

Introducción al estudio de la Cometa como un instrumento científico

Juan Miguel Suay Belenguer

Departamento de Salud Pública Área Historia de la Ciencia

Universidad de Alicante

Alicante, España

e-mail: jm_suay@inves.es

Resumen

Este artículo introduce la visión de la cometa, ese objeto que vuela al final de un hilo, como un instrumento científico a lo largo de la historia. Este estudio se enmarca dentro de una historiografía conocida como historia social y cultural de la ciencia, es decir, el estudio de todo aquello no escrito o más concretamente no formalmente presentado que genera la ciencia y que debe ser estudiado, como por ejemplo, el manejo de instrumentos y objetos materiales por parte de la ciencia. La tendencia actual es considerar que un instrumento adquiere la condición de científico por su uso y por tanto nos permite estudiar los procesos de "aculturación", es decir, los procesos a través de los cuales objetos concebidos para otros fines adquieren la condición de científicos al ser utilizados en la investigación. A continuación se muestran diferentes contextos de usos en épocas concretas, donde la cometa fue tratada como instrumento por la ciencia y la tecnología.

El medio de verificar la theórica en que cabe duda, es aplicarla á varias experiencias. De las mas comunes que se nos ofrecen á la vista diariamente, en asunto á la resistencia de los fluidos, es el vuelo de los Cometas que usan los Niños. O la fuerza del viento en ellos es en razon compuesta duplicada de su velocidad y seno del ángulo de incidencia, como generalmente creen todos los Autores modernos; o como la misma simple razon, según hemos expuesto. Dando una verdadera theórica de los Cometas se puede comprobar qual de los dos systhemas conviene con la practica; y por consiguiente, qual es el verdadero.

Jorge Juan y Santacilia. Examen Marítimo (1771)

En 1611, el humanista español Sebastián de Covarrubias y Horozco imprime su *Tesoro de la lengua castellana o española*, primer diccionario de nuestra lengua que intenta explicar el sentido y aclarar la etimología de las voces castellanas. Si buscamos en esta obra el término COMETA, podemos leer:

Latine cometa vel cometes, generis masculini, stella crinita; graece κομητης; Lucano, lib. I: Ignota obscurae viderunt sydera noctes, Ardentemque polum flammis, coeloque volantes Obliquas per inane faces, crinemque timendi Syderis et terris minitantem regna cometem. El cometa es una impresión ígnea, que se causa en la región suprema del aire por virtud de los astros y exhalación caliente y untosa; y porque ordinariamente en sus estremidades por rarefacción de su materia haze unos deshilados a manera de cabellos, se llamó cometa del nombre griego κομητης, *id est crinitus* [49]

Pero estos cometas no van a ser objeto de estas páginas. Esta voz en su género femenino, denota un objeto muy distinto. Tendremos que esperar a la publicación de los diferentes tomos del *Diccionario de Autoridades* (1726–1739) por la Real Academia Española, para encontrar por primera vez la otra acepción [10]¹:

Cometa. Lllaman tambien à una figura que imita la del cometa, hecha de papel engrudado con sus alambres, y un cordel de muchas brazas de largo: la qual quando hai viento, dándole cuerda, se remonta de manéra, que parece ave que vuela: y de noche la suelen poner unos farolillos con luz, con que burlan à ignorantes y muchachos, creyendo que es otra cosa. Lat. *Rhombus papyraceus, quen filo innixum, animi causa, pueri venti ludibrio committunt.*

En la edición del Diccionario de la Real Academia del año 2001 leemos [11]:

Cometa.[...] 2. - f. armazón plana y muy ligera, por lo común de cañas, sobre la cual se extiende y pega papel o tela. En la parte inferior se le pone una especie de cola formada con cintas o trozos de papel, y, sujeta hacia el medio a un hilo o bramante muy largo, se arroja al aire, que la va elevando, y sirve de diversión a los muchachos.

Como se aprecia en las sucesivas ediciones del diccionario de la Real Academia a lo largo de más de doscientos años, la acepción del término cometa no ha cambiado. Pero precisamente entre la segunda mitad del siglo XVIII y el primer tercio del siglo XX, la cometa pasó de ser un objeto lúdico a convivir con los instrumentos científicos utilizados por la meteorología, la electricidad, la fotografía o la tecnología militar, llegando a ser considerado como un objeto científico digno de ser estudiado por varias disciplinas de la ciencia y la tecnología. Es cierto que la cometa no abandonó su uso original, el de ser un objeto de entretenimiento y ritual en otras culturas, razón de la permanencia de la definición usual en los diccionarios, pero la incursión en el mundo científico estuvo acompañada de importantes transformaciones en su concepción, definición, interpretación y uso.

