

LA COMETA EN LAS OBRAS DE FÍSICA Y DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS SIGLOS XVIII Y XIX

JUAN MIGUEL SUAY BELENGUER
Ingeniero Industrial
Máster en Filosofía Teórica y Práctica (UNED)
Especialidad Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia

Resumen

La cometa, ese artefacto que vuela al final de un hilo, se considerada en la actualidad un juguete para niños. Pero en plena Ilustración (siglo XVIII), la cometa se convierte en un instrumento de la física experimental, gracias al experimento de Benjamín Franklin. Esto hizo que Johann Albert Euler-hijo del matemático Leonard Euler-escribiera una memoria sobre la mecánica del vuelo de las cometas. Tras esta transformación, durante los siglos XVIII y XIX, la cometa aparece como un ejemplo ilustrativo de conceptos científicos en los libros de enseñanza y divulgación de las ciencias. Mostraremos algunos ejemplos de estos usos de la cometa como instrumento científico popular.

Abstract

The kite is nowadays regarded as a popular plaything for kids. But in the 18th century, kites became proper tools for experimental physics after Benjamin Franklin's famous experiment. This inspired Johann Albert Euler—a son of the great mathematician Leonard Euler—to write a scientific paper on the mechanics of kite flight. Hereafter, during the 18th and 19th centuries, kites were frequently taken as illustrative examples for scientific concepts in textbooks and popular science writings. This paper will show some examples of this use of kites as a popular scientific tool.

Palabras clave: Cometa, Física, Libros de texto, Recreaciones científicas, Siglos XVIII-XIX.

Keywords: Kite, Physics, Textbooks, Scientific recreations, 18-19th Centuries.

Recibido el 9 de septiembre de 2011 – Aceptado el 4 de junio de 2012

INTRODUCCIÓN

Queremos analizar aquí el auge y caída de un juguete, la cometa,¹ como instrumento y objeto de ciencia en la Europa de los siglos XVIII y XIX. Partimos de la caída: las cometas desempeñan hoy un papel a lo sumo anecdótico en la ciencia contemporánea. Pero, a finales del siglo XVII, el propio concepto de ciencia no estaba definido de modo tal que *a priori* excluyera las cometas. La misión de la Royal Society, declaraba Hooke en 1663, era «el conocimiento de todas las cosas naturales y todo aquello que hubiera de útil en las artes, manufacturas, prácticas mecánicas, dispositivos e invenciones experimentales» [FISSELL & COOTER, 2003, p. 130]. Cuando en 1752 Benjamín Franklin (1706-1790) anuncia desde Filadelfia que ha utilizado una cometa para hacer descender el *fuego eléctrico* de las nubes, demostrando la naturaleza eléctrica del rayo [FRANKLIN, 1753, pp. 565-567], nuestro juguete, como el propio pararrayos que contribuyó a elevar, se convierte en candidato a instrumento científico.

Podemos apreciar hoy que su popularidad no se debe a la importancia intrínseca del experimento, pues, de hecho, eclipsó otros más importantes del propio Franklin sobre los fenómenos eléctricos [COHEN, 1990, p. 66]. El experimento «de campo» efectuado con la cometa le sirvió a Franklin como prueba de que la electricidad se comportaba de la misma manera en la naturaleza y en el laboratorio [HACKMANN, 2009]. Pero, como «diseño experimental», la experiencia de la cometa ocupó un lugar menor en el canon de experimentos eléctricos, pues sucesivas replicaciones confirmaron simplemente los resultados de Franklin, sin aportar novedad alguna [BRENNI, 2009, pp. 239-241].

Sin embargo, las numerosas supersticiones asociadas a los rayos por toda Europa y la simplicidad del artefacto experimental (una cometa y una barra metálica) propiciaron, creemos, la enorme popularidad del experimento de Franklin por su carácter prometeico: ayudándose de la técnica, el científico era capaz de domar el fuego [HEERING, 2009, pp. 25-93]. Aprovechando esta popularidad, la investigación teórica sobre las cometas que examinaremos en este artículo tuvo como objeto elucidar los fundamentos físicos de este experimento para explicar de qué modo el vuelo de una cometa contribuyó a su éxito. En 1758, la Academia de Ciencias de Berlín, publica una memoria titulada de *Des Cerfs Volants*, publicada por Johann Albert Euler (1734-1800), hijo del célebre matemático Leonhard Euler (1707-1783). En ella el joven Euler intenta explicar la mecánica del vuelo de las cometas desde los planteamientos de la mecánica racional, y así poder construir un objeto volador que se eleve lo más alto posible para ser utilizado en los experimentos eléctricos [SUAY, 2008, pp. 117-44]. Euler hijo dedica la introducción a la memoria para justificar su propósito de analizar desde la *geometría* un *juguete de niños* y pretender hacerlo público en una prestigiosa institución científica como la Academia de Ciencias de Berlín [EULER, 1758, p. 322]:

Comme les Cerf-volans n'ont servi jusqu'ici que de jouët aux enfans, les recherches que j'entreprends, paraîtront peu dignes de la Géométrie [...] Mais, quand on accorderait que des jeux d'enfant ne doivent pas arrêter les regards d'un Géomètre, personne cependant à ce que j'espère, ne me reprochera de m'être occupé de celui-ci, depuis que le célèbre Mr. de Romas s'est servi avec tant de succès d'un semblable Cerf-Volant dans ses Expériences électriques, & qu'annoblissant ainsi ce jouet il l'a introduit dans la Physique.

Como se ve, Euler hijo justifica su osadía en el hecho de que la cometa ha perdido su condición de juguete, al haber sido *ennoblecida* algunos años antes cuando un tal Romas² la utilizó en sus *experimentos eléctricos*, introduciéndola de este modo en la física. Pese a que la candidatura de la cometa a instrumento científico acabara fracasando al no encontrar acomodo en otros experimentos, durante los siglos XVIII y XIX la cometa disfrutó de cierta popularidad como *modelo* en obras de popularización y enseñanza de la física que aprovechaban todavía el tirón del experimento de Franklin. En la primera parte de este artículo examinaremos la presentación de la cometa en estas obras.

