá de la empiria del físico: el mundo, según Kant, está lleno de “milagros”, pero son los “milagros de la razón”, pues lo verdaderamente milagroso, la prueba y el sello del carácter divino del ser, no deben buscarse en la excepción a las reglas de la naturaleza, sino en el carácter general y en la vigencia inquebrantable de esas mismas leyes.

Ya en 1763, en una Memoria premiada por la Academia de Ciencias de Berlín, Kant postula que “el auténtico método de la metafísica coincide en el fondo con el que N. introdujo en la ciencia de la naturaleza y que tan fecundos resultados dió en ella”. Y describe el método: “Investigar mediante experiencias seguras y en todo caso con ayuda de la geometría las reglas con sujeción a las cuales se desarrollan en la naturaleza ciertos fenómenos [...] Lo mismo ocurre en el campo de la metafísica: investigad mediante una experiencia interior segura, es decir, mediante la conciencia patente y directa, aquellos rasgos característicos que son implícitos de un cierto modo al concepto de ciertas cualidades generales, y aunque no conozcáis inmediatamente la esencial total de la cosa, podéis servirviros de ellas con toda seguridad para derivar de ahí mucho de lo que forma la esencia de la cosa misma”.

[Sobre newtonismo, además de las obras ya citadas: I.B. Cohen, *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Traducción castellana de Carlos Solís, Alianza, Madrid, 1982; Paolo Casini, *El universo máquina*.

Ediciones Martínez Roca, Barcelona, 1971. Sobre Kant y Newton: E. Cassirer, Kant: vida y doctrina, FCE, México, 1968, 65-66. Más detalles en E. Cassirer, El problema del conocimiento, traducción castellana: FCE, México, varias ediciones].

III. GOETHE CONTRA NEWTON

Para Goethe las preocupaciones estéticas y científicas eran una misma cosa. Goethe miraba a la naturaleza con ojos de artista y de investigador al mismo tiempo, aspiraba a calar en la hondura del fenómeno estético, pasaba continuamente del mundo mágico del poeta al mundo lógico del pensador. Como ha escrito Cansinos Assens en la presentación de su traducción al castellano del *Esbozo de una teoría de los colores*, "la belleza del jardín, la gracia efímera de la flor, la armonía de las formas vegetales le inspiran poemas georgicos al tiempo que meditaciones científicas", de las que sale, por ejemplo, su famosa *Morfología de las plantas*.

Goethe fue algo más que un aficionado a los temas científicos. A lo largo de su vida ha escrito sobre meteorología, botánica, zoología, antropología y geología. La comunidad científica le reconoció el descubrimiento del os intermaxilare en el hombre. Su doctrina de la metamorfosis ("Te moverás según normas eternas/a través de mil y mil formas/y tienes tiempo hasta que llegues a ser hombre", se dice en el Faust) prelude un tema capital de la ciencia del XIX, el tema de la evolución. También escribió Goethe sobre lo que hoy llamaríamos teoría de la ciencia.

La luz y los colores tenían para Goethe, del que se dice que murió con la palabra "Luz, más luz" en los labios, especial y doble atractivo: su vocación de pintor y de naturalista son conocidas. Pero el punto de partida y de retorno de sus investigaciones científicas fue siempre el arte, la mirada del artista; el objeto de sus estudios sobre las plantas y sobre la luz y los colores era afinar la mirada artística, su visión pictórica. Su afán es ser cada vez más verdadero y exacto en la expresión artística de sus emociones estéticas. [J.W. Goethe, Obras Completas, tomo I. Aguilar, Madrid, 1974, pag. 473 y ss.].

Goethe se interesó muy pronto por problemas de óptica y fue transcribiendo sus experimentos y reflexiones para una obra que primero tituló *Contribuciones a la Óptica* y que finalmente acabaría llamándose *Esbozo de una teoría de los colores /Entwurf einer Farbenlehre/*. Trabajó en eso durante diez años, entre 1810 y 1820. Estudió obras antiguas y contemporáneas que tratan de la luz y de los colores en el campo de la Física, comprobó experimentos realizados por otros, hizo y deshizo los suyos propios ideando aparatos y dispositivos nuevos encerrado en un cuarto oscuro, combinando prismas y lentes y manipulando el rayo de sol que penetra por el pequeño resquicio abierto en la madera de la ventana.

El centro de la atención crítica de Goethe fue precisamente la entonces ya famosa *Optica* (1672, 1675, 1704, 1730) de Isaac Newton.