La introducción en Europa de la cometa durante los siglos XVI y XVII, procedente de los países del sureste asiático a través de las rutas comerciales [22], trajo consigo un

¹ Diccionario de la lengua castellana, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con las frases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua...

proceso de *aculturación*², primero como objeto mágico y curioso, para transformarse en un instrumento científico en los siglos siguientes, alcanzando durante un corto periodo de tiempo un importante papel en algunas ramas del conocimiento científico. Este estudio sobre la cometa como instrumento científico, se puede enmarcar en las corrientes historiográficas más recientes, que se han interesado por el estudio de las prácticas científicas en épocas concretas, generadoras de estudios, de valores y visiones particulares de la naturaleza y sobre la misma ciencia, así como en los estudios de los objetos y de los instrumentos científicos. En definitiva, se han interesado por lo que algunos autores han denominado el estudio de todo aquello no escrito o más concretamente no formalmente presentado que genera la ciencia y que debe ser estudiado [16].

Esta corriente ha despertado un interés por el estudio de los instrumentos científicos como objetos que representan a la cultura material de la ciencia, alejado del concepto presentado por el historiador de la ciencia Alexandre Koyré [28], que los veía solamente como un complemento material para ilustrar conclusiones que habían sido obtenidas previamente a través de razonamientos lógicos, abstractos y matemáticos³.

Si el objeto de estudio son los instrumentos científicos, surge la pregunta: ¿Qué es un instrumento científico? Maxwell en 1890 dio la siguiente definición:

Toda cosa, que es necesaria para la realización de un experimento se llama aparato. Una parte de un aparato construido especialmente para la realización de un experimento se llama instrumento [34].

La idea que surge de este párrafo es que un instrumento se define por su uso, destacando que el mismo no solamente es parte de un experimento, sino que puede ser empleado con otros propósitos, como los señalados por Helden y Hankins [24]:

- **Instrumentos como jueces de autoridad científica.** Cuando un instrumento se concibe con el fin de demostrar una teoría que se encuentra enfrentada a otra. El instrumento se construye como parte de un experimento crucial para zanjar la disputa.
- **Instrumentos como elementos de diálogo con audiencias potenciales de la ciencia y la tecnología.** Cuando se usan instrumentos similares para propuestas científicas similares. Las audiencias a las que van encaminadas no tienen por qué ser los científicos que van a usar el instrumento, sino las personas que van a subvencionar o patrocinar el experimento.
- **Puentes entre el mundo de la ciencia y la experimentación y una cultura popular determinada.** Los instrumentos proporcionan metáforas a escritores y poetas, además de tener un marcado rol pedagógico, ya que ilustran y confirman teorías, y definen para el público aquello que es aceptable para la ciencia.

²Se entiende por *aculturación* al término antropológico que denota la recepción y asimilación de elementos culturales de un grupo humano por parte de otro.

³Sobre estas cuestiones ver los siguientes estudios introductorios: [2, 9, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 40, 42, 43, 46].

Otro interesante aspecto de estudio han sido los procesos de transformación que sufren los instrumentos cuando son utilizados en contextos o espacios diferentes. Un instrumento puede pasar de un contexto a otro, sirviendo de este modo como *mediating machine*⁴, entre diversas disciplinas científicas y tecnológicas o la cultura popular. Un ejemplo de esto lo tenemos en el barómetro. Su gran popularidad como instrumento científico en el siglo XVIII, hizo que el mismo se transformara en un elemento decorativo en los hogares, perdiendo su condición de instrumento de medición y experimentación para la ciencia, circunstancia que aun perdura en la actualidad [7]. La cometa es un ejemplo similar, pero en este caso es un objeto de la cultura popular el que es asimilado por la ciencia. Mostraremos cómo la cometa fue considerada como instrumento científico en las siguientes áreas de actividad científica:

1. La cometa como instrumento didáctico:

Una de las primeras irrupciones de la cometa en la ciencia, se produjo a través de los tratados de física y matemática, donde la cometa fue objeto de un uso didáctico en la explicación de aspectos relacionados con la resistencia de los objetos en el seno de un fluido o para explicar las fuerzas implicadas en su vuelo en equilibrio. Este uso ha sido

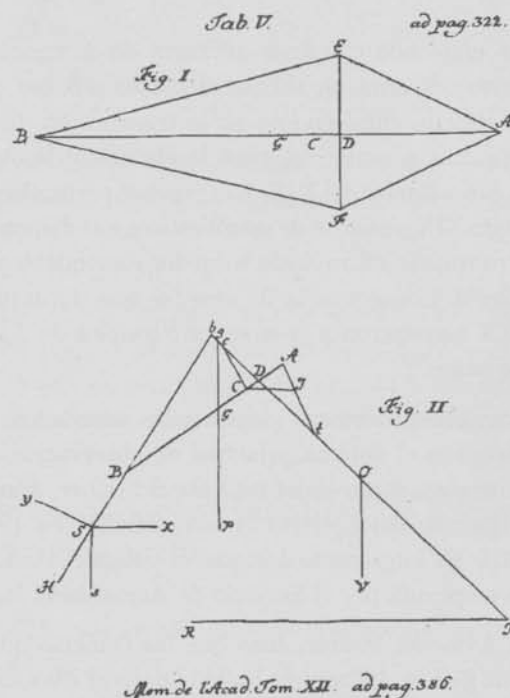


Figura 1: Grabado de la obra de la obra de Euler.

