

LAUDATIO leída por Amable Liñán, actuando como Padrino, en el acto de Investidura de Forman A. Williams como Doctor Honoris Causa de la Universidad Politécnica de Madrid.

Excmo. y Magnífico. Sr. Rector

Ilustrísimos Sres.,

Doctores y Doctoras,

Señores y Señoras,

Queridos amigos:

Es para mi un privilegio glosar aquí las aportaciones excepcionales del Profesor Forman Williams a las ciencias de la Ingeniería y a la formación de nuestros graduados que nos han llevado a solicitar su nombramiento como Doctor Honoris Causa.

Forman Williams nació en New Jersey, Estados Unidos en 1934. Siguió estudios de Ingeniería Aeronáutica en la Universidad de Princeton, licenciándose en Ciencias de Ingeniería en 1955. Después continuó sus estudios en el Caltech (Instituto Tecnológico de California) donde obtuvo el título de Doctor en 1958.

Desde 1958 a 1964 su actividad investigadora y docente se desarrolló en la Universidad de Harvard; salvo un semestre en que fue Profesor Visitante en el Imperial College de la Universidad de Londres y una etapa en la que trabajó en el Institute for Defense Analysis. En 1964 fue nombrado Profesor en la recién creada Universidad de California en San Diego, donde actualmente ocupa la cátedra Presidencial en Ciencias Físicas y de la Ingeniería y Combustión, donde también fue muchos años Director del Center for Energy Research. Desde 1997 es también Professor Adjunct de la Universidad de Yale.

Durante el periodo 1981-1988 ocupó la Cátedra Robert H. Goddard en el Departamento de Ingeniería Aeroespacial de la Universidad de Princeton.

Su actividad investigadora ha estado dirigida a ampliar nuestro conocimiento de los procesos de combustión. Se inició, con sus estudios de Doctorado, en 1955 en el Caltech, Desde entonces su investigación ha tenido como objetivo el análisis de los fenómenos básicos que determinan los procesos de combustión. Los resultados están recogidos en varios libros y más de 300 publicaciones en revistas con revisores, y también en la obra y en la admiración de los que nos dedicamos a la Mecánica de Fluidos y a la Combustión.

La combustión es una reacción química que libera calor y que tienen lugar a un ritmo, muy rápidamente creciente con la temperatura, determinado por la cinética de las reacciones químicas y por el movimiento, frecuentemente turbulento, del fluido reactante y los procesos de transporte de calor y masa.

Las aplicaciones tecnológicas de los procesos de combustión cubren un amplio espectro; desde su uso industrial y doméstico para la calefacción y calentamiento en procesos químicos y metalúrgicos; y para la eliminación de residuos tóxicos y urbanos; para la generación de energía eléctrica, para la propulsión. (Para cubrir estas aplicaciones quemamos actualmente 7000 millones de toneladas, anuales de combustibles fósiles, entre el gas natural, el petróleo y el carbón). La combustión juega también un papel fundamental en los incendios y en las explosiones accidentales o provocadas.

La Ciencia de la Combustión tiene como objetivo el conocimiento y la descripción cualitativa y cuantitativa de los procesos y fenómenos de combustión, con ayuda de métodos experimentales y teóricos; estos últimos basados en las leyes básicas procedentes de la Mecánica de Fluidos, la Termodinámica, la Teoría de los Fenómenos de Transporte y de la Cinética Química.

Si como dice Forman Williams (en un excelente artículo de exposición de los fenómenos básicos de la Combustión escrito para la Encyclopedia of Physical Sciences and Technology, que acaba de publicar Academic Press): Hoy tenemos un conocimiento adecuado de los principios básicos de la Combustión, para que esta Ciencia puede

considerarse ya como una ciencia aplicada. Sin embargo, para que esto sea así han sido esenciales las aportaciones de muchos investigadores, y ha sido clave la contribución de algunos de ellos como la de Forman Williams.