La crítica goethiana de Newton se centra en los siguientes puntos:

1º Sobre (la supuesta) acomodación newtoniana de los experimentos a la teoría: "Newton abusa de esa modalidad combinada [de las experiencias a los principios, de los principios a las experiencias] de exposición mañosamente para sus fines, dando por sabido lo que debe indicar, explicar y demostrar y entresacando de la muchedumbre de los fenómenos aquellos que de modo aparente y precario compaginan con las tesis enunciadas y realizando y también los experimentos a su capricho sin orden ni concierto.. [J.W. Goethe, *Esbozo de una teoría de los colores*, en Obras, ed. cit. pág. 635]

2º Sobre el uso de los instrumentos como "martirización" de la naturaleza y la crítica de los experimentos de N. [ibid. pág. 640 y ss]: "N. somete a la luz blanca a varias condiciones, sobre todo a unos medios refringentes que desvían la luz de su trayectoria [...] dispone de diversos modos el espacio en que opera, limita la luz por pequeños orificios, por diminutas ranuras, y, luego de haberla martirizado así de cien maneras distintas, afirma que todos esos condicionamientos no tienen más influencia que la de activar las disposiciones de la luz para que se abra la interioridad de ésta y se manifieste su contenido".

3º Sobre el carácter reductivo de la noción misma de "rayo de luz". Goethe "presupone conocida la luz", toma como punto de partida "la intangibilidad de la luz" y critica la "descomposición" de la luz llevada a cabo por Newton

4º Sobre la formulación matemática de la doctrina newtoniana que junta la teoría de los colores con la óptica: "Con un método artificioso dio N. a su obra una apariencia tan seria y austera que los entendidos en cuestiones de forma la admiraban y los profanos se quedaban maravillados [...] por la venerable apariencia del tratamiento matemático". Y también en *Máximas y reflexiones*, 1281: "Goza N. fama tal como matemático, que el más torpe error, es decir, el de que la luz clara, eternamente diáfana, haya de componerse de luces oscuras, ha venido imperando hasta hoy, ¿y no son precisamente los matemáticos quienes defienden tercamente ese absurdo y como el alumno más vulgar lo repiten en palabras que ni pueden pensarse", [*Obras completas*, volumen 1, pág. 457].

En general la opinión de los científicos y de los historiadores de la ciencia sobre la crítica de Goethe a Newton y sobre su formulación alternativa de una teoría de la luz y de los colores ha sido negativa. [Para la valoración y crítica del error científico de Goethe: Manuel Sacristán, "La veracidad de Goethe", prólogo a la traducción por José María Valverde de *Obras Vergara*, Barcelona, 1963, págs. 12-14. El ensayo de Sacristán está ahora recogido en: MSL, *Lecturas*, Icaria, Barcelona, 1985. Existe, por otra parte, una edición relativamente reciente en castellano de J.W. Goethe, *Teoría de los colores* en la colección de Tratados publicados bajo la dirección de José López Albadalejo y el Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Murcia. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Madrid, 1992. Lleva una amplia introducción de Javier Arnaldo y una interesante orientación bibliográfica. En la introducción, Arnaldo documenta con textos del propio G. los motivos que le llevaron a los estudios sobre el color, *ibid.* pág. 12 y ss.. Una revisión de la polémica de Goethe contra la teoría newtoniana de los colores en: Dennis L. Sepper, *Goethe contra Newton. Polemics and the projec for a new science of color*. Cambridge University Press, 1988. El autor mantiene que la condena de Goethe por parte de los científicos contemporáneos y de los historiadores de la ciencia por este episodio se han basado generalmente en un equívoco acerca de la teoría newtoniana de la luz y del color, por una parte, y acerca del método de Goethe por otra. Sepper aborda los aspectos más relevantes de la tesis de Goethe en el plano metodológico y experimental, así como desde la perspectiva filosófica y revaloriza sus opiniones como un precursor de puntos de vista actuales]

Manuel Sacristán, en el prólogo citado, menciona esta reflexión de Carl F. von Weizsäcker en el Epílogo a la edición hamburguesa de los escritos científicos de Goethe que es un buen punto de partida para reflexionar: "¿Cómo pudo equivocarse así un espíritu tan grande y abarcante? No se me ocurre más que una respuesta: erró porque quiso errar. Y quiso errar porque sólo con la cólera cuya expresión fue el error era capaz de defender una verdad decisiva".