Sin embargo, a medida que, con el progreso de la Ilustración, la electricidad atmosférica deja de ser un fenómeno extraordinario, el interés por la modelización del vuelo de la cometa va desapareciendo y gradualmente se traslada a un segundo género literario. La cometa adquiere entonces una presencia destacada en la denominada *ciencia recreativa* o *recreaciones científicas* [PABLO, 1981, pp. VII-XIII]. En estas obras se describen una serie de experimentos, que se pueden realizar con materiales sencillos presentes en el hogar o la escuela, o a través de juegos y juguetes populares, todo ello con un fin didáctico o de divulgación de conceptos científicos. Esta segunda navegación literaria de la cometa se extiende a lo largo del XIX hasta que la propia popularidad de la cometa como juguete comienza a descender.

El objetivo de este artículo, por tanto, es documentar el auge y caída de un candidato a instrumento científico y objeto de ciencia que basó su ascenso en la inmensa popularidad del logro de Franklin para perder gradualmente su fama al no contribuir a ningún otro resultado (teórico o experimental) interesante. Siguiendo la metáfora de Daston [DASTON, 2000], ofrecemos aquí el relato de cómo un objeto comienza a hablar para luego enmudecer.

LA COMETA EN LOS TRATADOS Y ENCICLOPEDIAS DE FÍSICA DEL SIGLO XVIII Y XIX

En la obra póstuma del filósofo natural holandés Peter van Musschenbroek *Introductio ad Philosophiam Naturalem* (1762), se describen ya algunos experimentos realizados con cometas eléctricas [MUSSCHENBROEK, 1762, vol. 1, pp. 295-296]. Podemos suponer que en ellos se encuentra la motivación del análisis del vuelo de la cometa que encontramos más adelante en la misma obra como ejemplo de cómo una fuerza puede descomponerse en dos, según lo que se conoce actualmente como *regla del paralelogramo*. Tras explicar cómo se analiza *De Motu Composito* en el artículo

DLXXIII [MUSSCHENBROEK, 1762, vol. 1, p. 177], van Musschenbroek lo ilustra con la cometa (Fig. 1) Tras una descripción sucinta de la máquina voladora, establece que la fuerza de resistencia del viento sobre el plano de la cometa es igual a OH , la cual se descompone en OP paralela al suelo y PH perpendicular al mismo, así, OP hace que la cometa se mueva en dirección del viento y OH es la fuerza causante de la elevación de la cometa. Así pues, existen tres fuerzas que deben estar en equilibrio: la presión del viento, el peso de la cometa con su cola y la tensión con la que sujetamos la fuerza en M .

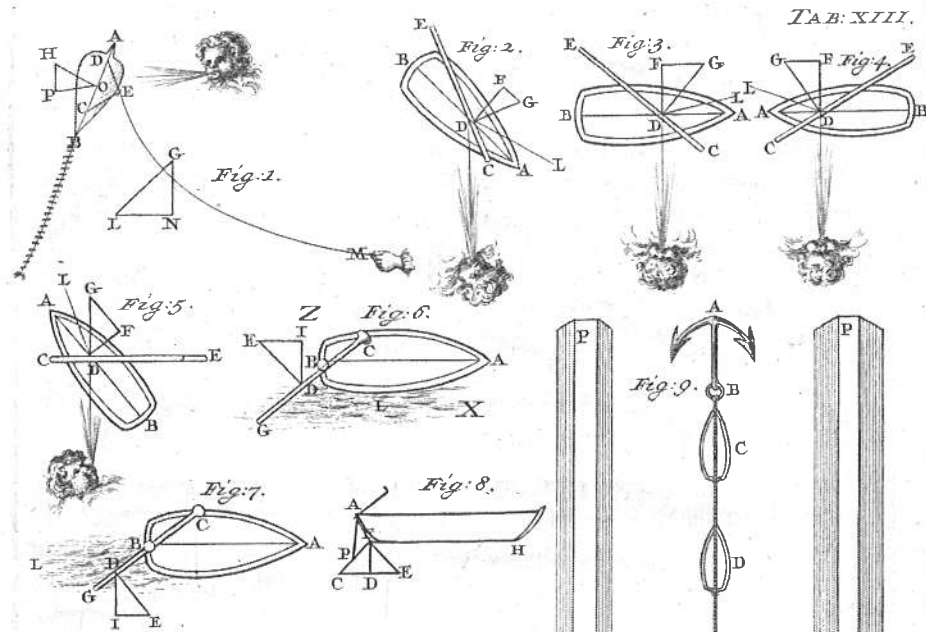


FIGURA 1: Plancha XIII del volumen primero del *Introductio ad Philosophia Naturalem* (1762) de Musschenbroek.

Dado que el fin de este ejemplo es meramente ilustrativo, no realiza ningún cálculo ni un análisis profundo, tan solo una ligera descripción. A continuación representa las fuerzas involucradas en la vela de un navío, considerando que esta es plana.

Entre los años 1776 y 1777 se publican cinco tomos de texto (más uno destinado a los grabados) como suplemento³ a la edición de *L'Encyclopédie de Diderot et D'Alembert*. Aquí aparece la voz *cerf-volant* donde se describe como instrumento de experimental en física [AAVV, 2000]:

CERF-VOLANT, (Méch. & Physiq.) on nomme ainsi une figure faite avec du papier & des osiers, qui ne seroit autrefois que de jouet aux enfans ; ils y attachoient une ficelle, au moyen de laquelle ils l'élevoient en l'air, lorsque le vent étoit assez fort pour cela. Mais les physiciens modernes s'en sont servi pour tirer le feu électrique des nuées, ensorte que ce jouet est devenu entre leurs mains un instrument de physique ; & c'est par cette raison que nous en parlons ici.

