





A HOMBROS DE GIGANTES

El poeta inglés Alexander Pope escribió el siguiente epitafio para la tumba de Isaac Newton: «La naturaleza y las leyes de la naturaleza estaban ocultas en la noche. Dios dijo: ¡Hágase Newton! Y todo fue luz.»

Escrito por **Bernardo Herradón** / Ilustrado por **José Moreno**

El epitafio de Pope nunca se usó pero ha perdurado como ejemplo de la admiración que Newton despertaba. Asimov en su ensayo «¿Quién fue el científico más grande que jamás existió?» responde: *contestar a esta pregunta es fácil, lo difícil sería contestar a la pregunta «¿quién es el segundo científico más grande?»*, pues en su opinión no hay discusión de que es Newton.

¿Por qué Newton es el científico más grande de la historia?

Por su obra científica y por ser el padre de la ciencia moderna. Pero también porque hasta Newton, los científicos mantenían cierto complejo de inferioridad respecto a los filósofos naturales griegos. Sin embargo, Newton con su sencilla elegancia creó una nueva manera de explicar la naturaleza con una herramienta poderosa: las matemáticas.

Cómo empezó todo: una importante reunión y una visita

La gran obra de Newton empezó en su ausencia. En enero de 1684, durante una reunión en Londres de tres miembros de la *Royal Society*: Wren, Halley y Hooke, donde debatieron sobre la validez del modelo copernicano del universo y de las leyes de Kepler. Se preguntaban por la causa de que los planetas girasen y qué ley obedecían. Hooke, científico poderoso y prepotente, mantuvo haberlo demostrado, sin aportar demostración alguna. Cansado de esperar la demostración de Hooke, Halley se trasladó a Cambridge para consultar con Isaac Newton. Allí, Halley, le preguntó: «¿Cómo debería ser la trayectoria de un cuerpo que se moviese con una ley que cumpliera una regla inversamente proporcional al cuadrado de la



distancia?». Newton respondió: «una elipse» y «la magnitud física a considerar es la fuerza» (que en aquella época era un concepto no bien definido). Halley preguntó que cómo lo sabía, a lo que Newton respondió: «porque lo he calculado». Halley le pidió la demostración, ofreciendo que la *Royal Society* asumiría los gastos de publicación. Newton envió la demostración a Halley y explicó su teoría en sus clases de Cambridge y en la revista de la *Royal Society* (*Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1685).

Newton con su sencilla elegancia creó una nueva manera de explicar la naturaleza. ¿Cómo lo hizo? Con una herramienta muy poderosa: las matemáticas.

Este es el origen del libro *Philosophiæ naturalis principia mathematica* [*Principios matemáticos de la filosofía natural*], conocido como los *Principia*, publicado el 5 de julio de 1687. Finalmente, debido a problemas financieros en la *Royal Society* (o quizás por la oposición de Hooke), los gastos fueron asumidos por Halley.

Los *Principia*, junto a *Los elementos de Euclides* (siglo III a.C.) y *El origen de las especies* de Darwin (1859), es uno de los libros fundamentales en la historia de la ciencia. Es un tratado con tres partes (o libros). En la primera parte, Newton expone los principios generales de la dinámica de los cuerpos móviles, donde presenta las tres leyes de Newton de la mecánica, y usa el concepto de fuerza como el fundamental de la mecánica.

La primera de ellas, la ley de la inercia, fue originalmente desarrollada por Descartes. El enunciado de Newton supuso una revolución que rompía con la física aristotélica, pues supone que un cuerpo puede estar en movimiento (con velocidad uniforme y trayectoria rectilínea) sin que sobre él se aplique una fuerza.

La segunda ley relaciona la aceleración de un cuerpo con la fuerza aplicada en la dirección del movimiento y que, además, la constante de proporcionalidad es la masa del cuerpo.

La tercera ley es el principio de la acción y reacción y explica que cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este reacciona con otra fuerza de la misma magnitud ejercida en sentido contrario.





El segundo libro de los *Principia* estudia la mecánica de los fluidos, el movimiento de los cuerpos en diversos medios resistentes y la teoría ondulatoria.

La tercera parte de los *Principia* es la más impactante, donde describe el movimiento de los planetas y cometas alrededor del Sol, de los satélites alrededor de los planetas; la influencia mutua de todos los astros y lo que es más importante, que las leyes de la mecánica terrestre son las mismas que las de la mecánica celeste, y la fuerza con la que la Tierra atrae a una manzana es la misma con la que atrae a la Luna. Este tercer libro se denomina *El sistema del mundo*. En 1728, tras el fallecimiento de Newton, se encontró un manuscrito en inglés y más divulgativo que la tercera parte de los *Principia*, que se publicó independientemente.

