

DE INGLATERRA A BARILOCHE

LA HISTORIA DE UNO DE LOS ÁRBOLES MÁS FAMOSOS DE LA CIENCIA

En el Instituto Balseiro tenemos un retoño del famoso Manzano de Newton. ¿Cómo lo conseguimos? Y, por otro lado, ¿es cierta la anécdota de que a Newton se le ocurrió la idea de la Gravitación viendo caer una manzana?

Guillermo Abramson

La manzana

Todos conocemos la anécdota: Isaac Newton, el genial físico y matemático de la Revolución Científica del siglo XVII, tuvo una de las ideas más influyentes en la historia de la ciencia al ver una manzana cayendo del árbol. Se preguntó si la fuerza que atraía la manzana hacia el centro de la Tierra tendría alguna relación con la fuerza que mantenía a la Luna girando en su órbita. Newton podría haberse comido la manzana y listo. Pero no: Newton sabía calcular esas fuerzas y describir matemáticamente los movimientos (aparentemente tan disímiles) de ambos cuerpos (ver Recuadro). El resultado fue una de las primeras grandes unificaciones en la historia de la Física: la del movimiento de los objetos terrenales y los celestes. Newton descubrió que ambos obedecían a la misma acción, que llamó Gravitación Universal.

Cabe preguntarse, por supuesto, si la historia de la manzana es cierta o no. Se trata de una de esas anécdotas acerca de personajes históricos que parecen inventadas. En este caso, sin embargo, es muy probablemente cierta. Si bien Newton no habla de manzanas en ninguno de sus escritos, existen varios relatos de personas a quienes él mismo les habría contado la famosa historia. Entre ellas están su sobrina favorita Catherine Barton y su marido John Conduitt, *Master of the Mint* (presidente de la Casa de la Moneda). Catherine se lo contó a su vez a Voltaire, quien fue el primero en reproducir la anécdota en forma impresa.

Conduitt lo relata así en sus memorias:

“En el año 1665, cuando se retiró a su casa en ocasión de la Plaga, ideó su sistema de gravedad que se le ocurrió observando la caída de una manzana de un árbol.”

Conduitt se refiere aquí a la Gran Plaga de Londres, una epidemia de peste bubónica que asoló Inglaterra entre 1665 y 1666. Fue uno de los rebrotes de la Peste Negra que había arrasado Europa entre 1347 y 1351, afectando profundamente todos los órdenes de la vida de la sociedad medieval. En la primavera de 1665 la epidemia escapó de control y acabaría cobrándose 100 mil víctimas, un quinto de la población de Londres. Ese año el joven Isaac Newton había obtenido su grado en la Universidad de Cambridge y, como ésta cerró a causa de la peste, Newton se retiró a la finca de su madre en Woolsthorpe-by-Colsterworth, una aldea entre Cambridge y Nottingham. Allí pasó 18 meses, período al que llamó su *annus mirabilis*, su “año milagroso”. En ese lugar, a los 23 años de edad, revolucionó la matemática inventando el cálculo infinitesimal, formuló las leyes fundamentales de la mecánica, renovó la ciencia de la óptica y, sobre todo, descubrió el mecanismo que explicaba el funcionamiento de los astros: la gravitación universal, completando con ello la obra de Kepler. Newton no lo publicaría hasta muchos años después, en 1684, pero un manuscrito suyo relata que la idea central de una acción remota, proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias, efectivamente nació durante su estadía en Woolsthorpe Manor.

Otro relato relevante para dar evidencia de la veracidad de esta anécdota, es el del arqueólogo William Stukeley. En sus memorias cuenta una visita de Newton, y menciona que después de comer salieron al jardín a tomar un té. A la sombra de unos manzanos Newton le contó que en esa misma situación, *“sentado en actitud contemplativa, vio caer una manzana y la noción de la gravitación universal vino a su mente.”* Mencionemos finalmente el caso de William Dawson, amigo de Newton a quien visitaba ocasionalmente. Dawson había plantado en su jardín dos manzanos

Palabras clave: historia de la ciencia, Instituto Balseiro, Newton

Guillermo Abramson

Dr. en Física
Centro Atómico Bariloche, Instituto Balseiro y
CONICET, Bariloche, Argentina
abramson@cab.cnea.gov.ar

Recibido: 12/01/17. Aceptado: 24/04/17

De la manzana a la Luna

¿Cómo llegó Newton a formular la ley de gravitación, inspirado por un hecho tan mundano como la caída de una manzana? En las memorias de William Stukeley, el autor menciona que Newton le dice:

“¿Por qué la manzana desciende perpendicularmente al suelo? [...] Debe haber un poder de atracción en la materia: y la suma de este poder debe estar en el centro de la Tierra. [...] Hay una fuerza que se extiende por el universo.”

