

Aerothermochemistry

Gregorio Millán Barbany

Catedrático de Mecánica de Fluidos y Aerodinámica

de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos

Miembro de la Real Academia de Ciencias

Reedición conmemorativa del 50º aniversario de la edición original

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos
Universidad Politécnica de Madrid

Asociación de Ingenieros Aeronáuticos de España

Madrid, 2009

Aerothermochemistry, Gregorio Millán Barbany

Edición conmemorativa del 50º aniversario de la edición original de 1958 publicada por el INTA, abril 2009

Editores científicos: Manuel Rodríguez Fernández, Carlos Vázquez Espí

Diseño de la cubierta: Javier Leonés Ranz

© 2009 Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos

Plaza del Cardenal Cisneros 3, 28040 Madrid, España

ISBN 13:978-84-86402-08-2

D.L. GU-114-2009

PRESENTACIÓN

Amable Liñán

Es un gran placer para mí presentar esta re-edición literal de la monografía *Aerothermochemistry* de Gregorio Millán (1919-2004). La re-edición por la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos se produce cuando acaban de cumplirse 50 años de la publicación por el INTA, en ciclostilo, de los 800 ejemplares de la edición original.

Cuando Gregorio Millán cursaba sus estudios de Ingeniería Aeronáutica, que inició en 1941, se estaba produciendo un cambio revolucionario en esta ingeniería. Se acaba de iniciar el desarrollo de los aerorreactores, sin los cuales era impensable que los aviones pudiesen alcanzar velocidades transónicas o supersónicas; simultáneamente, para la viabilidad de los cohetes de sondeo o de los misiles balísticos, se impulsó el desarrollo de los motores cohete. La Mecánica de Fluidos, disciplina central de las Ciencias Aeronáuticas y determinante del diseño de estos motores, fue elegida por Gregorio Millán como objeto de su actividad docente e investigadora.

En la formación de Gregorio Millán había tenido un papel crucial el inusual ambiente docente de la Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos, que se reflejaba en la preocupación del profesorado por el papel de las ciencias básicas y aplicadas en el desarrollo de la Ingeniería Aeronáutica. Este ambiente docente era heredero del que ya se daba en la antecesora de la Academia, la Escuela Superior Aerotécnica, desde su creación en 1928, bajo la dirección de Emilio Herrera. Para las enseñanzas básicas, Herrera había conseguido la colaboración, que se mantuvo en la Academia Militar, de los profesores universitarios españoles más eminentes (muchos de ellos, igual que el propio Emilio Herrera, miembros de la Academia de Ciencias).

Uno de estos profesores era Esteban Terradas, que fue Presidente del Patronato del INTA desde su creación. Terradas se propuso impulsar el desarrollo en España de las Ciencias Aeronáuticas, invitando a los científicos extranjeros más prestigiosos en estas ciencias a impartir ciclos de conferencias. Entre ellos Teodoro von Kármán que en 1948 vino a España, por primera vez, para hablar de Aerodinámica Transónica y Supersónica y sobre Turbulencia. De entonces nació la colaboración fructífera de Gregorio Millán con von Kármán, quien orientó la actividad docente e investigadora posterior de Millán y también las investigaciones del Grupo Español de Combustión.

Von Kármán, que se considera con justicia el padre de las Ciencias Aeronáuticas americanas, había sido el Director de los Guggenheim Aeronautical Laboratories del Instituto Tecnológico de California (Caltech). Poco antes de la última Guerra Mundial inició su preocupación por el desarrollo de los cohetes, y después por los

aerorreactores, siendo el creador del Jet Propulsion Laboratory. Comprendiendo que el análisis de los procesos de combustión era esencial para el diseño de estos motores y que debía hacerse con el apoyo de la Dinámica de Fluidos, se embarcó en el proyecto de establecer el marco multidisciplinar apropiado. Para ello, consiguió la colaboración del Profesor Saul Pennner del Caltech y de Gregorio Millán, Ingeniero del INTA y Profesor de la Academia (luego Escuela) de Ingenieros Aeronáuticos.