Newton y sus contradicciones

En una importante contradicción, el científico más importante de la historia dedicó parte de su vida a prácticas pseudocientíficas e irracionales, como la alquimia y el estudio de textos religiosos (para hacer profecías).

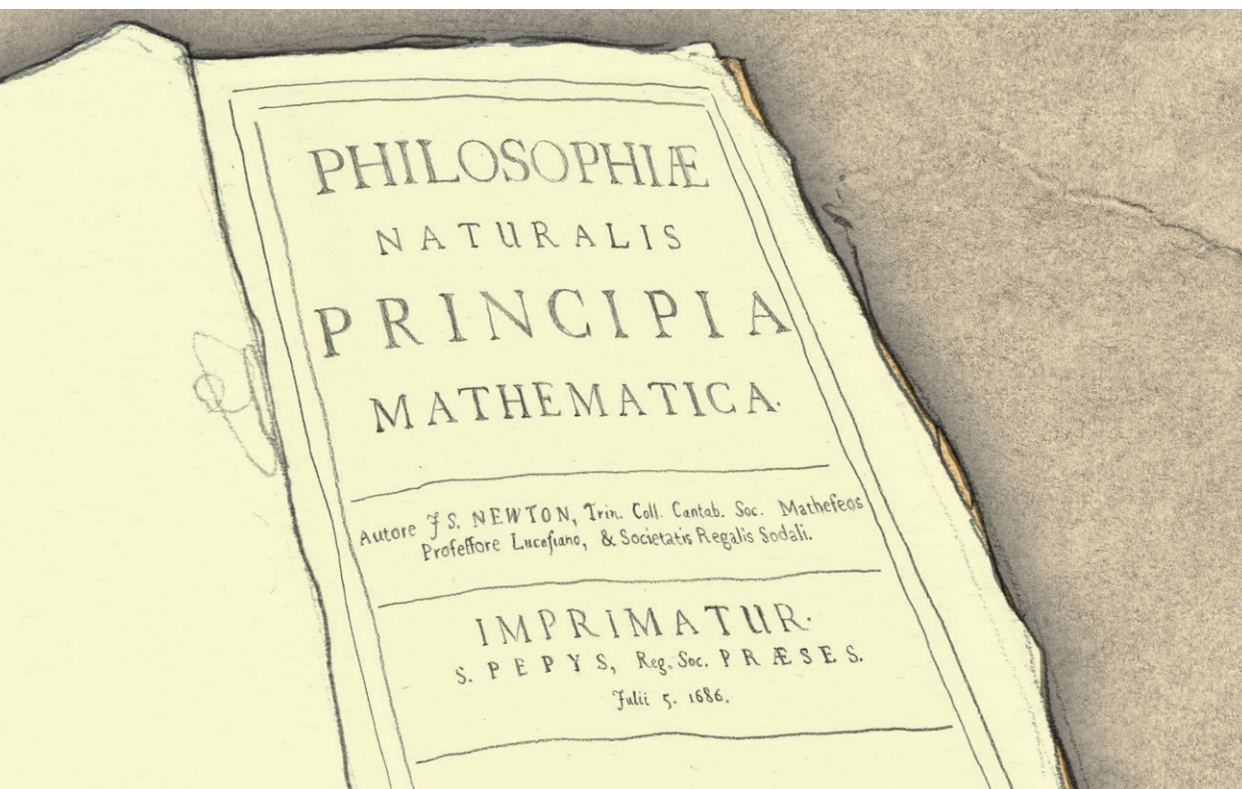
Esto nos lleva a la siguiente reflexión: ¿cómo se deben juzgar a las grandes personas de la historia? ¿Por sus grandes obras o por el conjunto de toda su obra? La opinión generalizada es que debemos juzgarlas por sus grandes obras, por eso, debemos ser indulgentes con Newton y su dedicación a la alquimia y a la teología y solo lamentar qué hubiese ocurrido si hubiese dedicado todos sus esfuerzos a la ciencia.

Un agrio carácter forjado en su infancia y juventud

Nació un 25 de diciembre de 1642 en la hacienda familiar Woolsthorpe Manor en Lincolnshire. Su padre, también llamado Isaac, falleció tres meses antes. La granja familiar era relativamente productiva, permitiéndoles vivir con cierto desahogo.

En 1645, su madre -Hannah Ayscough- se casa con Barnabas Smith, un acomodado pastor religioso de un pueblo próximo al que se trasladó mientras que Isaac Newton fue dejado con su abuela materna, con la que no se llevaba muy bien.

