

LA MANZANA DE LA DISCORDIA

(Recuerdo de Newton)

Por FERNANDO HORTAL

Catedrático de Física y Química del Instituto «Lucía de Medrano» de Salamanca.

FRUTA excepcional, la manzana tiene intervenciones destacadas en la historia y en la fábula de la humanidad. Ha dado apellidos variados, como Manzano, Manzanera, Manzaneque, Pomar, Pomairols, Apfel, Appleton..., nombres geográficos, Manzanares, Pomerania, Pomárico, nombres comunes de lo más diverso, el pomo de la espada, el de la puerta, el de las confecciones olorosas, la pomada en él contenida o fabricada en forma de bola o poma, los pómulos, también llamados mlares, con la misma etimología que el ácido málico, la manzanilla, que tantas cosas designa —hierba aromática, variedad de aceituna, vino generoso, carcañal de los perros y gatos—, quizá la manzana de casas y tantos otros en los que se la ha tenido presente.

Entre las manzanas famosas recuerdo, por lo menos, la de Adán, la de Guillermo Tell, la de Blanca Nieves, la de Erida o de la discordia y la de Newton. Pero, trasponiendo términos, va a ser ésta última nuestra «manzana de la discordia».

De la discordia porque la gran mayoría de los estudiantes se equivocan y no están concordes en lo que pudo sugerir al genial investigador inglés. Pero de la discordia también porque, como veremos más adelante, surgieron graves conflictos acerca de la prioridad en los descubrimientos, porque las ideas de Newton sobre la gravitación universal tropezaron con grandes oposiciones y porque la misma manzana de Newton ha sido discutida y rediscutida, según vamos a ver.

Y más discordia, si me apuráis. El hombre acaba de conquistar la Luna; la prensa ha recordado a Julio Verne, a Cristóbal Colón —justísimos recuerdos, ciertamente— pero los físicos saben que todos los cálculos, todas las ideas que han permitido esa conquista, parten de la descripción del mundo celeste que hizo Newton; más aun, de todo su sistema científico que hizo nacer una nueva Física. ¡Y qué poco ha resonado en el hombre de la calle el nombre del genial científico! ¡Qué poco lo han nombrado los periódicos! ¿No es esto también una discordia, una falta de entendimiento de su personalidad o, por lo menos, un desacuerdo, una falta de recuerdo nada halagüeño? Creo justo dedicar, como un humilde homenaje a tan extraordinaria figura, un poco de reflexión sobre su obra en estos días de orgullo por haberse iniciado el dominio de los cielos, siquiera sea una reflexión deslavazada, como la que estas líneas pueden ofrecer.

Está muy extendida la creencia de que, descansando Newton bajo un manzano, vio caer uno de sus frutos y se le ocurrió la idea de que la Tierra lo atraía, formulando entonces su famosa ley de la gravitación universal. Incluso hay quien adorna la anécdota diciendo que le cayó en plena nariz. Esto o poco más (o bastante menos) es lo que saben de Newton muchos bachilleres. Yo no sé si real-

mente el gran físico inglés vería o no caer la célebre manzana. Fácil es que viera caer alguna, puesto que el manzano es árbol muy difundido y en su país, como en muchísimos otros, se cultiva, si bien ni el condado de Lincoln, donde nació, ni la localidad de Cambridge, donde se desarrolló, pertenecen a las regiones más manzaneras de la Gran Bretaña. No me interesa si realmente fue una manzana o no lo que le dio ocasión para desarrollar sus asombrosas creaciones. Lo que interesa destacar aquí es que su ley de la gravitación universal, cuyo conocimiento ha permitido los viajes interplanetarios, no fue algo aislado, sino parte de un todo que afectó a toda la Mecánica y, como consecuencia, a toda la Física. Interesa, sobre todo, hacer notar que Newton no fue sólo un creador, más o menos original, de una o dos leyes (posiblemente, al hacer pensar un poco a los estudiantes, éstos recuerden, además de la ley de la gravitación, el principio fundamental de la Dinámica, el tubo para estudiar la caída de los cuerpos en el vacío y el disco de los colores) sino un verdadero revolucionario, un reformador de toda la Física, mejor diríamos, el creador de la Física que hoy conocemos que es bien distinta de la que en su tiempo se conocía.