Falta todavía la conexión con el movimiento de la Luna. En un manuscrito muy posterior (1714) el propio Newton refiere que:

“...comparé la fuerza requerida para mantener la Luna en su órbita con la fuerza de gravedad en la superficie de la Tierra, y encontré un acuerdo bastante bueno. Todo esto fue en los años de la Plaga de 1665 y 1666, ya que en esos días estaba en mis mejores años de inventiva, y se me daba la matemática y la filosofía mejor que nunca.”

Nunca sabremos exactamente el razonamiento original de Newton sentado en su jardín, pero un texto del matemático y astrónomo escocés David Gregory relata una visita que hizo a Newton, y cuenta haber visto un manuscrito “anterior a 1669” con los cálculos. Newton imagina la Luna y la Tierra, como en la Figura 4. Si no existiera la atracción gravitatoria, en un tiempo infinitesimal (exagerado por claridad en la figura) la Luna se movería en línea recta de A a B, según la ley de inercia de Galileo. Pero debido a la atracción gravitatoria radial de la Tierra, la Luna “cae” de B a C. Si el fenómeno que produce la órbita de la Luna es el mismo que rige la caída de las manzanas, la ley de caída vertical también formulada por Galileo le permitiría calcular la aceleración de esta “caída”. Newton calcula por métodos geométricos la distancia BC correspondiente a un movimiento de un segundo, y encuentra la aceleración. Al compararlo con la aceleración de la caída libre en la superficie de la Tierra, le da “algo más de 4000” veces menor. La distancia de la Luna al centro de la Tierra es 60 radios terrestres, esto es sesenta veces mayor que la distancia de la manzana (que está en la superficie) al centro de la Tierra. El cuadrado de 60 es 3600, así que la aceleración debida a la fuerza gravitatoria debería ser 3600 veces menor sobre la Luna que sobre la manzana. La discrepancia no satisfizo a Newton, quien llegó a sospechar que el movimiento de la Luna se debía sólo en parte a la gravedad, y abandonó por varios años sus investigaciones sobre la gravitación.

Podemos modernizar el argumento para ver el resultado. Imaginemos que la órbita de la Luna es circular. Consideraciones puramente geométricas y cinemáticas, al estilo de las de Galileo, permiten calcular la aceleración centrípeta (vale decir, hacia el centro de la Tierra) experimentada por la Luna en su movimiento circular:

$$a_c = 60R \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

donde $60R$ es el radio de la órbita (expresada en radios de la esfera terrestre) y T es su período orbital. Poniendo valores aproximados, $T \cong 27,5$ días $= 27,5 \times 86.400$ segundos y $60R \cong 384.000$ km, y, obtenemos $a_c = 0,002685$ m/s² $= g/3649$, siendo $g = 9,8$ m/s² el conocido valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra.

En 1679 Newton retomó sus cálculos sobre la dinámica y demostró que si la fuerza fuera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, entonces valdría la Primera Ley de Kepler: que las órbitas de los planetas y los satélites son elípticas, con el centro de fuerza en uno de los focos. Finalmente, en 1684, a pedido de Edmund Halley, Newton rehizo estos cálculos, los complementó y los publicó como *El movimiento de los cuerpos en órbita*. Allí repite “la prueba de la Luna”, obteniendo esta vez “muy exactamente” una dependencia cuadrática con la distancia. Pero no se detuvo allí. Sus novedosos métodos matemáticos le permitieron describir muchísimas situaciones que nadie sabía cómo tratar: el movimiento de varios cuerpos, los medios viscosos, las órbitas de los cometas, el movimiento anómalo de la Luna, la precesión de los equinoccios, las mareas, la forma aplanada del globo terrestre y mucho más. Newton trabajó sin detenerse durante un año y medio. El resultado: los tres volúmenes de los *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*, publicados en 1687, la obra más influyente de la Revolución Científica del siglo XVII y una de las más extraordinarias de la historia de la ciencia. Todo salido de la reflexión de un hombre que un día vio caer una manzana, y se preguntó si la fuerza que la hacía caer no sería la misma que mantenía a la Luna en su órbita.