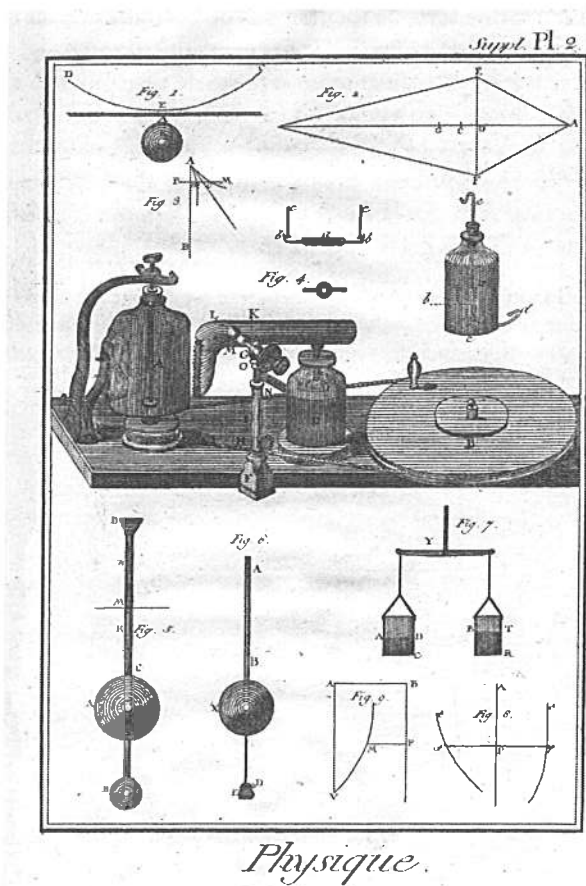


FIGURA 2: Plancha 2 del suplemento a *L'Encyclopédie*, la cometa aparece en la parte superior derecha.

La voz se divide en dos partes escritas por autores distintos, la primera firmada con la inicial (J.) desarrolla la mecánica del vuelo de la cometa. La otra bajo las iniciales (P.B.) analiza *usage du cerf-volant dans la Physique* es decir en el estudio de la electricidad atmosférica. Esta parte es la más extensa del artículo, ya que la primera

parte está concebida como una introducción a la segunda, con el fin de saber construir una cometa que alcance una altura elevada imprescindible para su uso como instrumento eléctrico. Empleando el modelo de la memoria *Des Cerfs Volants* de J. A. Euler, sin más demostración, cita las condiciones geométricas que se imponen a la construcción de la cometa con el fin de que se alcance la máxima altura. [SUAY, 2008, pp. 233-234]

Esta aparición inicia una serie de incursiones de la cometa en las obras enciclopédicas de física experimental editadas en las primeras décadas del siglo XIX, si bien la mayoría de las veces tratan exclusivamente la parte de instrumento eléctrico obviando la explicación mecánica de su vuelo. En cambio, otras sí que analizan las fuerzas implicadas en su vuelo. Veamos algunos ejemplos. En 1807, el médico y físico inglés Thomas Young (1773-1829) publica en dos volúmenes sus *Lectures on Natural Philosophy and Mechanical Arts*. En la *Lecture XXVIII On the regulation of hydraulic forces* podemos leer [YOUNG, 1807, p. 324]:

... a kite affords a very familiar example of the effect of the oblique impulse of the air, of which the action first causes a pressure perpendicular to the surface of the kite, and this force combined with the resistance of the string, produces a vertical result capable of counteracting the weight of the kite. (Fig. 3.1)

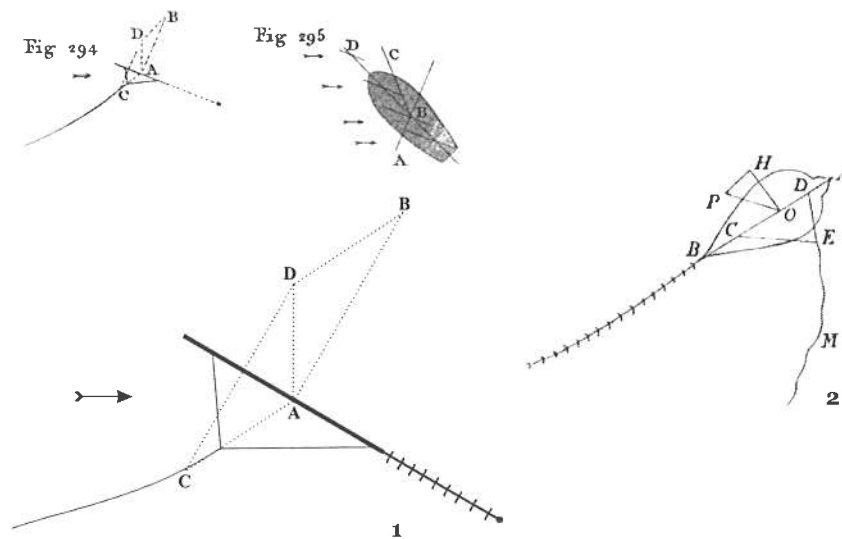


FIGURA 3: (1) Grabado del esquema del vuelo de una cometa del *Lectures on Natural Philosophy and Mechanical Arts* (1807) de Young. (2) Grabado del término *Drache, elektrischer* escrito por Brandes en el diccionario alemán *Physikalisches Wörterbuch* (1825-1845).

Allí AB representa la fuerza del viento perpendicular a la superficie de la cometa, que se compone con la AC que es la tensión de la cuerda y AD que es su peso. En este caso la simplificación es muchísimo mayor que lo mostrado en la obra de Musschenbroek, sin más la cometa se ha transformado en un simple esquema de descomposición de fuerzas sin ningún tipo de explicación sobre cómo debe construirse la cometa para un vuelo óptimo.

En el diccionario alemán *Physikalisches Wörterbuch* publicado entre los años 1825-1845, encontramos la voz *Drache, elektrischer* [GEHLER, 1825-1845, pp. 583-591], el término está firmado por el profesor Brandes.⁴ Siguiendo la estructura empleada en la *L'Encyclopédie de Diderot et D'Alembert*, tras una pequeña introducción histórica, empieza describiendo la mecánica del vuelo de la cometa pero de una manera simplificada siguiendo lo expuesto por Musschenbroek, al que nombra, pero cometiendo un error: En la descomposición de fuerzas mostrada (Fig. 3.2) por Brandes la presión del viento está representado por PO, que no es perpendicular a la superficie de la cometa, esta la descompone en OH y HP, perpendicular y paralela respectivamente a la superficie de la cometa. A continuación razona que HO se compensa con la tensión del hilo y HP es la causante de que se eleve la cometa. Existe un error al considerar que PO es la presión del viento no HO. En un artículo [ABBE, 1897] publicado en 1887 por el meteorólogo norteamericano Cleveland Abbe, considera que es una errata que pudo deberse al copiar la figura de Musschenbroek, ya que ambas figuras tan solo se diferencian en la perpendicularidad de PH, respecto al plano de la cometa.