Parece que fue Voltaire quien puso en circulación la célebre anécdota de la manzana (aunque no en la forma, intencionadamente incorrecta, en que la he dejado expuesta) y atribuye su conocimiento de ella al relato que le había hecho Madame Conduit (Catalina Barthon), sobrina predilecta de Newton, con el que convivió muchos años. Otros autores, contemporáneos de Newton, exponen un relato semejante, como Pemberton, o parecen admitirlo, como Brewster. Por el contrario, hubo quien, según explica el historiador Coretés Pla, a quien voy siguiendo los pasos, rechazó terminantemente la «leyenda» de la manzana, como Foggendorf, Schopenhauer, Mach. Bloch, G. Loria, Gauss... Es interesante el modo como este último comenta la historia, que califica de «estúpida», porque es precisamente quien hace intervenir en ella a la nariz del sabio. «Para mí, decía, las cosas pasaron así: Sucedió una vez que cierta persona tonta e inoportuna preguntó a Newton cómo fue conducido a su gran descubrimiento y como este se apercibiera de que tenía frente a sí a un pobre de espíritu, para librarse de él, respondió que se debía a una manzana que le cayó en la nariz, con lo cual el otro se marchó muy satisfecho, creyendo estar perfectamente enterado».

Pero no hace muchos años volvió a ser tomada en consideración la historia de la manzana, gracias al eminente historiador científico Aldo Miceli, posiblemente por el conocimiento de una memoria de William Stukeley, sabio inglés muy amigo y admirador de Newton, que afirma que el mismo Newton le contó que había sido la caída de una manzana lo que le puso en disposición contemplativa.

El hecho es que se señaló un manzano determinado como «colaborador» del gran físico y fue visitado por turistas y conservado como una reliquia por el propietario de los bienes que habían sido de Newton, señor Turner, hasta que una tormenta lo derribó en el año 1820. En la Royal Society de Londres todavía se conservan restos del histórico manzano.

Pero viera o no viera caer la célebre fruta, en sus razonamientos tuvo que intervenir la caída de los cuerpos y vamos a ver si, poco más o menos, podemos seguir el hilo de los mismos.

Quede, ante todo, sentado el error crasísimo de los que entienden la anécdota tal como la relaté más arriba, es decir, que el descubrimiento consistió en admitir que la Tierra atrae a los cuerpos que están sobre ella.

No podía descubrir la fuerza atractiva de la Tierra, por la sencilla razón de que ya en su tiempo se conocía y se la designaba con el nombre de gravedad e, incluso, se llegaba a discutir si su intensidad sería inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, como lo hacía Halley, Wren y Hooke en 1684, tres años antes de publicarse la primera edición de los «Principia», dos años antes de la presentación del manuscrito a la Real Sociedad y casi uno antes de la comunicación a la misma de los fundamentos del sistema newtoniano. Ciertamente parece que Newton había hecho sus descubrimientos con bastante anterioridad, pero éstos eran aún desconocidos por el mundo científico, hasta el punto de que Hooke sostuvo con Newton una agria polémica, reclamando para sí la paternidad de la gravitación universal. Es más, los términos de la polémica citada demuestran que, no solamente la atracción de la Tierra sobre los cuerpos que se encuentran en su superficie era conocida, sino que incluso se tenían atisbos de que también los astros se atraen entre sí, y hasta de que esta atracción es de la misma naturaleza que la gravedad. La atracción de los astros por la Tierra había sido ya concebida por Anaxágoras; después habían emitido la misma idea, en forma más o menos explícita, Copérnico, Gilbert, Kepler, Boileau y, sobre todo, Borelli y el ya citado Hooke.