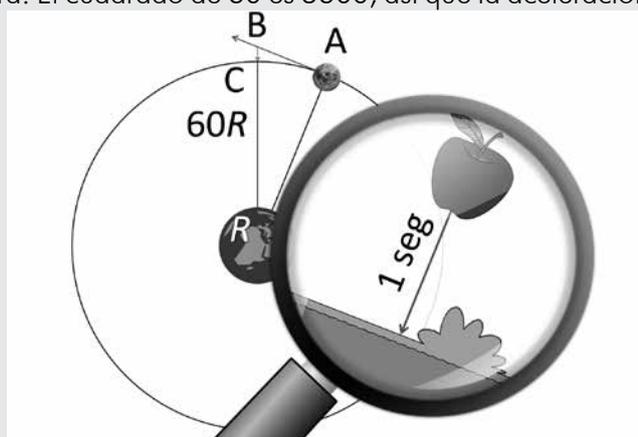


Figura 4. La Luna en órbita de la Tierra “cae” de B a C en el tiempo que una manzana cae del árbol.

Imagen: G. Abramson

Imagen: Gentileza de R. Keesing.



Figura 1. El manzano en casa de Newton, con dos troncos y dos copas tras la tormenta. Dibujo de Charles Turner (1820).

bajo los cuales el sabio pasaba horas en solitaria meditación, retoños del que había en el jardín de la casa de Newton.

Es interesante señalar que en ninguno de estos relatos se dice “ver caer manzanas de los árboles”, en general. Dicen específicamente *una* manzana de *un* árbol. Estos detalles, sumados al hecho de que Newton no tenía ningún motivo para inventar algo semejante, le dan a la historia bastante verosimilitud.

El manzano

Supongamos entonces que la anécdota es cierta. ¿Sería posible identificar el árbol? Desde tiempos de Newton los paisanos de Woolsthorpe les mostraban a los visitantes curiosos el árbol: un manzano en el jardín de Woolsthorpe Manor. La tradición se mantuvo durante más de un siglo, hasta que el añoso árbol fue arrancado por una fuerte tormenta en 1814. Para preservarlo se cortó un gajo y se lo plantó en casa de Lord Brownlow en Belton. Alguien trajo un serrucho y cortó unas ramas, cuya madera otros vecinos conservaron para la posteridad (haciendo incluso una silla que aún existe).

Pero el árbol no murió, y un dibujo de 1820 lo muestra frondoso y con dos copas, una coronando un tronco erguido, y otra saliendo de una rama rastrera (ver Figura 1). Detrás del tronco vertical se ven dos tocones, de donde se habría cortado la madera tras

la tormenta. Existe también una copia de un dibujo anterior, de 1816, que muestra el mismo árbol desde otro ángulo, con el tronco partido pero sobreviviendo. Desde esa fecha hasta la actualidad el árbol siguió existiendo, y hoy en día puede visitarse en el jardín de Woolsthorpe Manor, convertida en museo.

Ahora bien, entre 1666 y 1816 pasaron muchos años. ¿Cómo sabemos que no hubo cambios en la casa y en el jardín? La verdad que éste es el eslabón más débil de la evidencia. Existen, sin embargo, dos dibujos de la casa hechos a principios y a fines del siglo XVIII respectivamente, donde pueden verse muy pocos cambios tanto en la construcción como en el jardín. Esto, sumado a la tradición centenaria de identificar al árbol específico, deja poco lugar al escepticismo.