El frontispicio (Fig. 4) de la obra *Lectures on Electricity* (1844) escrita por el químico y físico inglés Henry Minchin Noad (1815-1877), muestra un repertorio de instrumentos y herramientas empleadas en los laboratorios del siglo XIX en los estudios de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Entre máquinas electrostáticas, baterías, electroscopios, etc., la cometa de Franklin aparece arrinconada. En este grabado es una muestra de cómo paulatinamente la aparición de la cometa en los tratados de física es puramente anecdótica. Este juguete ha dejado de ser interesante, otros instrumentos reclaman su protagonismo [BRENNI, 2009].

Esta desaparición es patente en los manuales de física dedicados a la enseñanza. Uno de los más populares es el *Traité Élémentaire de Physique Expérimentale et Appliquée* del profesor francés Adolphe Ganot (1804-1887), cuya primera edición apareció en 1851, con múltiples ediciones a lo largo del XIX y con traducciones a más de una docena de idiomas [SIMON, 2007]. En la decimotercera edición en castellano de 1898, nombra a la cometa como el método primitivo que empleó Franklin para el descubrimiento de la electricidad atmosférica, olvidándose de la mecánica de su vuelo [GANOT, 1898, p. 857].

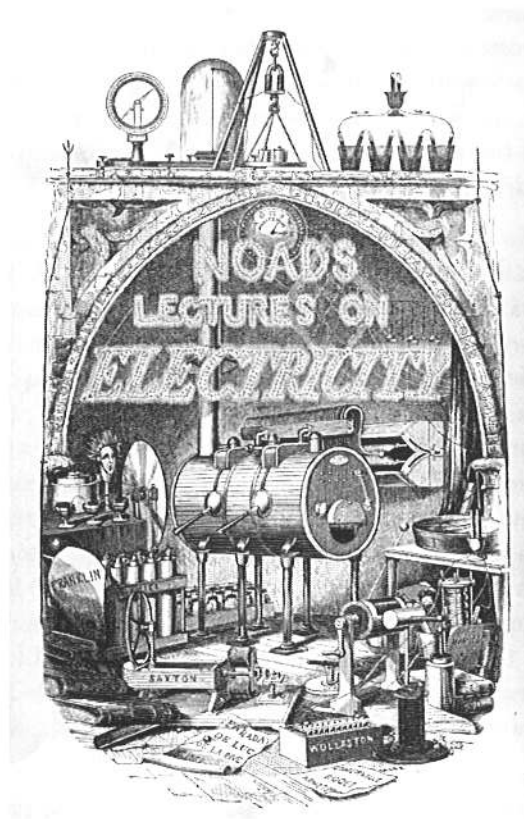


FIGURA 4: Frontispicio de la obra *Lectures on Electricity* (1844).

LA COMETA COMO RECREACIÓN CIENTÍFICA

Los libros de recreaciones aparecieron a finales del siglo XVII, desarrollándose en el XVIII y alcanzando su máximo apogeo en el XIX. En estos libros se abordan una serie de experimentos empleando materiales sencillos presentes en el hogar o la escuela con el fin de ilustrar un concepto científico [PABLO, 1981, p. VII]. Dada la condición de juguete, tras su asociación a la ciencia por el experimento de Franklin, la cometa se convierte en un elemento habitual en estos trabajos.

En 1778 se reedita la obra del matemático francés Jacques Ozanam (1640-1717) *Récréations mathématiques et physiques*. Esta edición es llevada a cabo por el también matemático francés Jean-Étienne Montucla (1725-1799) partiendo de la obra original de 1640. Esta casi puede considerarse una obra nueva por la canti-

dad de correcciones y materiales originales que incorpora,⁵ entre ellos el Problema LXIX del cuarto tomo que aparece con el título *Le mécanisme du Cerf-volant: Diverses questions et recherches sur ce jeu*, allí podemos leer [OZANAM, 1778, pp. 240-245 y Pl. 6]:

Tout le monde connoît l'amusement du cerf-volant, petite machine fort ingénieuse, et dans laquelle éclate un mécanisme très-adroit. Cependant on s'étonnera peut-être de ce qu'urt objet de cette nature a pu faire le sujet d'un mémoire académique ; car on en lit un sur le cerf-volant parmi ceux de l'Académie de Berlin, année 1756. Mais cette surprise cessera, quand on sçaura que M. Euler le fils étoit déjà profond géomètre à un âge où la plupart des jeunes gens ne voient dans un cerf-volant qu'un objet d'amusement ainsi il étoit difficile qu'il ne fût pour lui un sujet de méditation. Il présente en effet plusieurs questions curieuses, et même, pour la plupart, impossibles à traiter sans une analyse profonde. On peut donc regarder, si l'on veut, ce Mémoire, comme les juvenilia d'un grand géomètre. Nous ne le suivrons pas dans ses calculs profonds ; nous nous bornerons à traiter la matière d'une manière moins exacte, et plus facile à entendre.

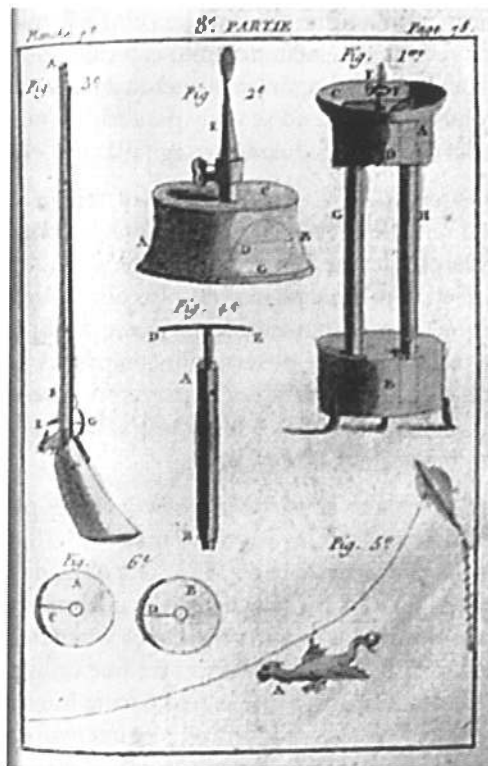


Figura 5: El dragón volador en el tomo 4 de la edición de 1775 de *Nouvelles récréations physiques et mathématiques* de Guyot.

