

# LAUDATIO

*leída por José Manuel Vega,  
actuando como Padrino, en  
el acto de Investidura del  
Profesor Edgar Knobloch, de la  
Universidad de California en  
Berkeley, como Doctor Honoris  
Causa de la Universidad  
Politécnica de Madrid.*

*by José M. Vega  
for the Doctor Honoris Causa  
award by the Universidad  
Politécnica de Madrid  
of Professor Edgar Knobloch,  
from the University  
of California,  
Berkeley.*

Sr. Rector Magnífico,  
Sr. Presidente del Consejo Social,  
Sres. Vicerrectores,  
Sra. Secretaria General,  
Srs. Directores,  
Nuevos Doctores y Doctores,  
Señoras y Señores,

Queridos amigos:

Es para mí un muy agradable privilegio glorificar las aportaciones excepcionales del Profesor Edgar Knobloch a la Matemática Aplicada, con aplicaciones muy relevantes a la Física y Ciencias de la Ingeniería. Al solicitar su nombramiento como Doctor Honoris Causa, se ha tenido en cuenta, también, su colaboración continuada con nuestra universidad, en particular, en la formación de nuestros graduados y doctores.

Aunque a día de hoy posee doble nacionalidad, británica y estadounidense, Edgar Knobloch nació en Praga, antigua Checoslovaquia, en 1953. Su familia emigró al Reino Unido cuando Edgar tenía doce años, y permaneció en este país en los años sucesivos. Obtuvo los

Mr. Rector Magnificus,  
President of the Social Council,  
Vice-Rectors,  
General Secretary of the University,  
Directors of the various Schools of the University,  
New appointed Doctors of the University,  
Ladies and Gentlemen,

Dear Friends:

It is with much pride and satisfaction that I have the privilege of giving the Laudatio for the award of Doctor Honoris Causa to Professor Edgar Knobloch, emphasizing his exceptional contributions to applied mathematics at large, which are quite relevant in physics and engineering science. When proposing Professor Knobloch for the Award, we have also taken into account his continuous collaboration with our university, in particular, in the education of our graduate students and postdocs.

Even though he holds nowadays double citizenship, from United Kingdom and United States of America, Edgar Knobloch was born in Praga (then Czechoslovakia) in 1953. When Edgar was 12 years old, his family emigrated to United King-

títulos de graduado (1974) y Master (1975) en Matemáticas, en la Universidad de Cambridge. Su formación se completó en la Universidad de Harvard, donde obtuvo el título de Doctor en Astronomía (1978). Su carrera académica prosiguió en el Departamento de Física de la Universidad de California, Berkeley, donde (salvo estancias en, por ejemplo, la universidad de Leeds, en el periodo 2000-2004) ha permanecido hasta la actualidad, primero como profesor titular (1978-1984) y después como catedrático (desde 1984).

Una idea de la calidad del Departamento de Física de la universidad de California en Berkeley, que me impresionó sobremanera cuando lo visité por primera vez, es que entre sus profesores ha habido ocho Premios Nobel (de los 22 de esa universidad), a los que hay que sumar otros ocho que fueron antiguos alumnos del departamento; el último de estos, Barry Barish, recibió el premio (compartido) en 2017 por su contribución a la detección de ondas gravitacionales, un tema que ha recibido una considerable atención mediática recientemente. Estas cifras abruman, e invitan a la reflexión, cuando se comparan con el número total de Premios Nobel de nuestro país (siete, cinco de ellos en Literatura). Los dos restantes son Premios Nobel científicos, entre los que solo uno, Santiago Ramón y Cajal, lo recibió (en 1906) siendo profesor de una universidad española. El otro, Severo Ochoa, obtuvo el Premio en 1959 siendo profesor fuera de España, aunque fue antiguo alumno de la Universidad Central de Madrid, donde estudió bajo la dirección del catedrático Juan Negrín, a su vez, discípulo de Ramón y Cajal y último Presidente del Gobierno de la República española, en el periodo 1937-39. Por tanto, se mire como se mire, el número de Premios Nobel científicos del departamento de Física de la Universidad de Berkeley es ocho veces mayor que el de nuestro país entero. Por otro lado, es curioso (y honroso) recordar que un catedrático de nuestra universidad, José Echegaray, obtuvo el Premio Nobel (¡pero de Literatura!) en 1904; Echegaray, por su parte, era un eminente científico

dom, and remained in this country, where Edgar completed the BS (1974) and MS (1975) degrees in Mathematics at the university of Cambridge. His studies continued at Harvard University, where he completed his PhD in Astronomy, in 1978. His academic carrier continued at the Physics department, University of California (UC) in Berkeley, first as assistant professor (1978-1984) and then as full professor (from 1984). He has remained at this department, except from some periods of time in, e.g., the University of Leeds, UK, in 2000-2004.