muy generalizado y hoy en día no es difícil encontrar en los libros de texto dedicados

⁴Expresión usada para definir este cambio de contexto de uso aparecida en [47].

a la enseñanza referencias a la cometa con este fin didáctico. Destacaremos las primeras apariciones como instrumento didáctico. En 1758 aparece publicado en la *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres* de Berlín un trabajo con el título "*Des cerf-volants*" [12] y firmado por "Euler le fils".

En este trabajo, la cometa es empleada como ejemplo para demostrar la ley que trata de explicar el comportamiento de los objetos inmersos en una corriente de aire, es decir, la resistencia de los objetos en un fluido, tal como Newton lo había enunciado en el libro II de los *Principia*. En 1771 en la obra del marino y científico español Jorge Juan titulada "*Examen Marítimo o tratado de Mechánica*" encontramos otra referencia. En su Tomo I se hace eco del trabajo de Euler con el apéndice: *Sobre la teoría de los cometas que vuelan los niños para verificar la ley con que resisten los fluidos* [50]. No será éste el único tratado de física experimental de la época donde aparece. En la obra del holandés Peter Van Musschenbroek *Introductio ad philosophiam naturalem* escrita en 1762, aparte de la descripción de un experimento con cometa eléctrica, dibuja el sistema de fuerzas de la cometa en vuelo [44].

2. La cometa como instrumento de observación. Usos militares y fotografía aérea:

Las cometas se han empleado con fines militares desde épocas remotas en China y Japón. Los ejércitos encontraron un valioso elemento auxiliar para la guerra en la cometa, e hicieron uso de ella empleándola en la transmisión de señales de día y de noche, para medir distancias y, como no, para la elevación de observadores, en clara competencia con los globos a finales del XIX. Las pruebas realizadas por medio de globos libres a principios del siglo XIX pusieron de manifiesto que se disponía de una plataforma desde la que se podía transmitir información sobre los movimientos del enemigo y guiar los disparos de la artillería. Consecuencia de esto fue que durante el último tercio del XIX y principios del XX empezaron a crearse los Servicios de Aerostación Militar en los ejércitos de algunos países⁵.

Estos servicios desarrollaron técnicas y materiales adecuados, en los que el globo, tanto libre como cautivo, era el sistema principal de observación, pero también se diseñaron sistemas con cometas, como el del teniente Schreiber, adoptado por la Marina Rusa en 1903, el del Capitán del Ejército Francés Madiot en 1909 o el del también francés Saconney en 1910. Es interesante destacar el sistema ideado por S.F. Cody⁶ con el diseño de su cometa empleada por el Servicio de Aerostación Inglés y la Marina.

La aparición de la Aviación Militar, hizo que las cometas quedaran obsoletas, al igual que los sistemas de globos. La cometa volvió aparecer durante la Segunda Guerra Mundial, de una manera anecdótica, en cuatro formas⁷: para elevar antenas en las emisoras de socorro en los botes salvavidas (fig. 3.1); como barrera antiaérea (fig. 3.2); como blanco antiaéreo (fig. 3.3) y el autogiro-cometa, *Focke Achgelis FA330* que era

⁵El desarrollo de los mismos puede verse en: [48].

⁶Las siguientes obras tratan de su vida y aportaciones a la historia de la aeronáutica: [25, 29, 45].

⁷Se puede ver en: [14, 23, 36].