En apenas veinte años el trabajo del joven Euler es objeto de divulgación, explicando cómo se vuela la cometa, la importancia de colocarle una cola, el ángulo óptimo de ataque, etc. [SUAY, 2008, p.135]. Después describe como se construyen cometas con formas muy variadas, no siempre geométricas, pero observando las reglas explicadas. Todo ello para la diversión de los niños. La edición inglesa [OZANAM, 1844, pp. 708-710] de esta obra de 1844 es una traducción exacta de la obra francesa, sin ningún tipo de adición o enmienda.

Otra obra de este género, que también tiene varias ediciones, es la obra *Nouvelles récréations physiques et mathématiques* del físico francés Edme-Gilles Guyot (1706-1786) [GUYOT, 1799], en su edición de 1799 nombra a la cometa en dos recreaciones: XIII *récréation cerf-volant électrique* [GUYOT, 1799, vol. 1, pp. 252-254] y XXIII *récréation Dragon volante* [GUYOT, 1799, vol. 2, pp. 301-302]. La cometa es tratada en dos aspectos, uno de índole científico y el otro lúdico o de entretenimiento. La primera recreación, incluida en el capítulo de electricidad, corresponde a la construcción de una cometa eléctrica, sin explicar el fundamento mecánico de su vuelo y dando unas nociones de cómo realizar experiencias con ella, al igual que hiciera Romas, describe también la construcción de una devanadera con aislamiento para evitar sufrir descargas.⁶ La segunda recreación, incluido en el capítulo sobre el aire, consiste en colgar una figura con forma de un dragón en la cuerda de una cometa, recomendando que elevemos alta la cometa para que no se vea y para dar un mayor realismo al vuelo del dragón, poner las alas móviles, pudiendo ser agitadas por el viento (Fig. 5).

Las recreaciones científicas nombradas hasta ahora, tenían una estructura similar, el planteamiento de una serie de experimentos relacionados por unos temas: el aire, el agua, las fuerzas, etc. Dentro de este género, a principios del XIX, aparecen una serie de libros destinados a acercar la filosofía natural a los niños. Estos libros cuentan una historia de ficción en que los protagonistas son niños que aprenden todo lo relacionado con el mundo natural, a base de observación, en paseos por el campo, recolectado cosas, practicando juegos o construyendo juguetes. En estas historias los niños son instruidos por sus padres, maestros o niñeras que les explican los fundamentos físicos de las cosas observadas por ellos mismos.

La obra más famosa, en cuanto al uso de juegos y juguetes para explicar la filosofía natural, es la obra del físico inglés John Ayrton Paris (1785-1856) *Philosophy in sport* [PARIS, 1853], cuya primera edición data de 1827. Esta obra, de la que se editan en inglés varias ediciones a lo largo del XIX, cada una de las cuales se le añaden unos apéndices de notas con el fin de mostrar los avances científicos y también como una especie de guía didáctica destinada a los maestros o preceptores que utilizan el libro como texto de enseñanza. El éxito de esta obra hizo que se tradujera al francés con varias ediciones por T. Richard con el título *Nouveau manuel complet des jeux enseignant la science* en 1834 y de esta al castellano por el marino y escritor Jorge Lasso de la Vega en 1835 con el título *Las ciencias enseñadas por medio de juegos o teorías científicas...* [LASSO DE LA VEGA, 1835], en que el añadido de notas y nuevos juegos es importante.

La obra de Paris narra las aventuras científicas durante un verano en el que el joven Tom regresa del colegio a casa de sus padres Mr. y Mrs. Seymour. El padre ayudado por un viejo amigo M. Twaddleton son los encargados de instruir a Tom y a sus hermanas mayores Luisa, Fanny y Rosa por medio de paseos, experimentos y juegos distintos temas de física experimental o filosofía natural: fuerza de gravedad, el equilibrio, óptica,⁷ etc.

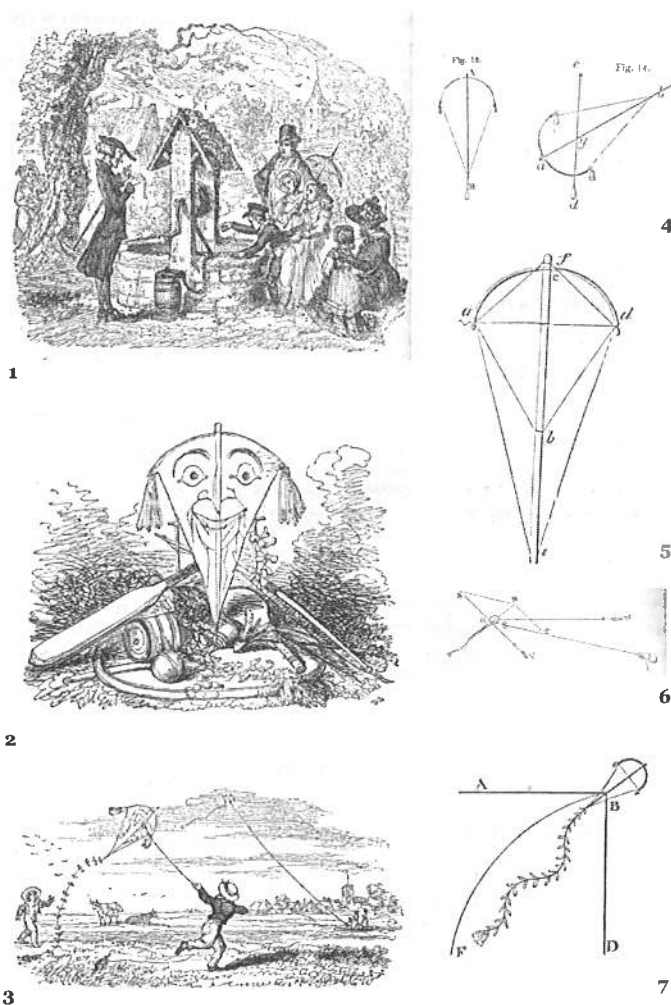


FIGURA 6: (1) Mr. Twaddleton y la familia Seymour estudiando la caída de los graves en un pozo. (2) Juegos al aire libre (3) Volando cometas. (4) Centro de gravedad en una cometa. (5) Construcción de la cometa. (6) Composición de fuerzas en el vuelo de una cometa. (7) Composición de movimientos. Dibujos de *Philosophy in Sport de Paris*.