An idea of the quality of the Physics Department of UC Berkeley, which highly impressed me when I visited the department for the first time, is the number of Nobel Prizes delivered around the department: eight faculty (approximately one third of the twenty two total number of UC Berkeley) and eight former alumni. Among the latter, Barry Barish received the Prize in 2017 for this contributions to the experimental detection of gravitational waves, a topic that has recently received a lot of attention in the media. These figures are very impressive, especially when they are compared with the total number of Nobel prizes in our whole country (seven, five of them in Literature). The remaining two are scientific Nobel Prizes, one of them (in 1906) to Santiago Ramón y Cajal, then a professor at a Spanish university. Severo Ochoa, instead, received the Prize in 1959 while working at a foreign university. Professor Ochoa was a former student of the Universidad Central de Madrid, under the supervision of Professor Juan Negrín, who in turn was a former student of Ramón y Cajal and the last Prime Minister of the Spanish Republic, during the period 1937-1939. Therefore, one professor and one former student of Spanish universities have received a scientific Nobel Prize, which are eight times smaller than their counterparts in the Physics Department of UC Berkeley. On the other hand, it is curious (and proud) to remember that a professor of our university (José Echegaray) received the Prize (but in Literature!) in 1904, though he was a prominent scientist and mathematician, perhaps the best Spanish mathematician of the XIX Century.

y matemático, quizá el mejor matemático español del siglo XIX.

Todo esto sugiere que algo falla, y ha fallado históricamente, en nuestro sistema de Educación, Ciencia y Tecnología. La financiación (que en buena parte no se decide en la universidad) es, sin duda, una de las razones, pero hay otras que sí están a nuestro alcance. Por ejemplo, un manifiestamente mejorable conjunto de planes de estudio, que se elaboran mediante un sistema un tanto asambleario, y unas deficientes medidas de impulso y motivación del talento científico y tecnológico. Aprovecho la presencia del Sr. Rector en este acto, conocedor de su preocupación por la calidad de la UPM, para incidir en estas importantes cuestiones, que en algún momento (más pronto que tarde) deberán abordarse de modo riguroso.

Volviendo al tema central de estas palabras, el Profesor Knobloch ha recibido numerosas becas, premios y distinciones de gran prestigio, en países tales como Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda y Francia, y ha impartido conferencias plenarios en congresos de primer orden a nivel internacional. Es Doctor Honoris Causa desde 2012 por la universidad Paul Sabatier, de Toulouse, Francia. También ha ocupado cargos muy relevantes en consejos editoriales de las mejores revistas de su especialidad. Por ejemplo, ha sido Editor en Jefe de la revista *Nonlinearity* desde 2013 y Editor del *Journal of Nonlinear Science* desde 1998.

Desde su formación inicial en Matemáticas y Astronomía, el Profesor Knobloch derivó al estudio de Sistemas Dinámicos, con especial énfasis en el papel de las simetrías, focalizando su trabajo en las aplicaciones a la Dinámica de Fluidos. Por ejemplo, tiene numerosas publicaciones en el *Journal of Fluid Mechanics*, la revista de referencia en el campo y, como gran experto a nivel mundial en simetrías en Mecánica de Fluidos, fue invitado a escribir un artículo sobre este tema en la revista más importante del campo, *Annual Review of Fluid Mechanics*.

All these suggest that something is (and has continuously been) wrong in our Education and R&D system. Financial aspects (which are largely decided by regional and national authorities, outside the university) are undoubtedly important, but other issues also contribute to these deficiencies. For instance, our Curricula should be greatly improved, as should the system itself for the construction of the Curricula. Efficient mentoring and enhancement of young scientific and technological talent is also crucial. Let me take advantage of the presence in this Ceremony of the UPM Rector, Professor Guillermo Cisneros, whose concern about the quality of education and research is well known to me, to emphasize these important issues, which (sooner rather than later) should be addressed in a rigorous way.