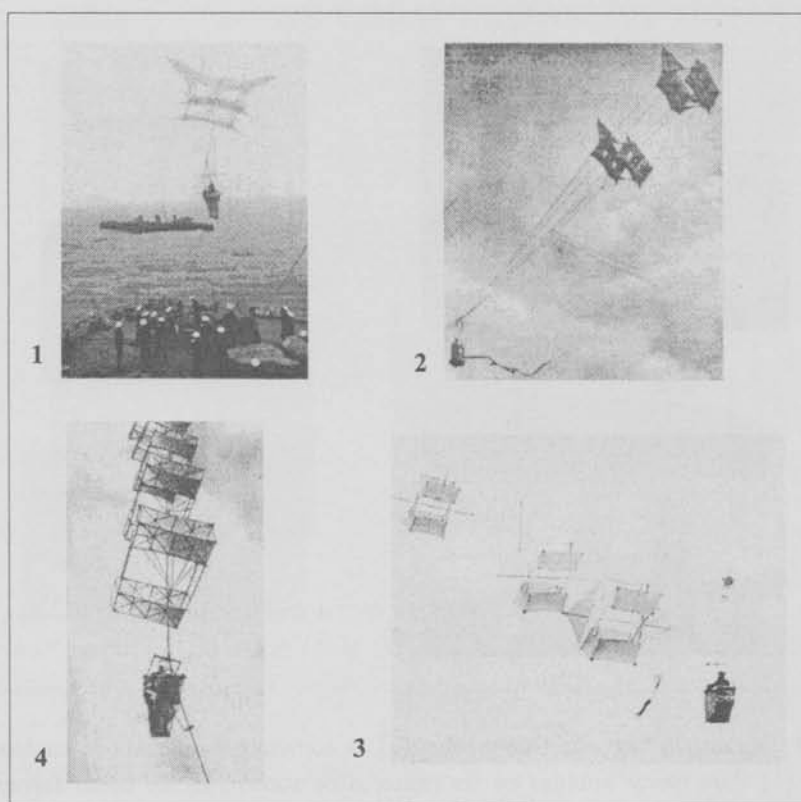


Figura 2: Sistemas de elevación con cometas. (1) Sistema de S.F. Cody probado en un barco de la marina. 1903. (2) Sistema de Saconney. 1910. (3) Sistema de Schreiber. 1903. (4) Sistema de Madiot. 1909.

arrastrado por los submarinos alemanes como plataforma de observación (fig. 3.4). Antes de la aparición de los aviones, se emplearon cometas para la realización de fotografías aéreas. El sistema era tan simple como colgar en una cometa o en su hilo una cámara fotográfica, con un mecanismo remoto, que disparaba la cámara estando en el aire.

3. Otros Usos: Salvamento Marítimo, las cometas en aerodinámica y la teoría del vuelo.

Durante el siglo XIX, una de las múltiples aplicaciones que tuvieron las cometas fue la de salvamento marítimo. Puesto que la mayoría de los naufragios ocurren cerca de la costa, se puede emplear una cometa para tender un cabo entre el barco y la costa y así, rescatar a los naufragos. Si bien no tengo referencias de que fueran utilizadas en rescates reales, la descripción en libros y revistas del siglo XIX y principios del XX, es muy abundante⁸.

La cometa se empleó también en el desarrollo de la aeronáutica, principalmente en

⁸Por ejemplo: [26]. También es descrito el sistema en: [6].

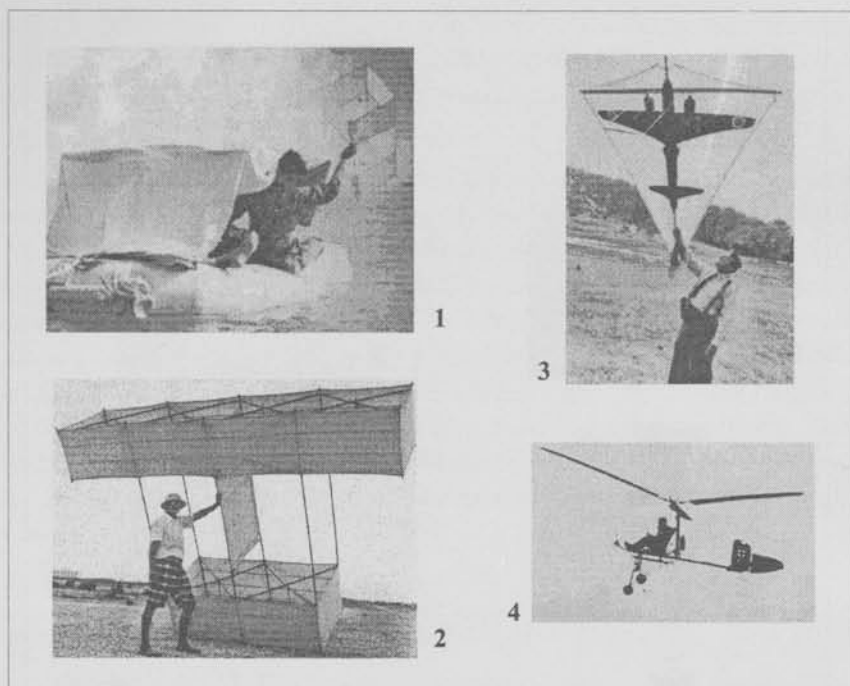


Figura 3: Durante la Segunda Guerra Mundial, la cometa fue utilizada de cuatro maneras distintas: (1) Para elevar antenas en las emisoras de socorro en los botes salvavidas. (2) Como barrera antiaérea. (3) Como blanco antiaéreo. (4) Autogiro-cometa.

los siguientes aspectos: la cometa es la forma más primitiva de una máquina voladora más pesada que el aire y, por tanto, ha estado estrechamente ligada al desarrollo del avión y de las teorías aerodinámicas⁹. Ejemplos de ello son: los trabajos del australiano L. Hargrave¹⁰, inventor de la cometa celular y de los trabajos aeronáuticos llevados a cabo por A. G. Bell, quien después de patentar el teléfono trabajó con cometas ideando la cometa tetraédrica [4].