¿Dónde estuvo pues la genialidad de Newton? ¿Acaso en descubrir y demostrar la variación de la fuerza atractiva en razón inversa del cuadrado de la distancia? Mucha importancia tuvo este resultado cuantitativo, pero no es todo. Lo maravilloso del descubrimiento es que queda encuadrado en un cuerpo general de doctrina, la *Dinámica*, que a su vez es fundamento de toda una doctrina general, la *Mecánica Celeste*, lo que fue ampliamente demostrado por el descubridor.

Poco más o menos vendría a discurrir así: «La Tierra atrae a los cuerpos que están sobre ella. La Luna recorre su órbita porque es desviada constantemente de la trayectoria rectilínea que llevaría, en virtud del principio de inercia que yo mismo he admitido como un principio general de la Mecánica, si ninguna fuerza actuase sobre ella, precisamente porque la Tierra la atrae hacia su centro, luego puedo pensar que esas dos atracciones son de la misma naturaleza. La Tierra y los demás planetas giran alrededor del Sol del mismo modo que la Luna alrededor de la Tierra, de modo que puedo admitir también una fuerza atractiva del Sol sobre los planetas. Si admito que esta fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y hago cálculos, encuentro que deben cumplirse las leyes que ha establecido Kepler para el movimiento de los planetas. Pero si la Tierra atrae a la Luna no hay razón ninguna para suponer que no atrae también al Sol, cosa que, por otra parte, viene asimismo exigido por el principio de acción y reacción, otro de mis principios generales, luego la atracción es mutua; también la Luna debe atraer a la Tierra. Entonces me veo obligado a generalizar más aun: Los cuerpos en la superficie terrestre tienen que atraer a la Tierra. Y se me plantea una pregunta: ¿Por qué? La explicación más inmediata parece ser que lo hacen solamente por ser materiales. ¿Se atraerá toda la materia? Así debe de ser. Puedo pues sentar que todos los cuerpos se atraen en razón inversa del cuadrado de sus distancias. *Se pueden identificar las leyes que rigen los fenómenos terrestres con las que valen para los celestes*, al contrario de lo admitido por Aristóteles para quien no sólo son distintas las esencias del mundo terrestre y del celeste, sino que también son distintos los llamados *movimientos naturales* en la Tierra y en el Cielo; el movimiento *natural* en el mundo terrestre era, para

éi, vertical y dirigido en un sentido distinto, según sea el lugar del elemento que se mueve, mientras que en el mundo celeste el movimiento natural, eterno e inmutable, es el movimiento circular uniforme. Al contrario también de lo imaginado por Descartes, cuyos tres elementos básicos, «cuerpos luminosos», «cielos» y «torbellinos», causantes del movimiento de los astros, vienen a ser una transposición de las ideas aristotélicas».

Se empieza a ver la trabazón de unas ideas con otras. Se ve también cómo el cálculo tiene un papel decisivo en todos estos razonamientos. Luego veremos dificultades que van surgiendo y que el cálculo, la observación y la experimentación se encargarán de salvar.

El cálculo ha entrado definitivamente en la Física y esta es otra de las grandes obras de Newton. Pero también aquí, como en la gravitación, tuvo Newton sus precursores. El más decisivo fue indudablemente Galileo que escribía, a propósito de sus *nuevos métodos*: «Giudicate, signore Rocco, qual del due modi di filosofare cammini piú a seguro, o il vostro fisico puro e semplice o il mio condito con qualche spruzzo di matematica». Y efectivamente, Galileo experimenta, calcula y define, echando así los fundamentos de la Dinámica, concibe la aceleración y descubre que las velocidades de caída son proporcionales a los tiempos y no a los espacios, como creían los escolásticos en su interpretación de las ideas aristotélicas. La gran gloria de Galileo, dice Picard, es haber discernido en los fenómenos naturales el hecho de que las circunstancias determinantes del movimiento (que Newton definirá, más concisamente, como fuerzas) producen aceleraciones. La ley de inercia queda así prácticamente enunciada y, unida a las leyes de composición de movimientos que, concretamente en Galileo, consistieron en saber ver el movimiento de un proyectil como un movimiento compuesto de otros dos *independientes* el uno del otro, han tenido tanta transcendencia en la Mecánica que hoy hablamos de «sistemas galileanos» y de «transformaciones de Galileo» que son los pilares de la Física clásica que contrastan con las transformaciones de Lorenz que caracterizan la Mecánica relativista.