Returning to the main topic in this address, Professor Knobloch has received along his carrier numerous grants, visiting appointments, and prizes, recognizing the high quality of his work, from several countries, such as USA, United Kingdom, Australia, New Zealand, and France, and has delivered invited lectures in very important scientific meetings of worldwide class. He received the Docteur Honoris Causa from the University Paul Sabatier, Toulouse, France. On the other hand, Professor Knobloch has been a member of the Editorial Boards of the most important journals in his research field. For instance, he has been Editor-in-Chief of *Nonlinearity* since 2013, and Editor on the *Journal of Nonlinear Science* since 1998.

From his initial education in mathematics and astronomy, Professor Knobloch shifted to the analysis of *dynamical systems*, with special emphasis in the role of *symmetries*, focusing on applications to *fluid dynamics*. He has published a number of papers in the *Journal of Fluid Mechanics*, which is the reference journal in the field. Also, as the leading worldwide expert in the role of symmetries in fluid dynamics, he was invited to write a review paper on this topic in the *Annual Review of Fluid Mechanics*, the best journal in the field.

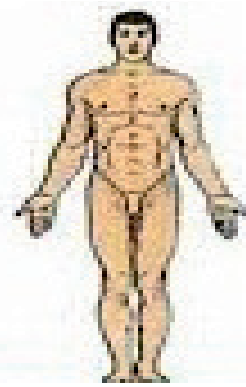
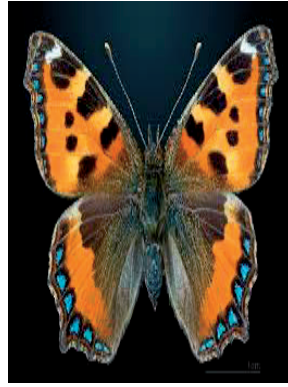


Fig. 1

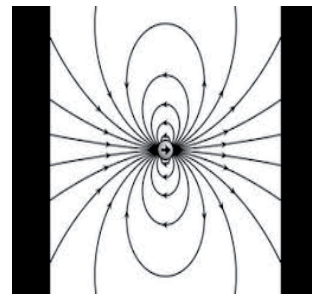
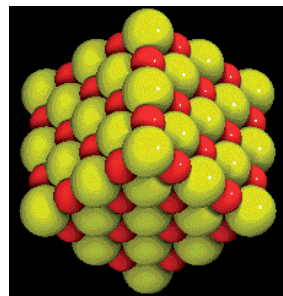
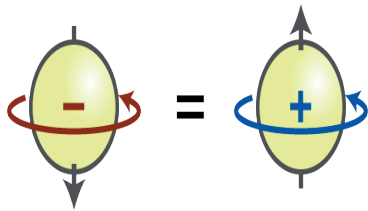


Fig. 2

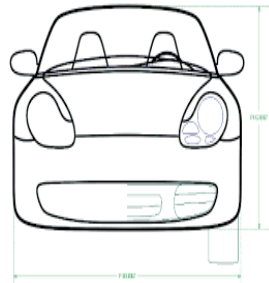


Fig. 3

Las simetrías juegan un papel crucial en muchos campos científicos, tales como:

- La *Biología*, en que, por ejemplo, los seres vivos en reposo tienden a ser simétricos en su forma exterior (Fig.1) a pesar de no serlo interiormente.
- La *Física*, donde muchos los problemas básicos poseen simetrías (Fig.2).
- La *Tecnología*, donde se buscan diseños simétricos (Fig.3) en, por ejemplo, medios de transporte.

Symmetries are relevant in a variety of scientific fields, such as:

- Biology*, where, for instance, the external shape of animals and human beings at rest tend to be symmetric (Fig.1), in spite of the fact that their interior is not.
- Physics*, where many basic problems exhibit symmetries (Fig.2).
- Technology*, where symmetric designs (Fig.3) are frequently sought in, e.g., transportation.

Los *fluidos* son ubicuos en *sistemas de ingeniería*, cubriendo aspectos muy importantes, que van desde sistemas hidráulicos hasta el flujo alrededor de (y en el interior de los sistemas propulsivos de) medios de transporte, tales como trenes, automóviles y aeronaves. Tales flujos son turbulentos en situaciones industriales realistas, y su estudio es muy intrincado desde los puntos de vista físico y computacional. Considerar estos flujos como *sistemas dinámicos* ayuda a comprender la física subyacente, lo que es imprescindible en labores de diseño, certificación y control de los sistemas de ingeniería asociados.