La *Aerothermochemistry* se basa en el ciclo de conferencias que Teodoro von Kármán impartió en la Sorbona durante el curso 1951-1952, en cuya preparación y desarrollo contó con la ayuda de Gregorio Millán. Por el interés suscitado por estas conferencias de von Kármán, el Air Research and Development Command (ARDC) de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos ofreció a Gregorio Millán, en 1954, un contrato para apoyar la redacción y actualización, mediante un programa de investigación, de las conferencias de la Sorbona. Para este proyecto, Gregorio Millán contó con la colaboración de un grupo de ingenieros y profesores de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos, que formaron el Grupo Español de Combustión. Este grupo incluía a Segismundo Sanz Aránguez, Jesús Salas Larrazábal, Carlos Sánchez Tarifa, José Manuel Sendagorta e Ignacio Da Riva. Al grupo se sumaron pronto los profesores Francisco García Moreno y Pedro Pérez del Notario, y yo mismo que empecé como becario en 1958. Más tarde, creció notablemente el número de participantes (entre ellos, Enrique Fraga, Antonio Crespo, José Luis Urrutia y Juan Ramón Sanmartín) en los proyectos de investigación del Grupo. También se ampliaron las fuentes de subvención, que incluyeron el US Forest Service del Departamento de Agricultura americano, así como la European Space Research Organization (ESRO).

El ARDC facilitó la difusión internacional, a través de laboratorios universitarios y centros de investigación, de los 800 ejemplares de la edición original de la *Aerothermochemistry*. A pesar de ello, hace ya bastante tiempo que no se encuentran disponibles ni accesibles copias del original. El valor histórico y la actualidad de la Aeroquímica de Millán nos ha animado a hacer el esfuerzo de transcribir el original en \TeX y rehacer las figuras para una re-edición. Esta tarea no hubiese sido posible sin la decisión espontánea de Manuel Rodríguez Fernández de iniciar esa transcripción, llegando a completar casi la tercera parte. Este impulso inicial animó a las autoridades académicas de la Escuela a finalizar la tarea, encargando a Carlos Vázquez Espí la coordinación y supervisión de la transcripción y de las correcciones, labor en la que colaboraron Eva Villaceros y los estudiantes de la ETSI Aeronáuticos Alfredo Giralda, Ramón Lacruz y David Marchante. En la re-edición se han eliminado erratas del original, se han rehecho la mayoría de las figuras con los métodos actuales de cálculo,

que no cambiaron los resultados, y se han incluido algunas anotaciones significativas. Por todo el apoyo recibido, tenemos que agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid y a la Asociación de Ingenieros Aeronáuticos la publicación en forma de libro de la monografía.

En la *Aerothermochemistry* aparece por primera vez el marco multidisciplinar coherente, que es necesario para el análisis de los procesos de combustión. Este análisis, como había anticipado von Kármán, no puede hacerse sin ampliar las leyes de la Mecánica de Fluidos con las de la Teoría de los Fenómenos de Transporte, la Termodinámica de Mezclas y la Cinética de las Reacciones Químicas.¹ Aunque la monografía de Millán contribuyó decisivamente a establecer la necesidad del tratamiento multidisciplinar en la investigación de los Procesos de Combustión y de la Aerodinámica Hipersónica, el nombre *Aerothermochemistry* fue desplazado finalmente por el de Ciencias de la Combustión.

La importancia de la *Aerothermochemistry* para la Escuela Española de Mecánica de Fluidos ha sido trascendental, porque en ella se abordan problemas de frontera de la Mecánica de Fluidos con un lenguaje moderno y unas técnicas avanzadas. Ha sido ejemplar, tanto para la enseñanza de la Mecánica de Fluidos como para la investigación y el uso de la dinámica de los fluidos en ámbitos multidisciplinares.