La cometa tiene un papel destacado en la obra de Paris, en dos facetas en el capítulo dedicado al equilibrio de los cuerpos, habla del centro de gravedad y utiliza la cometa como ejemplo de cómo se calcula en una figura plana, posteriormente dedica dos capítulos completos a la cometa, detallando en uno su construcción y en el otro aprovecha su vuelo para explicar los fenómenos físicos asociados al mismo, hablar de historias sobre el uso de las cometas y las propiedades del viento (Fig. 6).

Sin embargo, el interés por la cometa se diluye ya a finales del XIX. Aparecen entonces una serie de libros que son recopilaciones de experimentos de física y química publicados en las revistas científicas de divulgación de gran tirada a lo largo del siglo. Por ejemplo, la francesa *La Nature*,⁸ que publica una sección fija que bajo el título *Physique sans appareils* describe una serie de experimentos, no solo de física, sino también de química, realizados con utensilios y sustancias disponibles en el hogar. Estos experimentos se editan en forma de libro con el título *Les Récollections Scientifiques ou L'Enseignement par les Jeux* (1880) firmado por el aeronauta y director de *La Nature*, el francés Gastón Tissandier (1843-1899), del que hubo varias ediciones y se traduce a varios idiomas [TISSANDIER, 1981]. Otra obra de gran difusión fue *La Science Amusante* del periodista francés Arthur Good (1853-1928) que firmaba con el seudónimo de Tom Tit [TIT, 1981]. Este tipo de divulgación es similar a las obra de Ozaman y Guyot, pero los experimentos comienzan a aproximarse al sentido actual de *ciencia*, pues se excluyen los asociados a la magia blanca y a los juegos de prestidigitación.

La cometa no aparece ya en ninguna de estas dos obras. Incluso en el capítulo titulado, en la edición española, «Los aparatos de vuelo mecánico» de la obra de Tissandier, el autor proclama:

La cometa, conocida desde la más remota antigüedad en muchísimos pueblos, es un objeto demasiado común para que juzguemos necesario detenernos en describirlo; por consiguiente, aquí nos ocuparemos únicamente de algunos aparatos de vuelo mecánico, más interesantes y no tan vulgares como las cometas [TISSANDIER, 1981, p. 259].

Desvanecida la pasión popular por los experimentos eléctricos, la cometa ya no es ni siquiera el único juguete que vuela. Su interés científico ha desaparecido ya en el siglo XX, cuando el propio género de las recreaciones se orienta ya hacia fines puramente pedagógicos [PABLO, 1981, pp. IX-X]. En España destaca la obra de José Estalella [ESTALELLA, 1918] donde emplea la cometa como un juego más que con un fin didáctico, describiendo su construcción en dos facetas. La obra se divide en tres libros, el tercero tiene por título *Trabajos de habilidad y paciencia*, en el capítulo *construcciones de papel* refiere como se construye una cometa a base de doblar papel con un objetivo puramente geométrico (Fig. 7.1) [ESTALELLA, 1918, pp. 467-468]. En otro capítulo que título *En el campo* describe la construcción de diversos juegos y experimentos para hacer en un paseo por el campo, entre ellos describe la construcción de dos tipos de cometa una plana y otra celular (Fig. 7.2) [ESTALELLA, 1918, pp. 495-499].

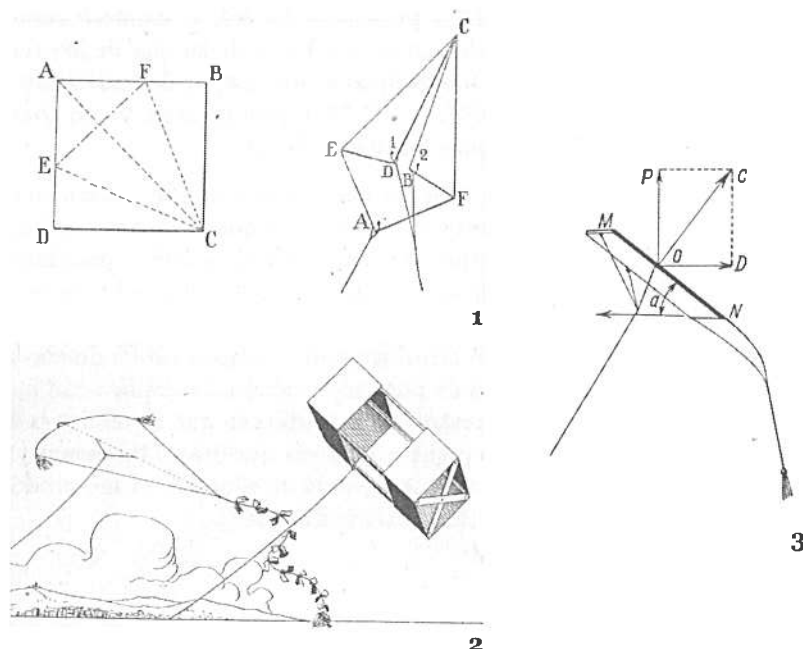


FIGURA 7: Cometa de papiroflexia (1) y cometa plana y celular (2) en el *Ciencia Recreativa* de Estrella. (3) Composición de fuerzas en una cometa en *Física Recreativa* de Perelman.

Todavía encontramos de vez en cuando vestigios de la cometa como modelo mecánico,⁹ e incluso signos de la posibilidad de una renovación, ligados al nacimiento de la aviación o su uso en meteorología [SUAY, 2007, p. 297-299].¹⁰ Sin embargo, la segunda navegación, esta vez recreativa, de la cometa como instrumento y objeto de ciencia parece haber concluido.

CONCLUSIONES

La cometa presentó su candidatura científica con el experimento de Franklin en 1752. Como instrumento auxiliar en la experimentación eléctrica su uso apenas alcanzó medio siglo más, en buena parte por la ausencia de resultados interesantes más allá de la replicación de los datos de Franklin. Como modelo mecánico su vida no fue mucho más larga, por esas mismas razones, pero su popularidad como juguete le concedió una segunda vida a través de la física recreativa, durante al menos cien años más.