Con la publicación de los Principia la percepción del universo cambió; nos dimos cuenta de que la mente humana [...] era capaz de desvelar las leyes de la naturaleza



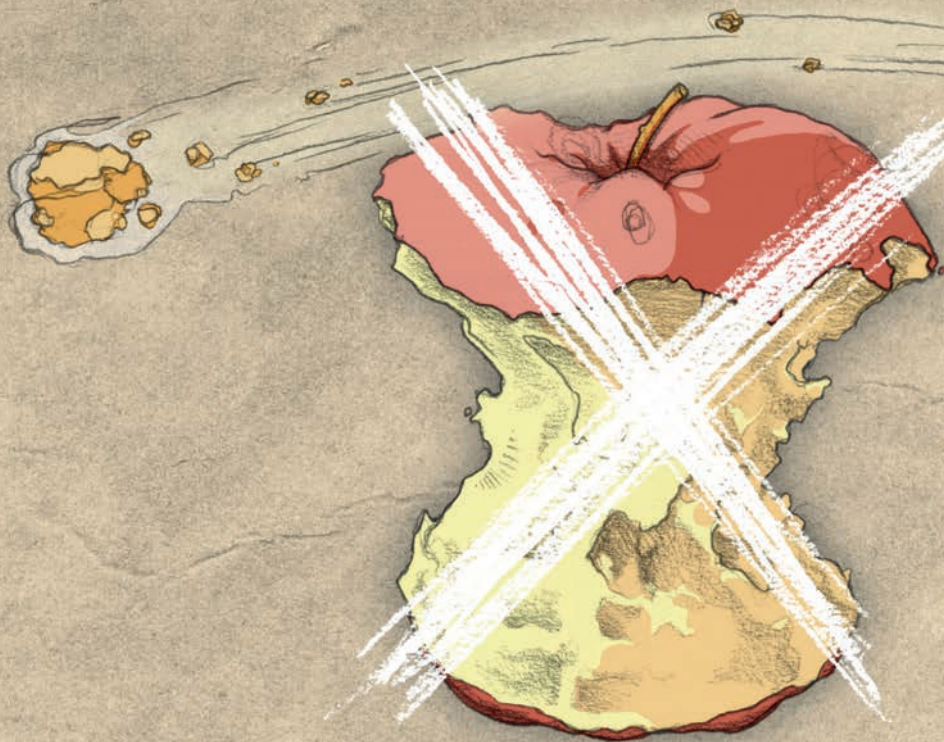
Este alejamiento de su madre fue muy negativo para el carácter de Newton, que siempre tuvo un rencor enorme hacia ella. Ocho años después, Hannah envió por segunda vez y volvió a Woolsthorpe como una persona sin problemas económicos gracias a lo heredado de sus matrimonios. Newton, en 1655 se trasladó a Grantham para asistir a la escuela King Edward VI y se aloja en casa del boticario (Sr. Clark), con cuya hija tuvo cierta amistad (una de las pocas en su vida). Esta fue su etapa más feliz.

Se ha dicho que Newton era un estudiante mediocre, sin ser cierto. Era inteligente, estudioso, curioso y con buena capacidad manual, que fabricaba objetos mecánicos con la ayuda del Sr. Clark. En 1659, Hannah quiere que Isaac se haga cargo de la hacienda familiar pero este no está dispuesto, ya que prefiere estudiar. Siguiendo los consejos de su profesor en Grantham (Sr. Stokes) y de uno de los hermanos de su madre (William), Isaac es enviado otra vez a la escuela de Grantham para ingresar en la Universidad de Cambridge.

Newton en Cambridge como estudiante

En el verano de 1661, ingresó como *subsizar* en el *Trinity College* de la Universidad de Cambridge, donde su tío William Ayscough había sido también alumno. Los *subsizar* eran estudiantes pobres que realizaban trabajos de sirvientes de alumnos ricos a cambio de permitírseles estudiar en la universidad. Este dato ha sido frecuentemente mencionado para poner de manifiesto la «humildad económica» de la familia Newton sin ser cierto, ya que su familia estaba en una buena posición económica para permitírse mantener al primogénito en la universidad.

Entonces ¿por qué Newton ingresó como *subsizar*? Podría ser una represalia de su madre por su mala relación, aunque la explicación más plausible es que Newton sirvió como *subsizar* de un conocido de su pueblo, Humphrie Babington, que solo iba a permanecer unas pocas semanas en el recinto universitario, por lo que Newton estaría liberado de las tareas y dispondría del alojamiento.