Si bien nuestro conocimiento de la combustión tiene una larga historia, no existía hasta hace medio siglo una formulación coherente de los principios de la Combustión, un área de conocimiento de carácter interdisciplinar, donde como he dicho antes han de reunirse las leyes de la Dinámica de Fluidos, con las de la Termodinámica, de los Fenómenos de Transporte de Calor y Masa y la Cinética de las Reacciones Químicas para generar el conjunto de leyes que rigen los procesos de combustión.

En la formulación de las leyes de la Combustión fue esencial la contribución de Teodoro von Karman, entonces en el Instituto Tecnológico de California, y dos colaboradores en este empeño: los profesores Saul Penner del Caltech y Gregorio Millán de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid.

Teodoro von Kármán fue una de las tres figuras cruciales, con L. Prandtl y G.I. Taylor, en el desarrollo de la Mecánica de Fluidos y Sólidos y de las Ciencias Aeronáuticas en el siglo XX. Entre otras muchas actividades, durante la segunda guerra mundial von Kármán dirigió un grupo de investigación para el desarrollo de cohetes y misiles, que dio lugar a la empresa Rocketdyne y al Jet Propulsion Laboratory, que él fundó. Pronto descubrió la necesidad de sentar las bases del conocimiento adecuado de los procesos de combustión para el diseño de estos cohetes y de los turborreactores que nacieron en los años cuarenta para la propulsión de aviones a velocidades transónicas y supersónicas.

Para este proyecto von Karman recabó en el Caltech, la ayuda de Saul Penner, y sus colaboradores y jóvenes estudiantes, entre ellos Forman Williams. Von Karman también solicitó, aquí en Madrid, la ayuda de Gregorio Millán, quien reunió un grupo de colaboradores, al que yo me incorporé en 1958. Tanto Williams como yo tenemos el honor de ser nietos espirituales de von Kármán, por haber sido iniciados en la

investigación por Penner y Millán, quienes en el área de la combustión recogieron muy eficazmente la antorcha de von Kármán.

El conocimiento de un conjunto de leyes cuya transcripción matemática se traduce en un sistema muy complejo de ecuaciones no lineales, en derivadas parciales, no nos lleva directamente a un conocimiento transparente de los fenómenos de combustión, y mucho menos a predicciones cuantitativas utilizables en el diseño de las cámaras de combustión. Era necesario establecer un programa en la que los fenómenos de la combustión, entonces sólo conocidos de un modo cualitativo, fenómenos tales como las ondas de combustión, deflagraciones y detonaciones, la estructura de las llamas de difusión, los fenómenos de ignición y extinción, la combustión de mezclas multifásicas (de chorros con gotas o partículas sólidas), tuviesen un tratamiento teórico adecuado, sujeto a su confirmación con técnicas experimentales.

A la elaboración y desarrollo de este programa contribuyeron muy especialmente los grupos dirigidos por Saul Penner y otros colaboradores de von Kármán (como Frank Marble) en el Caltech y el grupo dirigido en Madrid por Gregorio Millán; en el que el programa experimental nació de la mano de Carlos Sánchez Tarifa.

La contribución de Forman Williams al estado actual de la Combustión ha sido impagable, por su extraordinaria capacidad intelectual y su curiosidad universal ante los variadísimos problemas científicos y tecnológicos asociados a los procesos de combustión; por sus muchas aportaciones propias al conocimiento de los fenómenos de combustión y por su capacidad de sintetizar estos conocimientos en artículos y en libros que han sido esenciales para extender estos conocimientos a la comunidad científica.

La primera edición de su libro "Combustión Theory," escrita en 1964 y publicada por Addison Wesley, recoge la visión generalista de von Karman que ya había sido expuesta en 1958 en la *Aerothermochemistry*, monografía publicada en

1958 por Gregorio Millán, como versión generalizada y actualizada de las conferencias de von Karman en la Sorbona, donde Gregorio Millán fue su colaborador.