Acabando el siglo XIX, la cometa pasa a formar parte de los estudios del vuelo de las máquinas más pesadas que el aire (aerodinámica) y como instrumento de investigación meteorológica. Fue entonces cuando surgieron tratados exclusivos dedicados a las cometas, en donde se analiza su vuelo de nuevo dentro del campo de la mecáni-

ca racional.¹¹ A finales del siglo XIX y principios del XX se emplean cometas en meteorología, como artefacto tecnológico en el estudio de las alas de los aviones y para elevar observadores y cámaras fotográficas en los campos de batallas durante la Primera Guerra Mundial [SUAY, 2007, p. 297-299]. Sin embargo, ya no gozaría del favor popular que la hizo atractiva para los divulgadores.

Retrospectivamente, podríamos concluir que la vida científica de la cometa a lo largo de los siglos XVIII y XIX pone de manifiesto más que su interés o utilidad para la ciencia, el grado en que esta depende de la atención del público para facilitar su avance: los científicos encuentran en la fascinación popular el gancho perfecto para la difusión de sus teorías. La combinación de la cometa y el pararrayos permitió mostrar de qué modo la Ilustración científica podía someter un fenómeno natural como el rayo, fuente hasta entonces de pura superstición. La explicación mecánica del vuelo de la cometa solo era interesante en la medida en que el público la demandaba, por la popularidad del propio juguete. Una vez que otros fenómenos y juguetes captaron la atención popular, la ciencia se sirvió de ellos del mismo modo que la cometa y así también los abandonó [L'E. TURNER, 1987].

NOTAS

1. También denominada en Hispanoamérica papalote (Cuba y México), barrilete (Argentina) y volantín (Chile).
2. Entre los años 1752 y 1753, en la ciudad francesa de Nérac, Jacques Romas (1713-1776), realizó experimentos con cometas eléctricas simultáneamente a los trabajos de Benjamín Franklin en Filadelfia. Véase ROMAS [1755].
3. Son los conocidos como suplementos de Panckoucke, que fue un librero de la Imprenta Real que reeditó *L'Encyclopédie* a partir de 1768 con los suplementos.
4. Heinrich Wilhelm Brandes (1777-1834) fue profesor de física en Leipzig en 1826 publicando obras de física, meteorología y astronomía. Es famoso por ser uno de los primeros en confeccionar los *mapas del tiempo* en 1820. Ver PATTERSEN [1951, pp. 325-7].
5. La obra original de Ozanam de 1694 tuvo varias ediciones en francés y fue traducida al inglés en 1708. Charles Hutton amplió y la tradujo al inglés basándose en la edición francesa de Montucla (1778), publicándose en 1803 y en 1814, también con nuevos materiales. En 1844, Edward Riddle vuelve a editar la traducción de Hutton, eliminando algunos materiales y añadiendo otros. La relación de estas versiones se detalla en [OZANAM, 1844].
6. Este artefacto es el descrito con gran detalle en la voz CARRO ELECTRICO en la traducción del *Diccionario de Física* de Brisson. [BRISSON, 1796, Tomo II, pp. 290-301].
7. Esta obra es conocida por una descripción de una serie de juguetes ópticos que se basan en la *persistencia de la retina*, que es el fenómeno fisiológico por el que vemos las imágenes en movimiento en un cinematógrafo. El juguete denominado por el autor *Thaumatrope* (Maravilla rotatoria), consta de un disco de cartón en que tiene dibujado en cada lado un dibujo distinto, el cual al hacerlo girar, por medio de unos hilos colocados en sus extremos, se produce la ilusión de que ambos dibujos son uno solo. Así si dibujamos una jaula en un lado y una rata en el otro al girar el disco veremos que la rata estará dentro de la jaula [PARIS, 1853, p. 391-2].
8. *La Nature*, es una revista de divulgación científica fundada por el aeronauta y divulgador científico Gastón Tissandier (1843-1899) en 1873 y que se publica hasta 1905. Durante tres años entre 1877 y 1879 hubo una edición castellana editada por la imprenta Perojo de Madrid [PABLO, 1981, p. XII].

9. Por ejemplo, en el libro *Física recreativa* escrita por el ingeniero y divulgador ruso Yakov Perelman, cuya primera edición data de 1911 y que tuvo numerosas reediciones, siendo traducida a diversos idiomas. La cometa está presente en un artículo bajo el título «¿Por qué se remontan las cometas?» Allí responde a la pregunta: «Las cometas se remontan cuando tiramos de la cuerda hacia adelante ¿Por qué?» Para ello de una manera sencilla da una explicación de las fuerzas implicadas en el vuelo de la cometa, tal como ha sido habitual en otras obras ya citadas [PERELMAN, 1975, pp. 57-8].
10. En la obra *Ciencia popular* (1905) escrita por el ingeniero, matemático y político español José Echegaray (1832-1916), se recopilan una serie de artículos publicados en los periódicos *El Imparcial* y *El liberal* donde se divulga algunos aspectos de la ciencia y la tecnología de la época. Uno de ellos se titula «Los juguetes de los sabios» [ECHEGARAY, 1905, pp. 91-101]. Allí, tras explicar cómo algunos juegos (el trompo, las burbujas de jabón, la linterna mágica, etc.) han sido estudiados por los hombres de ciencia, se centra en las cometas, recordando su empleo como juego infantil y como los sabios imitando a los niños las emplean en los estudios de las altas regiones de la atmósfera o como precursor del aeroplano, eso sí perfeccionando su forma y estructura: «La cometa del chico es a la cometa del sabio lo que un vertebrado inferior es al hombre» [ECHEGARAY, 1905, p. 96].
11. Destaca un estudio profundo sobre la mecánica del vuelo de las cometas planas en BERTINET [1887]. Sobre la aerodinámica de cometas usadas por fines militares y en meteorología, ver BOIS [1906].