La enseñanza en Cambridge estaba muy apegada a los principios aristotélicos, lo que decepcionó a Newton, hasta que conoció a Barrow, que enseñaba Matemáticas y Física. Motivado por Barrow, empezó a estudiar por su cuenta con influencias de Euclides, Wallis, Copérnico, Kepler, Galileo, Gassendi y, especialmente, Descartes. Estos son algunos de los gigantes a cuyos hombros se aupó.

Para su enseñanza autodidacta, Newton empezó a escribir apuntes e ideas en cuadernos, que denominó **Questiones Quaedam Philosophicae** [*Algunas cuestiones filosóficas*] y que actualmente están catalogados y muestran sus amplios conocimientos y creatividad científica. Estos cuadernos contienen la descripción de la construcción de numerosos aparatos científicos, experimentos en física y observaciones astronómicas. En 1665, se licenció pero la gran epidemia de peste que asoló Londres obligó a cerrar la universidad y Newton se trasladó a la granja familiar.

El bienio milagroso (1665-1666): las increíbles aportaciones científicas de un joven

En Woolsthorpe Manor, Newton se dedica a hacer experimentos, a pensar y a escribir (sin intención de publicar). En ese breve espacio de tiempo, un joven de apenas 23 años pone las bases de la ciencia moderna.

Entre sus logros más significativos, consigue generalizar el teorema del binomio $(1+x)^n$. Además, se dio cuenta de la importancia del estudio de cómo varía una magnitud física y lo aplicó a la velocidad y a la aceleración, por lo que a este método se denomina cinemático. También creó el cálculo diferencial e integral y halló que las ecuaciones diferenciales son una buena herramienta para estudiar la naturaleza.

Si bien es cierto, muchos historiadores de la ciencia consideran que Barrow es el auténtico creador del cálculo diferencial; aunque este nunca reclamó la prioridad del avance. También es verdad que falleció antes de que se generase la polémica sobre dicha prioridad.

Durante su estancia en la granja, Newton realizó experimentos de óptica, encontrando que la luz blanca se puede descomponer en colores cuando atraviesan un prisma tallado y que los colores se pueden recombinar para volver a generar luz blanca. También trabajó en el pulido de lentes, revelando la aberración cromática de los telescopios refractores, lo que le llevó al diseño de un nuevo telescopio (el reflector o newtoniano), que usa espejos en vez de lentes para captar la luz. En esta época esboza su teoría corpuscular de la luz y realiza las primeras observaciones astronómicas. Cualquiera de estas aportaciones por separado le haría merecedor de un puesto destacado en la historia de la ciencia.

Profesor en Cambridge, la óptica, la Royal Society y las primeras polémicas

Tras la amenaza de peste, Newton regresó a Cambridge, donde describió a Barrow sus hallazgos de los dos años anteriores. En 1667, es nombrado instructor en Cambridge, con el apoyo de Barrow, que en 1669 le cedió la cátedra Lucasiana.

Tres años después presentó en la *Royal Society* los resultados sobre óptica que incluyeron demostraciones experimentales, mostrando su telescopio reflector, que causó gran impacto. También presentó su teoría corpuscular de la naturaleza de la luz. Como consecuencia de esta demostración, Newton fue invitado a ser miembro de la *Royal Society* y a publicar sus resultados.

En esta época surgió el primer conflicto con Hooke. Este le reprochó que su teoría era poco rigurosa (poco matemática), lo que ofendió a Newton, que consideraba que solo era ciencia lo que se podía explicar matemáticamente. Por otro lado, Hooke no estaba de acuerdo con la teoría corpuscular, pues era partidario de la naturaleza ondulatoria de la luz. También consideraba que los colores generados por el prisma eran un artefacto experimental. Además, Hooke le acusó de haber usado material de su obra «Micrographia» sin citarla adecuadamente.

Estos reproches hicieron que Newton no quisiera publicar resultados científicos, pues no aceptaba las críticas. Además, Hooke era una persona muy influyente en la ciencia inglesa con importantes cargos en la *Royal Society*, primero como responsable de los experimentos (*curator*) y desde 1677, como secretario. Por esta razón, su gran tratado sobre óptica «Opticks or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light» no se publicó hasta 1704. En este libro también presenta una serie de cuestiones sobre diversos fenómenos científicos (calor, electricidad, etc.) de actualidad en la época y describe secretos para pulir espejos y hacer prismas.