La talla de Huygens no es inferior a la de Galileo, al menos en la opinión del eminente físico M. Mach que lo considera como «su igual en todos los aspectos». Resolvió uno de los primeros problemas de la dinámica de varias masas cuando Galileo se había limitado a la dinámica de un solo cuerpo. Estudió las fuerzas variables, y sus investigaciones sobre la fuerza centrífuga han desempeñado un papel capital en el desarrollo de la mecánica.

Posiblemente sin estos dos antecesores no habría llegado Newton a sus geniales concepciones. ¿Qué queda, pues, para él? Ante todo la sistematización. Es él quien constituye definitivamente la Dinámica, quien hace de ella un cuerpo de doctrina lógica. Pero para ello no se limita a reunir materiales dispersos, sino que aporta sus propias creaciones. Es el primero que distingue claramente entre masa y peso, estos dos conceptos que aurf hoy día tanto dan que hacer en la enseñanza y se atreve a calificar el concepto de fuerza de «puramente matemático», idea que quizá no esté todavía en la mente de todos los profesores de Física. Para llegar a la sistematización de la Mecánica tiene que inventar un nuevo método de cálculo, su «método de fluxiones que ha pasado a nosotros con el nombre de cálculo diferencial». Pero también en ésto tiene sus competidores: Leibniz, que había llegado por la misma época a edificar también el cálculo diferencial (por cierto, con una notación que es la que se ha conservado, contrariamente a la de Newton, que

sólo se utiliza limitadamente en algunos estudios de Mecánica), reclamó para sí la prioridad y se entabló una larga y lamentable polémica que prosiguió durante todo el Siglo XVIII entre los matemáticos ingleses y los continentales, tomando caracteres de verdadero conflicto nacional.

Y con este instrumento y con su sistema —deducir de algunos hechos leyes generales para luego comprobar estas leyes, aplicándolas, mediante métodos matemáticos a otros innumerables hechos (en resumen, el método científico)—, elabora la mecánica que toma tal unidad, tal perfección que su autor mismo entrevió que esa ciencia ha de salir del ámbito para el que ha sido elaborada y expresa su idea de que «es de desear que todos los otros fenómenos naturales puedan igualmente derivarse de principios mecánicos», idea —el mecanicismo— con la que se ilusionan los sabios durante todo el Siglo XVIII y el XIX en los que, en efecto, van encajándose los fenómenos de la Física en el marco de las ecuaciones de la Mecánica newtoniana. Se piensa poder explicar todos los problemas, no sólo ya los físicos sino los de los más variados campos del conocimiento, por medio de fuerzas variables con la distancia, se llega al convencimiento de poder alcanzar una única premisa fundamental de la cual pueda deducirse la explicación de todos los fenómenos; hasta se cree haberla logrado en la ley de gravitación universal. ¡Lástima que los descubrimientos que dieron nacimiento en el actual siglo a las mecánicas relativista, ondulatoria y cuántica hicieron abandonar esta ilusión! Pero no, la idea de la unidad es más fuerte que toda la ciencia y en 1953 anunciaba Einstein que había logrado el «campo total», es decir, la reducción a un solo sistema de ecuaciones del conjunto de todos los fenómenos del Universo, tanto los del macrocosmos, tan estudiados en los siglos anteriores, como los del microcosmos que habían escapado a la Mecánica newtoniana, si bien tal sistema de ecuaciones no ha encontrado quien sepa resolverlo, ni siquiera su autor que murió sin conseguirlo. Vuelve el optimismo filosófico y hasta se ha afirmado que el día que se resuelva tal sistema la especulación física habrá terminado. Pero no nos hagamos ilusiones; también en el siglo pasado, cuando las ideas de Newton habían encontrado su expresión más sintética, por obra de Lagrange, en la Mecánica Analítica y de Laplace en la Celeste, cuando Volta descubría la pila eléctrica, Haüy escribía: «La electricidad, enriquecida por los trabajos de tantos físicos distinguidos, parece haber arribado al término donde una ciencia no tiene nada que hacer y no deja a los que la cultivan más que la esperanza de confirmar los resultados de sus predecesores y extender mayor claridad en las verdades encontradas». ¡Y precisamente la electricidad ha sido una de las ramas de la ciencia que desde aquella época ha experimentado mayores avances...!