BIBLIOGRAFÍA

- AAVV (2000) Edición digital *L'Encyclopedie de Diderot et D'Alembert*. París, Redon.
- ABBE, C. (1897) «The Development of the Kite by European Scientists». *Monthly Weather Review*, February, 58-61.
- BERTINET, E. (1887) *Théorie élémentaire du cerf-volant*. Reims, F. Michaud.
- BOIS, Th. (1906) *Le cerf-volants et l'eus applications militaires*. París, Nancy, Berger-Laurealt et Cie.
- BRENNI, P. (2009) «Prometheus' Tools. Instruments and Apparatus Used in Atmospheric Electricity Research and Experiments». En: P. Heering; O. Hochade & D.J. Rhees (eds.) *Playing with Fire. Histories of the Lightning Rod*. Philadelphia, American Philosophical Society, 230-255.
- BRISSON, M.J. (1796-1802) *Diccionario universal de física escrito en francés por M. Brisson. Traducido al castellano, y aumentado con nuevos descubrimientos posteriores a su publicación por los doctores D.C.C. y D. F. X.C. (10 vol.)*. Madrid, Imprenta de Don Benito Cano.
- COHEN, I.B. (1990) *Benjamin Franklin's science*. Cambridge MA, Harvard University Press.
- DASTON, J.L. (Ed.) (2000) *Biographies of Scientific Objects*, Chicago, University Chicago Press.
- ECHEGARAY, J. (1905) *Ciencia Popular*. Madrid, Imprenta Hijos de J. A. García.
- ESTALELLA, J. (1918) *Ciencia recreativa Enigmas y problemas. Observaciones y experimentos, trabajos de habilidad y paciencia*. Barcelona, Gustavo Gili.
- EULER, J.A. (1758) «Des cerfs-volans». *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Letters, année MDCCLVI*, 322-364.
- FISSELL, M. & COOTER, R. (2003) «Exploring natural knowledge: science and the popular». En: Porter, R. (ed.) *The Cambridge History of Science, Volume 4: The Eighteenth Century*. Cambridge, Cambridge University Press, 129-158.
- FRANKLIN, B. (1753) «A letter of Benjamin Franklin, Esq; to Mr. Peter Collinson, F.R.S. concerning an electrical Kite». *Philosophical Transactions of The Royal Society of London, 11LVII*, 565-567.

- GANOT, A. (1898) *Tratado Elemental de Física Experimental y Aplicada*. Traducido por D. Eduardo Sánchez Pardo. Madrid, Librería Editorial de Bailly-Bailliere e Hijos.
- GEHLER, J.S.T. (ed.) (1825-1845) *Physikalisches Wörterbuch. Zweiter Band C und D*. Leipzig, bei E. B. Schwickert.
- GUYOT, E.G. (1799) *Nowvelles récréations physiques et mathématiques*. Paris, Librairie rue Saint-André-des-Arc.
- HACKMANN, W.D. (2009) «The Lightning Rod: A Case Study of Eighteenth Century Model Experiments». En: P. Heering; O. Hochade & D.J. Rhees (eds.) *Playing with Fire. Histories of the Lightning Rod*. Philadelphia, American Philosophical Society, 209-229.
- HEERING, P.; HOCHADE, O. & RHEES, D.J. (eds.) (2009) *Playing with Fire. Histories of the Lightning Rod*. Philadelphia, American Philosophical Society.
- LASSO DE LA VEGA, J. (1835) *Las ciencias enseñadas por medio de juegos o teorías científicas...* Cádiz, Feros.
- MUSSCHENBROEK, P. VAN (1762) *Introductio ad Philosophiam Naturalem Tomus I*. Lugduni Batavorum, Apud Sam. Et Joh. Luchtmans.
- OZANAM, J. (1778) *Récréations mathématiques et physiques, qui contiennent les problèmes et les questions les plus remarquables et le plus propre à piquer la curiosité, tant des mathématiques que de la physique; le tout traité d'une manière à la portée des locteurs qui ont seulement quelques connoissances légeres de ces sciences*. 4 vols. Paris, pp. 240-245 y Pl. 6 Physique.
- OZANAM, J. (1844) *Recreations in Science and Natural Philosophy. Dr. Hutton's translation of Montucla's edition of Ozanam New Edition Revised and corrected, with numerous additions, By Edward Riddle, Master of the Mathematical School Hospital, Greenwich. Illustrated by upwards of hundred woodcuts*. 1 vol. Londres, pp. V-VIII.
- PABLO, J. (1981) «Imaginación y Ciencia» En: G. Tissandier, *Recreaciones Científicas. Edición facsímile de la de 1887*. Barcelona, Editorial Alta Fulla, VII-XIII.
- PARIS, J.A. (1853) *Philosophy in sport*. Londrés, John Murray.
- PATTERSSEN, S. (1951) *Introducción a la Meteorología*. Buenos Aires, Espasa Calpe.
- PERELMAN, Y. (1975) *Física recreativa*. Moscú, Editorial Mir.
- ROMAS, J. (1755) «Mémoire, où après avoir donné un moyen aisé pour élever fort haut, & à peu de frais, un corps E'lectrisable isolé, ou rapporte des observations frappantes, qui prouvent que plus le corps isolé est élevé au dessus de la terre, plus le feu de l'E'lectricité est abondant». *Mémoires de mathématique et de physique, présentés à l'Académie royale des sciences par divers sçavans, et lus dans ses assemblées*, Paris.
- SIMON CASTEL, J. (2007) «Comunicando la física en la Europa del siglo XIX: El manual de Ganot y los oficios del libro» En: N. Herran,; J. Simon & X. Guillem-Llobat; T. Lanuza-Navarro; P. Ruiz Castell & J. Navarro (eds.) *Synergia: Jóvenes investigadores en Historia de la Ciencia*. Madrid, CSIC, 29-48.
- SUAY BELENGUER, J.M. (2007) «El vuelo transcultural de la cometa». En: N. Herran,; J. Simon & X. Guillem-Llobat; T. Lanuza-Navarro; P. Ruiz Castell & J. Navarro (eds.) *Synergia: Jóvenes investigadores en Historia de la Ciencia*. Madrid, CSIC, 283-299.
- SUAY BELENGUER, J.M. (2008) «Los Molinos y las Cometas de Mr. Euler Le fils. Modelos matemáticos para las máquinas hidráulicas en el siglo XVIII». *Quaderns d'Història de l'Enginyeria, IX*, 117-144.
- TISSANDIER, G. (1981) *Recreaciones Científicas, facsímile de la edición de 1887*. Barcelona, Alta Fulla.

- TIT, T. (1981) *La ciencia divertida, facsímile de la edición de 1890*. Barcelona, José J. de Olañeta, Editor.
- TURNER, G. L'E. (1987) «Scientific Toys». *The British Journal for the History of Science*, 20(4), 377-398.
- YOUNG, T. (1807) *Lectures on Natural Philosophy and Mechanical Arts*. Londres.