Los orígenes de la moderna teoría de la gravitación

Desde la época de los griegos se conocía la gravedad pero se consideraba que era una tendencia de los cuerpos (llamados graves) a caer. Por supuesto, no se sabía su causa y no se podía explicar por qué todos los cuerpos celestes no colapsan en el centro del universo. En esa época (1684) ya había información sobre la gravitación, aunque dispersa en varios escritos. Cabe destacar las aportaciones de Gilbert y Kepler, que consideraban que la causa de la gravedad era debida al magnetismo. Por otro lado, Descartes consideraba que no existía el vacío y la gravedad era consecuencia

de torbellinos (vórtices) entre partículas de materia. Huygens elaboró las matemáticas necesarias para la acción centrífuga (fundamental para entender el movimiento de los astros). Aunque logró esta fórmula en 1659, no la publicó hasta 1673 como un apéndice a una de sus obras sobre el reloj de péndulo. Sin embargo, no se le ocurrió aplicar su fórmula al movimiento de los astros; pues Huygens, como buen cartesiano, intentó explicar la gravitación usando la teoría de los vórtices de materia.

En 1643, el físico francés Gilles de Roberval planteó la hipótesis de que la gravedad es una fuerza universal, pero su teoría no tenía respaldo matemático. Veinte años después, Borelli propuso que la gravedad de los planetas está contrarrestada por una tendencia centrífuga. Posteriormente, Hooke propuso que el movimiento de los cometas alrededor del Sol está regido por los mismos principios que explican el movimiento del péndulo.

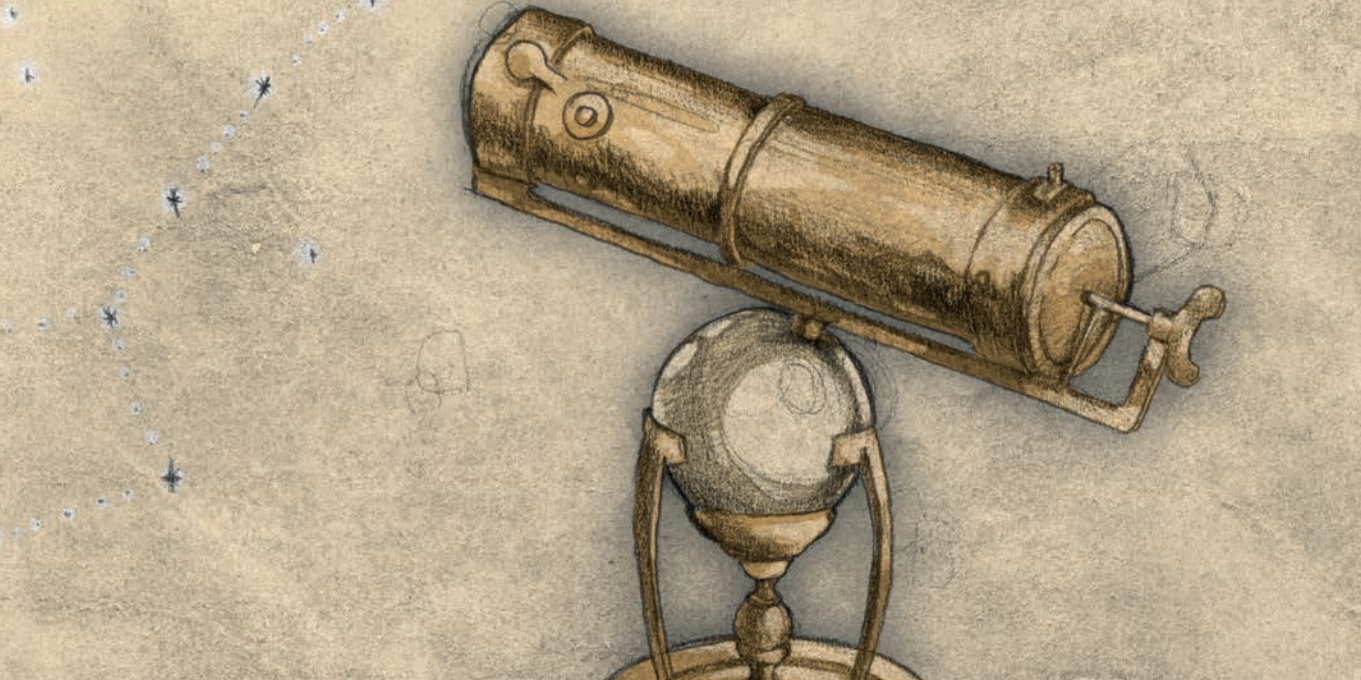
Pero ninguna de estas aportaciones anteriores se puede considerar como una teoría de la gravitación, pues no estaban expresadas de manera matemática.