Por el cariño con el que von Kármán acogió y valoró las aportaciones del Grupo Español de Combustión, von Kármán eligió Madrid como sede del Primer Congreso Internacional de Ciencias Aeronáuticas, que se celebró también en 1958. A este Congreso acudieron las personalidades más relevantes de las Ciencias Aeronáuticas; entre ellos, Geoffrey Taylor, Leónidas Sedov y James Lighthill. Lighthill, por ejemplo, habló de los efectos en flujos hipersónicos de las reacciones químicas de disociación de las moléculas del aire. Von Kármán fue también esencial en la organización en 1960 de un Curso sobre Ciencia y Tecnología del Espacio, en el INTA, que precedió a la creación de la CONIE y a nuestra participación en la ESRO. Por las aportaciones de von Kármán a las Ciencias Aeronáuticas, poco antes de su muerte en Aachen en 1963, recibió de las manos del Presidente Kennedy la primera Medalla Nacional de Ciencias americana y su imagen fue recogida en uno de sus sellos.

Gregorio Millán agradece en el prólogo la valiosa colaboración de Carlos Sánchez Tarifa, José Manuel Sendagorta e Ignacio Da Riva a la *Aerothermochemistry*.

¹Conviene advertir al lector de la *Aerothermochemistry* que, por ejemplo, fue en las conferencias de la Sorbona donde apareció por primera vez la forma general de la ecuación de la energía para la dinámica de fluidos reactantes. En ella se incorporan explícitamente los intercambios de energía química, térmica y cinética, el flujo de calor y el trabajo de las fuerzas de presión y de viscosidad; todos ellos involucrados en el funcionamiento de los motores térmicos.

Los tres fueron determinantes en el desarrollo de la Escuela Española de Mecánica de Fluidos. José Manuel Sendagorta (responsable de despertar en mí la vocación por la investigación) sustituyó a Gregorio Millán en la enseñanza de la Mecánica de Fluidos, que tuvo que dejar cuando la fundación y el desarrollo de Sener le absorbieron todo su tiempo; pero consiguió convertir pronto a Sener en una de las grandes empresas españolas de Ingeniería. Primero Sánchez Tarifa y más tarde Millán, cuando dejó la dirección de Babcock & Wilcox, fueron llamados por Sendagorta para contribuir al desarrollo de Sener. Sánchez Tarifa fue el responsable de la enseñanza de Propulsión en nuestra Escuela, y director, en el INI, del proyecto y ensayo del primer motor de reacción español; desde Sener dirigió nuestra participación en el diseño del motor del Eurofighter. La labor investigadora experimental en Combustión de Sánchez Tarifa fue seminal, inspirando la labor de algunos de los investigadores más distinguidos procedentes de nuestra Escuela. Ignacio Da Riva, pronto catedrático de Aerodinámica, sólo dejó su fructífera dedicación, incansable y ejemplar, a la enseñanza e investigación cuando la muerte le sobrevino en clase. Fue mi maestro y compañero en la investigación, y puntal esencial en la Escuela Española de Mecánica de Fluidos.

Las contribuciones científicas de Millán, que están recogidas en parte en este libro, fueron muy importantes y contribuyeron a su elección en 1961 como Miembro de la Real Academia de Ciencias. Su influencia en la enseñanza es difícil de imaginar para las nuevas generaciones, pero es inolvidable para mí; que aprendí Mecánica de Fluidos de él y de José Manuel Sendagorta, y adopté las notas para clase que nos dejaron. Yo aprendí en la *Aerothermochemistry* la base teórica de la Combustión; y fui iniciado en la investigación sobre las llamas de difusión por Gregorio Millán en las reuniones semanales que los componentes del Grupo de Combustión teníamos con él en su etapa (1957-1961) de Director General de Enseñanzas Técnicas. El lector puede encontrar en la reseña necrológica² que escribí para la Revista de la Real Academia de Ciencias, un breve resumen de las aportaciones de Millán a la política educativa y también de su labor como gestor a nuestro desarrollo tecnológico.

Espero que esta re-edición de la *Aerothermochemistry* sirva de modesto homenaje a los méritos de las aportaciones de Gregorio Millán y sus colaboradores a las Ciencias Aeronáuticas Españolas.

²In Memoriam: D. Gregorio Millán Barbany, Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., Vol 99, No. 1, pp. 183-185, 2005.