El retoño

En el Instituto Balseiro tenemos un retoño del histórico manzano de Newton. La Biblioteca del Centro Atómico Bariloche preserva toda la documentación que acredita el trámite para su obtención. Comenzó en 1979, cuando era presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica el Dr. Carlos Castro Madero (Doctor en Física por el Instituto Balseiro). Durante un viaje al Reino Unido se enteró de la posibilidad de obtener un retoño a través de la *East Malling Research Station*, un instituto de investigación agrícola donde en 1940 fue propagado el retoño de la Casa Belton.

La cronología epistolar es la siguiente:

» 22 de junio de 1979.

Castro Madero le pide a Rodolfo Lucheta, agregado naval en Londres, que le ayude a conseguir un retoño pidiéndolo al director de la East Malling Research Station.

» 4 de julio.

Lucheta escribe a la Research Station transmitiéndole los deseos del presidente de la CNEA de honrar al sabio inglés plantando su manzano en Bariloche, preguntando cuánto costaría.

» 18 de julio.

M. S. Parry, del Departamento de Pomología de la Estación, responde que con todo gusto y sin costo alguno. Recomienda que habría que hacer un injerto porque los gajos del manzano no hacen raíces, y asegurarse de autorizarlo por razones de sanidad, ya que en East Malling existía una peste endémica de los manzanos.

» 30 de julio.

Lucheta escribe a Castro Madero informando que puede conseguir el retoño y recomienda hacer el trámite a través del Ministerio de Agricultura, por las razones sanitarias.

» 20 de agosto.

Castro Madero agradece a Lucheta las gestiones e informa que tratará de hacerlo a través de la Secretaría de Agricultura.

» 2 de octubre.

Castro Madero vuelve a escribir a Lucheta, contándole que un Ingeniero Agrónomo, de apellido Seruso, estaba listo para recibir el histórico vegetal. Pide que por las dudas manden dos ramas con varias yemas cada una.

» 3 de diciembre.

El asistente de Lucheta, comandante Alberto González, le escribe a Parry y le dice que mande los gajos a nombre de Seruso, en el Servicio Nacional de Sanidad Vegetal.

» 26 de mayo de 1980.

Castro Madero escribe dos cartas, una a Lucheta y otra a Parry, informando que los cortes han llegado a Buenos Aires. Expresa su sincero agradecimiento, y renueva su intención de plantarlos en el Centro Atómico Bariloche con una ceremonia de homenaje a la memoria del científico británico.

» 4 de junio.

Lucheta escribe a Parry, contándole que le informan de Buenos Aires que el histórico manzano ha sido plantado en el Centro Atómico Bariloche (con homenaje), y le expresa su extremo agradecimiento por la maravillosa donación.

es posible obtener gajos del célebre "Manzano de Newton", que le habría inspirado la formulación de la Ley de Gravitación Universal, solicitándolos a:

The Director,
East Malling Research Station,
East Malling, Kent, England.

Dicho dato suscitó mi interés por tratar de obtener un retoño del árbol histórico a fin de plantarlo en nuestro Centro Atómico Bariloche, en homenaje al eminente hombre de ciencia. Es por eso que me dirijo a Ud. con el fin de pedirle que, si es posible, me envíe un gajo de dicho árbol, para poderlo plantar en Bariloche.

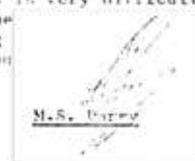
(Gentileza Biblioteca Leo Falicov y su Archivo Histórico)



EAST MALLING RESEARCH STATION
EAST MALLING
MAIDSTONE
KENT
ME19 6BJ
Horticulture Department

With reference to your letter of 4th July we can supply a cutting from a tree which was derived from the original Sir Isaac Newton apple tree, but this will have to be grafted onto a seedling or special rootstock as it is very difficult to get apple cuttings to strike roots. The strict importation restrictions on sending to Argentina. I would suggest you contact your local authorities.

(Gentileza Biblioteca Leo Falicov y su Archivo Histórico)



Dear Mr. Parry,

I have now received news from Buenos Aires confirming that the cuttings you so kindly sent us from Sir ISAAC NEWTON's historic apple tree have been planted on the premises of our BARILOCHE ATOMIC CENTER. The importance of the occasion was accentuated by means of a ceremony in which a homage was paid to the memory of Sir ISAAC NEWTON.-

Needless to say, Mr. PARRY, we are extremely grateful to you - and the East Malling Research Station - for this most wonderful donation.-

(Gentileza Biblioteca Leo Falicov y su Archivo Histórico)

Figura 2. Correspondencia (fragmentos) relacionada con la adquisición del retoño del Manzano de Newton.