4. La cometa como instrumento de estudio de la atmósfera.

El experimento de Franklin es el uso más conocido de la cometa como instrumento científico, si bien el análisis de los textos de los electricistas del XVIII, induce a pensar en un uso meramente anecdótico en el descubrimiento de la naturaleza eléctrica del rayo y en los posteriores estudios sobre la electricidad atmosférica. En este último aspecto es donde parece que tuvo un mayor interés como instrumento eléctrico, a tenor de lo visto en la obra del electricista inglés de origen italiano Tiberius Cavallo [5], ya que, aunque fuera por un periodo corto de tiempo, la cometa se describe inmersa en un sistema experimental, capaz de deducir mediante la misma una serie de principios. Si bien en su

⁹Sobre la historia de la aerodinámica: [1].

¹⁰Sobre la obra de Hargrave es interesante el trabajo de: [8], así como: [39, 41].

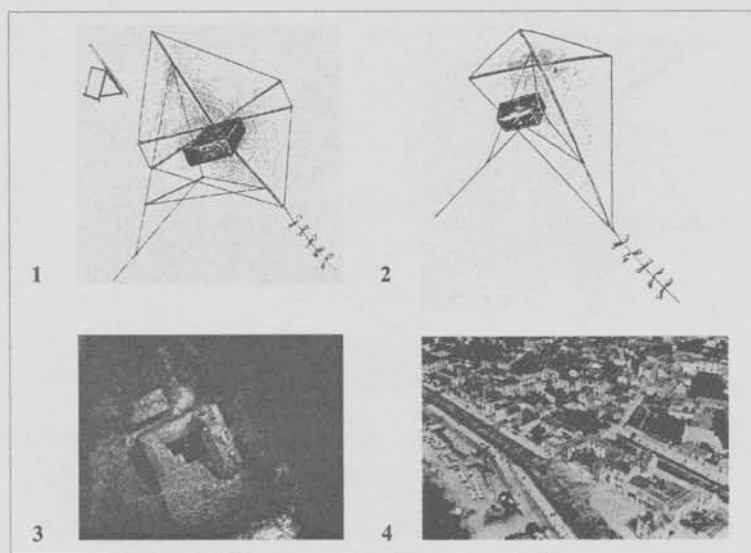


Figura 4: (1) Sistema de Batut. (2) Sistema de Wenz. (3) Foto aérea de la residencia de Batut desde un cometa a 127 m de altura (1889). (4) Fotografía aérea de "Les Sables D'Olonne" realizada con el sistema de Wenz.

mayoría los tratados de meteorología desde el siglo XIX mencionan el experimento de Franklin como precedente de estudios meteorológicos en el pasado, la cometa eléctrica durante el siglo XVIII estaba más cerca de los estudios sobre los fluidos eléctricos que de la meteorología, ciencia que no aparecería hasta mediados del siglo XIX. El nacimiento de la meteorología como ciencia de la atmósfera fue paralelo a su desarrollo como servicio público, ya que la predicción de los fenómenos meteorológicos es necesaria para el buen funcionamiento de una serie de actividades sociales y económicas. Esto hizo que se creara la necesaria cooperación internacional entre los distintos servicios nacionales, ya que los fenómenos que ocurren en la atmósfera tienen que ser estudiados a escala mundial. El avance de la ciencia meteorológica trajo la necesidad de estudiar la atmósfera, no sólo con mediciones a nivel del suelo sino también a distintas alturas, creándose lo que se denominó aerología.

La aerología¹¹, entendida como el estudio de las altas capas de la atmósfera, nació en el momento en que los globos libres pudieron elevarse de una manera segura a grandes alturas. Esto permitió elevar instrumentos de medida. Para que esta ciencia avanzara, sin embargo, fue necesaria la creación de una serie de técnicas e instrumentos de observación, ya que el estudio exclusivo con globos libres no era un método que pudiera repetirse con la frecuencia deseada para la predicción del tiempo. Los sondeos con globos pilotos¹² y cometas fueron las nuevas técnicas más usadas, sobre todo en los

¹¹En el congreso anual de la Comisión Internacional de la Aerostación Científica celebrado en 1906, el meteorólogo alemán Köppen propone el nombre de "aerología" a la parte de la meteorología que se encarga de medir, recopilar e interpretar datos de las altas capas de la atmósfera, así como describir las leyes físicas de la atmósfera libre [35].