Otro gran hallazgo de Newton, que permitió simplificar la Mecánica, puesto que justificaba el concepto de «punto material» permitiendo considerar los móviles como si fueran puntos, es el de que la masa de un cuerpo puede considerarse concentrada en su centro de gravedad, proposición que ha sido llamada, con razón, el teorema cumbre de Newton y que hoy día pasa tan desapercibida en la enseñanza elemental que muchas veces no sólo no se recuerda a su autor, sino que ni siquiera se enuncia la tesis explícitamente. O si se la enuncia, se olvida decir que es válida para las traslaciones, originando confusión entre los estudiantes que no saben dónde encasillar los centros de percusión o de oscilaciones o los radios de giro.

Una gran dificultad no pudo vencer Newton: su teoría de la gravitación parecía

entrañar una «acción a distancia», es decir, que un cuerpo actuaba sobre otro sin medio alguno que transmitiese la acción. Filosóficamente esto resultaba insostenible y fue causa de no pocas polémicas y de que, combatiendo su teoría, se mantuvieran aún durante algún tiempo las ideas cartesianas. El mismo, en el escolio con que termina sus «*Philosophiæ naturalis principia mathematica*» —su obra fundamental— confiesa que solamente ha sido capaz de explicar cómo suceden los fenómenos pero no cuál sea su causa. En muchos libros actuales se expresa esto diciendo que Newton no afirmó que los cuerpos se atraen, sino que todo sucede como si se atrajeran. Creo que no es correcta esta interpretación, pues observa muy atinadamente el profesor Alsina «Cuando se lee un libro puede decirse que todo sucede como si se estuviera leyendo un libro... Si *todo* ocurre así, ¿dónde buscar la diferencia?». He aquí, en cambio, las frases de Newton: «Hasta aquí he explicado los fenómenos celestes y los del mar por la fuerza de la gravitación, pero no he asignado en ninguna parte la causa a esta gravitación. Esta fuerza viene de alguna causa...» «...No he podido todavía llegar a deducir de los fenómenos la razón de estas propiedades de la gravedad y *yo no imagino hipótesis*». No niega la atracción sino que se abstiene de dar la causa de la misma. Por cierto que la última frase citada —*hypotheses non fingo*— se hizo famosa, se ha tomado como la quintaesencia del espíritu científico y se ha escrito y discutido de lo lindo sobre ella.

Se imaginaron multitud de explicaciones para aclarar el origen de esta atracción, desde las más ingenuas, como la *teoría de los choques* de Lesage (1), hasta las más ingeniosas, como la de las *esferas pulsantes* de Bjerknæs (2), que tiene el mérito de tomar en cuenta las modificaciones del medio. Supone esto ya una cierta analogía con la actual concepción, alcanzada con ayuda de la teoría de la relatividad, según la cual las masas gravitatorias cambian el papel de generadores del campo de gravitación por el de elementos determinantes de la métrica del espacio-tiempo. Sólo con esta teoría se ha logrado dar una explicación satisfactoria a la gravitación.

Con ser tan grande la influencia de Newton en el campo de la Mecánica no fue ésta su única contribución a la Física. No pueden pasarse por alto, si quiera sea para echarles una rapidísima ojeada, sus trabajos de óptica en los que descuella su idea de considerar la luz blanca como compuesta de radiaciones monocromáticas, de la que tantísimo partido ha sacado la investigación fisicoquímica y muy particularmente la del Mundo Celeste, idea que, como toda la obra de Newton, fue combatida; todavía, a principios del siglo pasado, el poeta Goethe

(1) Corrientes de cuerpos infinitamente diminutos, procedentes de regiones desconocidas del Universo, cruzan constantemente los espacios con una velocidad casi infinita. Por razón de su pequeñez, la mayor parte de ellos se abren fácilmente paso a través de los cuerpos sensibles ordinarios, de manera que éstos por todas partes reciben igualmente los choques de aquellos corpúsculos. Si únicamente hubiese en el espacio un cuerpo elemental sería éste batido en todos los sentidos indistintamente. Mas dos cuerpos cualesquiera obran naturalmente como pantallas, resultando que cada uno recibe gran número menos de choques en la cara que mira al otro. Se atraen, pues mutuamente.