Lo que aportaron los Principia

La publicación de los *Principia*, se la debemos al empeño de Halley, a pesar de las reticencias de Newton a publicar. Los *Principia* constituyen la culminación de la revolución científica y el inicio de la ciencia moderna. Newton fue capaz de apreciar su carácter universal, relacionarla con las leyes de la mecánica que había enunciado y expresarla de forma matemática. Un salto de gigante.

Newton establece que la gravedad es una fuerza universal, que todos los cuerpos se atraen entre sí; es decir, que la Tierra atrae a la Luna, pero esta atrae a su vez a la Tierra. Además, establece que la fuerza entre dos objetos es directamente proporcional a su masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Asimismo, los objetos se pueden considerar como puntos geométricos con toda su masa concentrada en el centro. Puesto que tratamos con fuerzas, estas producen aceleración. Encuentra que la aceleración que la Tierra ejerce sobre la Luna es la misma que la que ejerce sobre un cuerpo en su superficie.

Para explicar por qué la Luna no cae sobre la superficie de la Tierra, propone la existencia de acciones de efectos contrarios. Por un lado, el movimiento uniforme y rectilíneo y por otro lado, la existencia de una fuerza centrípeta que «tira» de la Luna hacia el centro de la Tierra.



Cuando expresa matemáticamente estas ideas, el resultado es que la trayectoria de un astro alrededor de otro es una elipse (primera ley de Kepler) y que se cumplen las otras dos leyes de Kepler.

El sistema planetario propuesto por Newton era mucho más complejo que el de Kepler, pues en este, la única influencia que sufren los planetas es la del Sol, mientras que en el sistema newtoniano, todos los astros se influyen. Quizás por las dudas de la prioridad de Newton sobre la teoría de la gravitación, surge la historia de la manzana. Newton contó a su editor la anécdota de la manzana al final de su vida: *que viendo caer una manzana de un árbol se dio cuenta de que la fuerza que la atraía al suelo es la misma que atraía la Luna hacia la Tierra*. Hay muchas dudas de que esta historia sea cierta. En primer lugar ¿por qué iba a necesitar la mente más brillante del planeta ver caer una manzana para sacar estas conclusiones? Por otro lado, al editor le vino muy bien la anécdota como gancho para atraer compradores de los libros de Newton.

Además, en aquella supuesta época (1665) Newton no disponía de datos astronómicos tan exactos como los que disponía en 1684; como la altitud de Marte o un cálculo más preciso de la distancia del Sol a la Tierra. También dispuso de datos de la órbita de un cometa que cruzó los cielos en 1680, que fueron calculados por Flamsteed, el astrónomo real y que quizás Newton usó sin su conocimiento (se dice que se los proporcionó Halley).

Impacto de los Principia

En 1687, con la publicación de los *Principia*, la percepción del universo por el ser humano cambió; nos dimos cuenta de que la mente humana, con la ayuda de las matemáticas, era capaz de desvelar las leyes de la naturaleza, que la astronomía era una ciencia computable y que las leyes terrestres son también las celestiales (y viceversa). El ser humano adquiere nuevos hábitos mentales y nuevos métodos de investigación.

Con la teoría de la gravitación, Newton demuestra que una única fuerza universal, actuando en el vacío, es responsable de mantener a los planetas en sus órbitas alrededor del Sol, mantener a los satélites en sus órbitas, provocar la caída de los cuerpos y mantener a los objetos sobre la Tierra y originar las mareas. Además, se demuestra que la Tierra es un esferoide achatado en los polos e hinchado en el ecuador.

Aunque la recepción de los *Principia* fue favorable casi unánimemente, también recibió críticas. Las principales fueron que era una acción a distancia a través del vacío y que no se conocían las causas. Actualmente, la física moderna es capaz de contestar a estas dos preguntas; con las que Newton no se atrevió a especular. La famosa frase *hypotheses non fingo* (que libremente se podría traducir como «no avanzo hipótesis») se publicó en la segunda edición de los *Principia* y es una demostración de la filosofía de la ciencia de Newton. Sin embargo, aunque nunca

lo publicó, Newton especuló sobre la naturaleza de la atracción gravitatoria; suponiendo la existencia de un éter que lo impregnaba todo (reminiscencia aristotélica) y que la gravedad es la tendencia de los cuerpos a moverse en la dirección en la que el éter es menos denso. Sin embargo, a Newton le gustaba decir que la causa de la gravitación es Dios.