Imagen: Gentileza Biblioteca Leo Falicov y su Archivo Histórico.



Imagen: G. Abramson

Figura 3. El Manzano de Newton en el Instituto Balseiro.

El manzano fue plantado en el pequeño prado que se encuentra lindero a la Biblioteca y a la tumba de José Balseiro. Tras varios años resultó evidente que no estaba en un buen lugar: era una zona baja que frecuentemente se inundaba. El retoño no crecía bien y se empezó a temer que no sobreviviera. Finalmente, en julio de 1990, fue trasplantado con gran cuidado al lugar donde está ahora, en el mismo predio pero más cerca de la entrada de la Biblioteca. La maniobra resultó un éxito: inmediatamente la planta se puso fuerte, empezó a crecer, y al poco tiempo comenzó a dar frutos. Hoy en día es un hermoso manzano. A fines de octubre empieza a florecer, un poco más tarde que los manzanos "criollos" que hay en el campus, y hacia el final del verano se llena de fruta. Son de la variedad *Flower of Kent*, aparentemente rara hoy en día, pero documentada desde tiempos de Shakespeare. Son manzanas más bien chicas y de piel verde con manchas irregulares de un rojo carmesí. Son bastante ricas, no particularmente sabrosas, y mejores para cocinar que para comerlas frescas.

El árbol original de Woolsthorpe Manor aún vive, florece y da frutos. El Consejo del Árbol del Reino Unido lo ha declarado uno de los cincuenta Grandes Árboles Británicos. En 2016 fue secuenciado su genoma completo con el propósito de compararlo con los manzanos actuales, posteriores a la Revolución Industrial. Todos sus retoños son descendientes de dos linajes: uno es el de la Casa Belton, vía la *East Malling Research Station*; y otro es el de *Kew Gardens*, sitio al cual fue llevado directamente un retoño del árbol de Woolsthorpe Manor en el siglo XX. Todos ellos han sido declarados idénticos por los expertos que han inspeccionado cuidadosamente su follaje y frutos. Conociéndose ahora el genoma del árbol original, eventualmente se realizará alguna comparación genética de sus retoños. Hoy hay árboles de Newton en el Laboratorio TANDAR y en la Sede Central de la CNEA en Buenos Aires (que llegaron con el nuestro), en el *National Bureau of Standards* en Washington, el *National Research Council* de Canadá en Ottawa, el *Dominion Physical Laboratory* en Nueva Zelanda, el



Imagen: G. Abramson

Figura 5. Manzanas del Manzano de Newton en el Instituto Balseiro.

Queen's y el Trinity College de Cambridge, el *National Physical Laboratory* en Londres y en el Departamento de Física de la Universidad de York. Y seguramente en muchos otros lugares del mundo.

Si nos visitan en otoño, no dejen de comerse una manzana cargada de historia.

Agradecimientos

Agradezco a la Biblioteca Leo Falicov, a su directora, Marisa Velazco Aldao y a Christina Martínez, responsable del Archivo Histórico, quienes me facilitaron copias de los documentos.

Lecturas sugeridas

- Chandrasekhar, S. (1996). *Newton's Principia for the common reader* Oxford University Press, Oxford.
- Herivel J. (1965). *The background to Newton's Principia*. Oxford University Press.
- Hoblyn, T. N. (1955). *El manzano de Newton*. Traducción de la nota *The Isaac Newton Apple*, que acompañó la donación de los retoños que llegaron a la Argentina. En: Trámite Básico para la obtención del *Newton Apple Tree* 1979-1980. Biblioteca Leo Falicov, Instituto Balseiro.
- Keesing, R. G. (1998). The history of Newton's apple tree. *Contemporary Physics*, 39, pp. 377-391.
- Westfall, R. S. (1983). *Never at rest: A biography of Isaac Newton*. Cambridge University Press.
- Maury, J. P. (2012). *Newton y la Mecánica Celeste* Blume.