Pero junto a este error hay tener, pues, en cuenta el acierto, "la verdad decisiva", que hay en las reflexiones filosófico-metodológicas del propio Goethe, sus ideas sobre teoría de la ciencia que aparecen también en *Farbenlehre*, en las *Máximas y reflexiones* y en *La morfología*. Un autor sensible e inteligente puede errar en la consideración científica de un asunto concreto (como es en este caso la teoría de la luz y los colores) y, sin embargo, estar apuntando al mismo tiempo a problemas interesantes para el conjunto de la comunidad científica. Ese es el caso de Goethe cuando escribe sobre:

1º La intrincada relación de la teoría con la experiencia

2º El concepto de hipótesis: "Curiosísima exigencia ésta, presentada sin duda alguna vez, pero incumplida siempre incluso por los que la esgrimen: que hay que exponer las experiencias sin conexión teórica alguna, dejando que el lector, el discípulo, se formen a su arbitrio la convicción que les plazca. Pero el nudo mirar una cosa no puede hacernos adelantar. Todo mirar se convierte naturalmente en un considerar, todo considerar en un meditar, todo meditar en un entrelazar; y así puede decirse que ya en la simple mirada atenta que lanzamos al mundo estamos teorizando" [*Esbozo de una teoría de los colores*, Prólogo. ed. cit. pág. 478; la traducción varía un poco respecto de la aquí citada que está tomada del Prólogo de M. Sacristán, a *Obras Vergara*, pág. 18]

3º La crítica del mecanicismo, de los límites del análisis reductivo/crítica del carácter desequilibrado de la ciencia moderna: "Potente en el conocimiento unilateral de una naturaleza sin nombre, debilísima en el conocimiento del hombre hasta bien entrado el siglo XIX" (Manuel Sacristán, Prólogo cit. cit. 23)

4º Tendencia a colocar la síntesis por encima el análisis.

5º Aspiración a la percepción intuitiva del todo, al pensamiento global intuitivo contraponiéndola a la resignada fragmentariedad del abstracto científico.

6º Armonización de ciencia y poesía: “En ningún caso se quería reconocer que la ciencia y la poesía son unificables. Se olvidaba que la ciencia ha nacido de la poesía, no se admitía que “tras un cambio de los tiempos”, ambas pudieran volver a encontrarse amistosamente y para recíproco provecho en un lugar más alto”, en *Zur Morphologie (La morfología)*.

Hay, por tanto, un elemento “conservador” y un elemento “futurista” en la aspiración de Goethe. Una racionalidad que supere la escisión de sujeto y naturaleza, desarrollo armónico integral de la cultura, de todas las ramas del hacer humano: ningún elemento de la realidad da un ser verdadero si se le contempla aisladamente.

[Más detalles para la valoración de la teoría goethiana de la ciencia en: F. Fernández Buey, *La ilusión del método. Ideas para un racionalismo bien temperado*. Crítica, Barcelona, 1991, págs. 162-170].

INDICACIONES BIBLIOGRAFICAS

I. [Textos:](#)

I. **Newton**, *El sistema del mundo*. Madrid, Alianza Editorial, varias ediciones [reproducido en SARPE, Madrid, 1983].

I. **Newton**, *Óptica o Tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Edición de Carlos Solís. Madrid, Alfaguara, 1977.

J.W.Goethe, *Esbozo de una teoría de los colores* [Entwurf einer Farbenlehre], en *Obras Completas*, tomo I. Aguilar, Madrid, 1974, pag. 473 y ss.

o

J.W. Goethe, *Teoría de los colores*. Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Murcia. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Madrid, 1992.[Lleva una amplia introducción de Javier Arnaldo y una interesante orientación bibliográfica].

II. [Contexto e interpretaciones:](#)

A.Rupert Hall, *From Galileo to Newton*. Dover Publications. New York, 1981.

Gale E. Christianson, *Newton (1642-1727)*. Barcelona, Salvat, 1989, dos volúmenes [biografía muy completa]

Maurizio Mamiani, *Introducción a Newton*. Madrid, Alianza, 1995 [pone el acento en la caracterización del método científico de N.]

I.B.Cohen, *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Traducción castellana de Carlos Solís. Alianza, Madrid, 1982.

Paolo Casini, *El universo máquina*. Ediciones Martínez Roca, Barcelona, 1971. [Consultar capítulo 1, págs. 26-61, sobre Newton; en los capítulos siguientes se analiza la obra de los principales discípulos de Newton]

E. Cassirer, *El problema del conocimiento*, traducción castellana: FCE, México, varias ediciones [para los aspectos epistemológicos y metodológicos de la obra de Newton]

III. [Goethe contra Newton:](#)

Manuel Sacristán, “La veracidad de Goethe”, prólogo a la traducción por José María Valverde de J.W. Goethe, *Obras*. Vergara, Barcelona, 1963. [El ensayo de Sacristán está ahora recogido en: MSL, *Lecturas*, Icaria, Barcelona, 1985]

Dennis L. Sepper, *Goethe contra Newton. Polemics and the projec for a new science of color*. Cambridge University Press, 1988. [detallado y renovador análisis de la polémica]

F.Fernández Buey, *La ilusión del método*. Crítica, Barcelona, 1991. [Consultar capítulo 9: “La metáfora en la ciencia”, págs. 153-169].

Georges Gusdorf, *La savoir romantique de la nature*. Paris, Payot, 1985. [Consultar: sobre todo la Introducción, págs. 13-45].