Un científico en retirada

En 1689, es elegido miembro del Parlamento por la Universidad de Cambridge, siendo su paso por la institución anodino. Un año después sufrió una grave crisis psíquica que le situó al borde de la locura. Aunque se recuperó nunca volvió a producir ciencia original.

En 1696, fue nombrado inspector de la Casa de la Moneda y cuatro años después fue nombrado presidente, puestos de gran influencia, donde hizo una gran aportación tecnológica, inventando el troquelado del canto de las monedas; evitando que se pudiesen recortar limando los cantos, ya que en aquella época eran de metales nobles.

En 1703, fue nombrado presidente de la *Royal Society* y poco tiempo después apareció la primera edición de su libro sobre óptica con los descubrimientos de muchos años antes. En 1705, fue nombrado caballero (Sir) por la reina Ana. Fue en esta época cuando comenzaron las controversias con Leibniz sobre la paternidad del cálculo diferencial e

integral. Newton no dudó en usar todo su poder e influencia para desprestigiar a Leibniz y a sus seguidores. Falleció el 20 de marzo de 1727 a los 84 años de edad, teniendo una vida muy longeva, gozando de buena salud, exceptuando la crisis psíquica y solo al final de su vida tuvo algún problema renal y urinario. Nunca necesitó gafas y mantuvo todos los dientes excepto una pieza. De manera póstuma se publicaron algunas de sus obras, como las de estudios religiosos (que constituyen el quinto tomo de su *Opera omnia*) o el texto *El sistema del mundo*.

La imagen de Newton

La vida de Newton tiene muchos claros y sombras. Los claros son sus espectaculares aportaciones científicas. Cuando Newton publica su tratado sobre óptica, su prestigio en Inglaterra y gran parte de Europa es inmenso; especialmente gracias a la labor divulgadora de algunos eruditos franceses como Mme. Le Chatelier, Fontenelle y especialmente, Voltaire.

La imagen que la gente tiene de Newton es de una mente prodigiosa, buen orador, vida recoleta, trabajador infatigable, tenacidad, modestia y frugalidad. Solo el círculo científico-filosófico que rodeaba a Leibniz se atrevía a poner en duda esta imagen. Puesto que la influencia de Leibniz y sus seguidores era grande en Europa, la imagen de Newton fue casi una cuestión de estado: por un lado la alianza franco-británica y por otro el bando germánico (incluyendo a Huygens).

Actualmente, sabemos que Newton no poseía todas las buenas cualidades que sus partidarios transmitían. No fue un buen orador (quizás debido a su extrema introversión), como revela la famosa anécdota de que solo pidió una vez la palabra como parlamentario para solicitar que cerraran una ventana.

Aunque las famosas frases «si he visto más lejos ha sido porque he estado aupado a hombros de gigantes...» o «soy como el niño que juega con piedras y conchas a la orilla del inmenso océano de la verdad permanece desconocido...» se han apuntado como muestras del carácter modesto de Newton, son solo dos gotas de agua en la inmensidad de su trayectoria. La primera de las frases fue especialmente dedicada a Hooke (que era deforme físicamente), con el que mantuvo una disputa que duró décadas (más allá de la muerte de Hooke) y la segunda posiblemente tenga más que ver con su visión religiosa (alguna reminiscencia de San Agustín) que con su visión científica. Si hubiese que definir brevemente a Newton como ser humano, sería diciendo que fue una mala persona.

No fue capaz de resolver las disputas con argumentos científicos y usó su poder e influencia para desprestigiar a cualquiera con el que tenía alguna controversia. Se ensañó especialmente con Hooke. Siendo presidente de la *Royal Society*, Newton destruyó cualquier vestigio de aquel, que recientemente ha sido redescubierto por los historiadores de la ciencia como un gran científico con múltiples aportaciones en física o biología, además de ser un gran constructor de equipamiento científico y experimentalista.

También son famosas las discusiones de Newton con científicos tan destacados como Flamsteed (por los datos precisos del movimiento de un cometa), Huygens (sobre la naturaleza de la luz) y Leibniz (sobre la prioridad del descubrimiento del cálculo diferencial).