¹²Es el método más simple de sondeo aerológico y se usaba cuando se quería medir la velocidad y

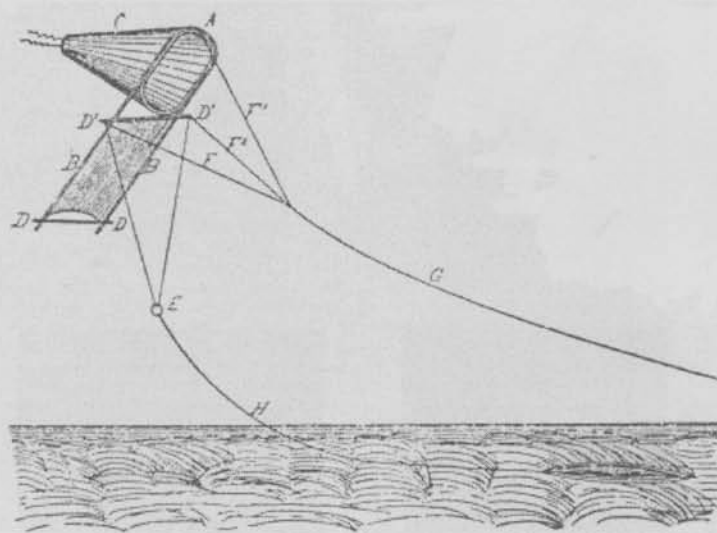


Figura 5: Cometa de salvamento de Jobert (1887).

servicios meteorológicos de Estados Unidos, Alemania e Inglaterra, entre otros.

La cometa fue utilizada por la aerología en el momento en que se diseñaron nuevos modelos más eficaces¹³, de tal forma que los resultados experimentales con los mismos eran comparables a otros métodos, como los globos libres o cautivos. Estas cometas se desarrollaron a finales de siglo XIX y principios del XX, coincidiendo con las investigaciones relacionadas con la aerodinámica del vuelo de aparatos más pesados que el aire.

El análisis de los distintos manuales¹⁴ de la época, en los que se muestra la descripción técnica de los instrumentos empleados por la aerología: globos, tipos de cometas, meteorógrafos e instrumentos auxiliares, pone de manifiesto que la cometa tenía la consideración de instrumento científico inmerso en un sistema experimental. Con el fin de sondear la atmósfera con ayuda de cometas, se intentó elevar un aparato registrador o meteorógrafo a grandes alturas¹⁵. Para conseguir esto se empleaba un tren de cometas,

dirección del viento a diferentes alturas. El método consistía en lanzar un globo pequeño a la atmósfera y seguirlo con ayuda de un teodolito, que es un aparato topográfico provisto de un anteojo o telescopio, el cual podía girar en dos planos perpendiculares. Para determinar el ángulo de altura sobre el horizonte, se giraba sobre un eje horizontal. También rotaba sobre un ángulo vertical, para la determinación del ángulo de acimut o ángulo respecto a la dirección Norte - Sur. Por medio de estas medias y unos cálculos sencillos se podía determinar la velocidad del viento a determinadas alturas.

¹³Hasta finales del siglo XIX, las cometas empleadas en los primeros sondeos o los estudios de la electricidad atmosférica eran las del tipo tradicional, con forma de rombo o diamante y cola para su estabilización. El desarrollo de la cometa celular de Hargrave y la cometa curvada de Eddy, supuso que las cometas tuvieran la tracción y estabilidad necesarias para la elevación de los aparatos para el registro de los parámetros meteorológicos en función de la altura (meteorógrafo).

¹⁴Entre otros interesantes: en inglés: [38]; en Alemán: [27]; en castellano: [30, 31, 32, 33, 37].

¹⁵El meteorógrafo era un instrumento de registro simultáneo, a lo largo del tiempo, de la presión, la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del aire. Estos datos se grababan, por medio de unos estiletes movidos por los correspondientes aparatos de medida, sobre un tambor giratorio que tenía

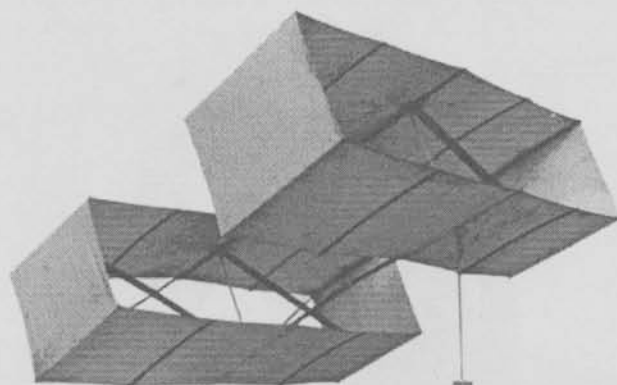


Figura 6: Cometa Celular de Hargrave.