(2) Sumerjamos en un gran depósito de agua dos esferas pulsantes; el agua transmite de unas a otras los cambios de presión resultantes de las dilataciones y contracciones de volumen y resulta una acción de una sobre otra. Dos esferas en las que la pulsación es del mismo signo, es decir, concordantes en fase, experimentan una atracción mutua que está en razón inversa del cuadrado de la distancia, como demuestra el cálculo y las verificaciones experimentales del propio Bjerknæs.

recogía en un extenso tratado las concepciones opuestas, a las que patrocinaba, según las cuales la luz blanca habría de ser simple y los fenómenos prismáticos, meras consecuencias de los contrastes de luz y sombra. El tratado resulta curiosamente aleccionador pues, describiendo una variedad asombrosa de experiencias, llega a resultados totalmente falsos, tildando a Newton y a los newtonianos de las peores cualidades que pueden imaginarse, desde la de poco científicos e ineptos hasta la de falsarios. He aquí como no basta experimentar para saber sacar conclusiones; es preciso también haberse hecho una cabeza de experimentador. Las cabezas de un poeta y de un experimentador creo que son bastante diferentes, aunque éste no siempre carezca de sensibilidad poética ni aquél de aficiones experimentales.

Si no logró la teoría de los colores de Newton la resonancia que la de la gravitación fue, en parte, porque no acertó a distinguir entre poder refringente y poder dispersivo y porque su teoría corpuscular sobre la naturaleza de la luz fue sobrepasada por la ondulatoria de su contrincante Huygens hasta que las concepciones de Heisenberg y de De Broglie han obligado a compatibilizar ambas teorías.

He tratado de dar una visión resumida de la obra de Newton, intentando hacer notar que obra de tal envergadura no puede exponerse concretándola a éste o aquél teorema y que, por ello, los estudiantes no suelen llegar a comprender su alcance; es preciso hacer historia para llegar a entrever cómo tal obra cambió por completo el modo de enfocar los estudios físicos. Sin embargo, el momento histórico en que nació, momento de una gran inquietud científica, hizo que tuviera tantos precursores, continuadores y contradictores que llegan a hacer pensar si no habrá que ceder algo de la gloria de Newton a otros sabios. La contradicción fue el signo de la obra de Newton que no cesó de verse obligado a polemizar duramente, como ya se ha indicado, durante toda su vida. Parece que influyó paradójicamente en ello su propio carácter timorato. Por si fuera poco, no cesaron las contradicciones apasionadas después de su muerte; recuérdese, por ejemplo, lo arriba apuntado de Goethe. Voltaire llegó a acusarle poco menos que de servirse de favores de su bella sobrina a Lord Halifax para brillar y aún en 1867, en plena Academia de Ciencias francesas, presentó Charles documentos que parecían probar que había plagiado a Pascal sus ideas sobre la gravitación universal. Afortunadamente se puso en claro, después de dos años de discusión, que los documentos en cuestión eran obra de un falsificador que había estafado a Charles.

Véase, pues, si originó discordia su famosa manzana. Pudo también pensarse si la brillante fruta o, lo que es lo mismo, el mérito de los descubrimientos imaginaria o verdaderamente relacionados con ella, podría corresponder a otros, más bien que a nuestro sabio, por ejemplo, a Galileo o a Huygens... El tiempo, Paris de tantos pleitos, se la ha asignado a Newton definitivamente. Ahora, que a tantas conquistas nos ha llevado la manzana ¿seríamos capaces de discutir su fallo y renovar las polémicas —o los olvidos— que pudieron hacer de la Física una nueva Troya?