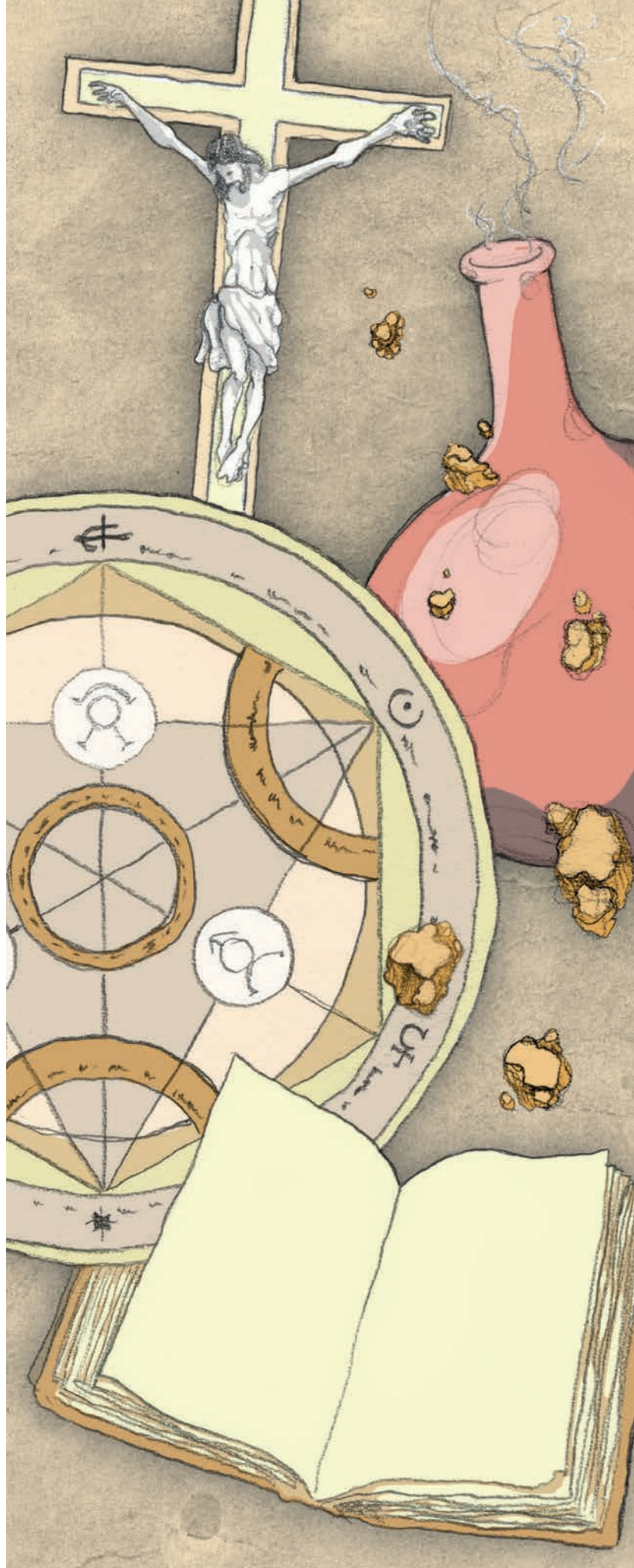
Huygens defendía una naturaleza ondulatoria de la luz y Newton (apegado al atomismo cartesiano) la corpuscular. Esta controversia se podría haber resuelto científicamente (dejarlo como dos teorías alternativas, que se han demostrado correctas), pero realmente hizo que Newton tuviese resentimientos hacia Huygens, mientras que este lo admiraba.

La controversia con Leibniz sobre la paternidad del cálculo diferencial e integral es histórica. Actualmente, se reconoce que los dos lo inventaron de manera independiente, siendo Newton el primero, pero la notación y metodología de Leibniz era más sencilla y asequible y es la que ha llegado a nuestros días. Por no mencionar a Barrow, que posiblemente fue el verdadero inventor del cálculo diferencial en su forma moderna.

Como la mayoría de sus «enemigos» científicos fallecieron antes que él, este tuvo oportunidad de atacarlos incluso después de muertos. Y en este aspecto negativo, habría que mencionar su carácter misógino. Aparentemente, excepto con su madre, su abuela y la hija del Sr. Clark, se relacionó con pocas mujeres y en la mayoría de los casos, las relaciones no fueron muy cordiales. Por otro lado, fue una persona cruel, pues en su puesto de responsable de la Casa de la Moneda envió a muchas personas (falsificadores en su mayoría) a la muerte.

Dejando aparte sus características como ser humano, es indudable que la gran obra científica de Isaac Newton es una de las cumbres de la cultura universal.





Agradecimientos

Este artículo, escrito por un químico interesado por la historia de la ciencia y de los científicos, es una más de las facetas que un investigador debe realizar dentro de su labor científica. Por esta razón, el autor quiere agradecer las principales fuentes de financiación de su investigación, los proyectos CTQ2010-19295 y MAT2014-54994-R del MINECO.