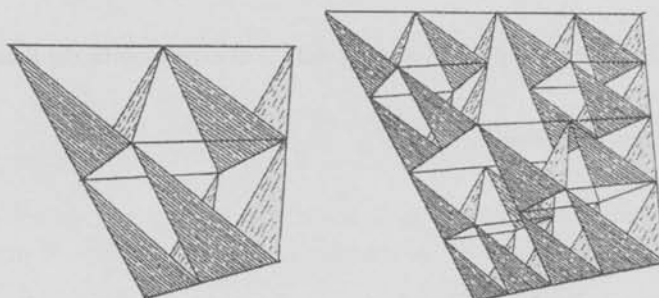


Figura 7: Cometas tetraédricas de cuatro y dieciséis celdas de A.G. Bell.

donde la primera de ellas, denominada piloto o principal, llevaba el aparato de medida. El resto, denominadas auxiliares o secundarias, eran las encargadas de aliviar el peso del cable de sujeción, que se enrollaba y desenrollaba con ayuda de un torno. Junto a la cometa principal se colocaba otra, denominada cometa de seguridad.

Las alturas que se alcanzaban con estos métodos oscilaban con un tren de dos cometas entre los 3000 y 4000 m. de altitud, pero el 1 de agosto de 1919, en el Observatorio de Lindenberg, situado en Alemania, se elevó un tren de ocho cometas meteorológicas, las cuales después de 18 horas de elevación y 15 Km de cuerda de piano, como hilo, alcanzó los 9740 m. de altitud, récord que ha permanecido imbatible hasta ahora.

Las cometas quedaron obsoletas con el desarrollo de los sondeos con avión y la aparición de las primeras radiosondas. Estos métodos, más eficaces y con menos dificultades prácticas, hicieron que la cometa fuera olvidada por la ciencia aerológica. De hecho, los últimos sondeos sistemáticos con cometas dejaron de realizarse en la tercera década del siglo XX. Tras su breve experiencia como instrumento científico, la cometa volvió a su uso original de tal forma que, hoy en día, la ciencia no la reconoce como instrumento,

colocada una banda de metal ahumado.



Figura 8: Grabado del siglo XIX que reproduce el experimento del Franklin en 1752.

salvo en casos muy aislados¹⁶.

Referencias

- [1] J.D. Anderson. *Hystory of aerodynamics*. Cambridge University Press., Cambridge, 1997.
- [2] R.G.W. Anderson, J.A. Benett, y W.F. Ryan. *Making instruments count. Essays on historical scientific instrumets*. Variorum, 1993.
- [3] B.B. Balsley, J.B. Williams, G.W. Tyrrell, y C.L. Basley. Atmospheric research using kites: Here we go again! *Bulletin American Meteorological Society*, 73(1):17-29, 1992.
- [4] A.G. Bell. The tetrahedral principle in kite structure. *National Geographic Magazine*, 6(14):219-51, 1903.
- [5] T. Cavallo. A complete treatise on electricity. pp 357-8, 1782.
- [6] O. Chanute. *Progress in flying Machines. Republication of the work fist published in 1884*, pp 180-181. Dover Publications, Nueva York, 1997.
- [7] W. Clark, J. Golinski, y S. Schaffer. Barometers of change: Meteorological instruments as machines of enlightenment. En *The Sciences in Enlightened Europe*, pp 64-94. Chicago, Univ. Chicago Press, 1998.
- [8] D. Craddock. Construction drawings for a selection of kites designed by Lawrence Hargrave, y A.,Revensbourne to Airborn, 1994.

¹⁶Un uso reciente en metereología se describe en: [3].

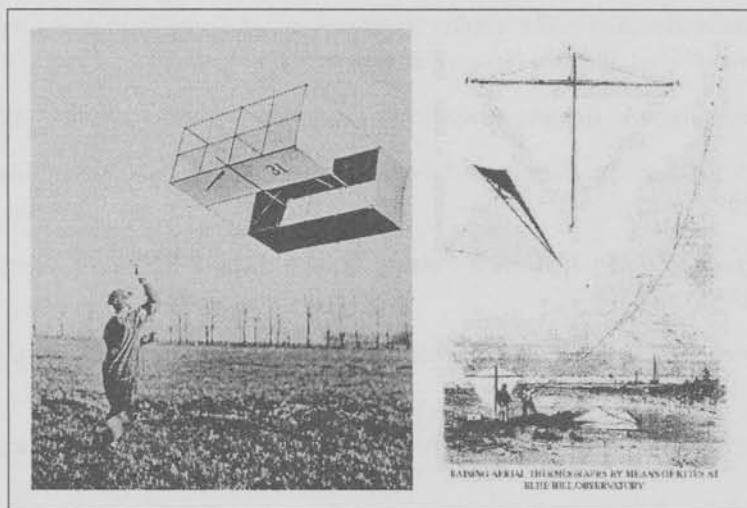


Figura 9: Cometas meteorológicas tipo Hargrave (izquierda) y Eddy (derechas).