El libro de Williams representó un hito en el desarrollo de la Ciencia de la Combustión. Fue desde entonces de referencia obligada para el aprendizaje y para la actividad investigadora teórica y aplicada posterior en Combustión. Sólo fue sobrepasado por la segunda edición, completamente renovada y ampliada, publicada por Benjamín-Cummings en 1985. En esta edición se recoge los grandes avances en la teoría de la Combustión, que habían tenido lugar, acompañando el crecimiento explosivo de la Tecnología de la Combustión, impulsados por la demanda energética y por la Ingeniería Aeroespacial. En buena medida, muchos de estos avances fueron catalizados por un artículo de Forman Williams sobre la Teoría de la Combustión, publicado en el Annual Reviews of Fluid Mechanics, que atrajo al campo a un número apreciable de investigadores sobresalientes.

La actividad investigadora del Profesor Williams se extiende a todas las áreas y aspectos de la Combustión. Quiero resaltar algunas de las aportaciones singulares de Forman Williams a la Teoría de la Combustión, Empezando por su contribución a la formulación teórica de la combustión de chorros de combustibles en aire, desarrollada en Harvard con el apoyo de la National Science Foundation. Esta teoría, donde se describe la evolución espacial y temporal de la distribución de tamaños de gotas, sigue constituyendo la base en que se sustentan las formulaciones y tratamiento actual de estos flujos multifásicos con combustión.

A la formulación de los procesos de Combustión turbulenta ha hecho Forman Williams contribuciones muy importantes incluyendo la edición, junto con Paul Libby, de dos libros publicados en 1983 y 1995 en los que se recoge el estado del arte en este problema capital de la Combustión. Estos libros, que incluyen un extenso capítulo introductorio de los autores, han sido catalizadores fundamentales de la actividad posterior.

No quiero dejar de mencionar la ingente labor de Forman Williams en el desarrollo de esquemas cinéticos detallados para las reacciones químicas de combustión, y para la simplificación de los mismos generando, con ayuda de técnicas asintóticas, esquemas cinéticos reducidos para la modelización realista de los procesos de combustión. Para la evaluación fiable de las emisiones en la combustión es imprescindible contar con el esquema cinético adecuado, que incluye hasta centenares de especies intermedias, con muchos centenares o millares de reacciones elementales entre ellas. Puedo asegurarles que los esquemas cinéticos aportados en San Diego por el grupo de Forman Williams están entre los más fiables de los desarrollados por la comunidad científica de la Combustión.

Los investigadores españoles en el área de la Combustión (muchos de los cuales, por razones históricas, proceden de esta Universidad Politécnica) se han beneficiado, como cualquier otro investigador del campo, de las aportaciones del Profesor Williams. Pero la afinidad, casi sanguínea, resultante de nuestra herencia común de von Karman, junto con la predisposición innata de Williams a prestar su ayuda desinteresada a todo aquel que muestra una curiosidad y vocación por contribuir al conocimiento científico, ha posibilitado unas relaciones muy estrechas y fructíferas de nuestros investigadores con Forman Williams.

Independientemente de mi propia relación de colaboración con Forman, que ha sido claramente determinante de mi actividad científica, tres de nuestros graduados se formaron científicamente, doctorándose con Forman Williams. Carlos Fernández-Pello, Profesor en la Universidad de Berkeley, Manolo Kindelán y Antonio Sánchez, que también han sido posteriormente mis próximos colaboradores, son actualmente profesores en la Universidad Carlos III. Independientemente, Forman Williams ha estado siempre dispuesto a acoger, en estancias sabáticas o postdoctorales, a nuestros investigadores y estudiantes de doctorado, ofreciéndoles un ambiente extraordinariamente incentivador de su propia actividad científica en su Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial, que ahora dirige Juan Carlos Lasheras, un Ingeniero Aeronáutico de nuestra Politécnica que Forman Williams llevó a San Diego.

Somos muchos los que tenemos como maestro a Forman Williams, a quien por su obra debemos mucho de nuestra formación, sin cuyo entusiasmo contagioso por el conocimiento y curiosidad intelectual no seríamos quienes somos

Por todo ello, solicito la investidura como Doctor Honoris Causa para el Profesor Forman Arthur Williams.

Muchas gracias.