- [9] M. Daumas. *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*. PUF, Paris, 1953.
- [10] Real Academia Española. *Diccionario de la lengua castellana*, Vol. Segundo, que contiene la letra C. Imprenta Francisco del Hierro, Madrid, 1729.
- [11] Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. Espasa-Calpe, Madrid, vigésima segunda edición, 2001.
- [12] L. Euler. Des cerfs - volants. En *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres*, pp 322-364 y Fig I y II, siguientes p. 386. Berlin, MDCCLVI.
- [13] J.V. Field. What is scientific about a scientific instrument? pp 3-26, 1988.
- [14] P. Garber. *U.S. Navy Target Kites*. Washington, 1944.
- [15] J. Golinski. Intervention and representations. En *Marking Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*, pp 133-145. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- [16] J. Golinski. *Marking Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- [17] D. Gooding, T. Pinch, y S. Schaffer, editores. *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*. University Press, Cambridge.
- [18] D. Gooding, T. Pinch, y S. Schaffer, editores. *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*. University Press, Cambridge.
- [19] W.D. Hackmann. *Scientific instruments: models of brass and aids to discovery*, 1989.

- [20] L. Thomas Hankins. *The Ocular Harpsichord of Louis-Bertrand Castel; or, the Instrument That Wasn't*. Número 9. Osiris, 1994.
- [21] T.L. Hankins y A. Helden, editores. *Instruments*. Número 9. Osiris, 1994.
- [22] C. Hart. *Kites: An Historical Survey*. Paul P. Appel Publisher, Mount Vernon, N.Y., 1982. p.62.
- [23] C. Hart. *Kites: An Historical Survey*. Paul P. Appel Publisher, Mount Vernon, N.Y., 1982. p.163-4.
- [24] A. Helden y T.L. Hankins. *Introduction: Instruments in the History of Science*, Vol. 9. OSIRIS, 1994.
- [25] G. Jenkins. *Coronel Cody and the Flying Cathedral*. New York, Picador USA., 2000.
- [26] C. Jobert. Un cerf-volant porte-amarre à cone.l'aéronaute,. Vol. 20, pp 43-46. 1887.
- [27] E. Kleinschmit. *Handbuch der meteorologischen Instrumente*. Verlag von Julius Springer, Berlín, 1935.
- [28] A. Koyré. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo veintiuno, Madrid, 1977.
- [29] A.G. Lee. *The flying Cathedral Londres*. Methuen & Co.Ltd., 1965.
- [30] J.M. Lorente. Crónica de un viaje de estudios (1^{ra} parte). En *Anales de la Sociedad de Meteorología*, Vol. I. 1927.
- [31] J.M. Lorente. Crónica de un viaje de estudios (2^{da} parte). En *Anales de la Sociedad de Meteorología*, Vol. I. 1927.
- [32] J.M. Lorente. Crónica de un viaje de estudios (3^{ra} parte). En *Anales de la Sociedad de Meteorología*, Vol. II. 1927.
- [33] J.M. Lorente. *Meteorología Aeronáutica*. Saeta, Madrid, 1942.
- [34] J.C. Maxwell. General considerations concerning scientific apparatus. En *Handbook to the Special Loan Collection of Scientific Apparatus*, p 2. Chapman and Hall, Londres, 1890.
- [35] F. Nabeker. *Calculating the Weather. Meteorology in the 20th Century*. Academic Press, San Diego, 1995.
- [36] D. Pelham. *The Penguin Book of Kites*. Londres, 1976.
- [37] Rubio Rojas y Francisco de P. *Aplicación de las Cometas* 1919.
- [38] Rotch y A. Lawrence. Exploration of the air by means of kites. En *Anales del Observatorio Astronómico del Colegio de Harvard (parte I)*, Vol. XLII. Cambridge University Press, 1897.

- [39] T.C. Roughley. *The Aeronautical Work of Lawrence Hargrave*. Sydney, David Harold Paisley, Government Printer, 1937.
- [40] S. Shaffer, editor. *Glass works: Newton's prisms and the uses of experiment*. 1989.
- [41] W.H. Shaw. *Lawrence Hargrave: Explorer, Inventor and Aviation Experimenter*. Stanmore, Cassell, Australia, 1977.
- [42] E.L.G. Tuner y D.J. Bryden. *A Classified Bibliography on the History of Scientific Instruments*. Oxford-Edinburgh, 1997.
- [43] A.J. Turner. Interpreting the history of scientific instruments.
- [44] P. van Musschenbroek. *Introductio ad philosophiam naturalem*, Vol. I. Leyden, 1762.
- [45] P.B. Walker. *Early Aviation At Farnborough. Balloons, Kites and Airships*. Macdonald & Co., Londres, 1971.
- [46] Warner y Deborah. *Terrestrial Magnetism: For the Glory of God and the Benefit of Mankind*, pp 65-85. Número 9. Osiris.
- [47] M.N. Wise. Mediating machines. *Science in Context*, 2(1):77-113, 1988.
- [48] J. Montoto y de Simón. *Precursores*. IHCA, Madrid.
- [49] S. Covarrubias y Horozco. *Tesoro de la Lengua Castellana o Española*. 1611.
- [50] J. Juan y Santacilia. *Examen Marítimo o tratado de Mecánica*, Vol. I, pp 399-424. Madrid, 1771.