Podría pensarse que, debido al continuo (e impresionante) incremento de la potencia de los medios de cálculo observado en los últimos años, a día de hoy (o en un futuro próximo) se puede llegar a “calcular todo”, haciendo innecesario el estudio cuidadoso de la física subyacente. Sin embargo, tal apreciación es profundamente incorrecta, tal como puso de manifiesto, por ejemplo, John J. Tracy (Director de Tecnología de Boeing) en 2012, cuando decía, entre otras afirmaciones relacionadas, que: “...*El ordenador se ocupa del trabajo farragoso, pero es incapaz de pensar, de modo que ahora es más importante que nunca, para el trabajo práctico del ingeniero, moverse hacia la intuición física...*”. En otras palabras, los cálculos numéricos, costosísimos, proporcionan bases de datos gigantescas que deben validarse, evaluarse e interpretarse, desde en un conocimiento profundo de las leyes físicas subyacentes. Desde la física (y las matemáticas), pueden analizarse *transiciones* (o *bifurcaciones*) en las que las simetrías juegan un papel muy relevante, tal como han puesto de manifiesto las aportaciones del profesor Knobloch. En problemas formulados en términos de ecuaciones fuertemente no lineales, tales como las que gobiernan la dinámica de fluidos, las simetrías presentes en la formulación original pueden conservarse, o también romperse a través de bifurcaciones, dando lugar a configuraciones fluidas cualitativamente distintas. Y es en este punto, precisamente, donde la interpretación en términos de sistemas dinámicos juega un

*Fluid flows* are paramount in *engineering systems*, covering a variety of very important aspects in, e.g., hydraulic systems, external flows around railway, automotive, and aircraft transportation devices, and internal flows in propulsion systems. Under realistic engineering conditions, these flows are turbulent and thus very complex from both the computational and physical points of view. Considering these flows as *dynamical systems* is very helpful to understanding the underlying physics, which is essential in engineering tasks such as design, certification, and control of the associated engineering systems.

It could be thought that, due to the continuous (and impressive) increase in computer capabilities that has been achieved in recent years, it is possible nowadays (or will be possible in the next future) to “compute everything”, making it unnecessary to carefully analyze the underlying physics. However, such assertion is quite wrong, as has been noted (among other related statements), for instance, by John J. Tracy (Boeing, Chief Technology Officer) in 2012: “...*The computer handles much of the drudgery, but it can't do the thinking. It is now more important than ever for a practicing engineer to bring to the task a strong physical intuition, solidly based in the physics*”. In other words, the very costly numerical computations just lead to giant databases, which must be validated, evaluated, and discussed, in a post-process that should rely on a deep knowledge of the underlying physical laws. The physics (and mathematics) allow for studying *transitions* (or *bifurcations*), in which symmetries play an important role, as has been revealed in the contributions by Professor Knobloch. In problems governed by highly nonlinear equations, such as those involved in fluid flows, the symmetries that are present in the formulation may be preserved in the solutions. However, these symmetries may also be broken in bifurcations, giving rise to new, qualitatively different flow configurations. It is precisely in this task where the dynamical systems approach plays a very important role and the work of

papel muy importante, y el trabajo de investigadores como Edgar Knobloch resulta crucial.

Nuestra relación con el Profesor Edgar Knobloch comenzó durante los años 90 del pasado siglo, y se hizo rápidamente más estrecha a través de varios contratos financiados por la OTAN y NASA. En particular, NASA financió dos proyectos conjuntos, dirigidos por el Profesor Knobloch, sobre el comportamiento de *flujos medios en sistemas fluidos sometidos a vibración* en condiciones de microgravedad; por ejemplo, en líquidos confinados en contenedores. Los flujos medios aparecen en sistemas vibratorios no lineales debidos a la observación, simple, de que el cuadrado de una señal con media cero no tiene media cero. Estos efectos son importantes en muchos campos, y dan lugar a efectos sorprendentes, tales como la estabilización (pasiva) del equilibrio superior de un péndulo cuando se vibra verticalmente el eje del péndulo, con una aceleración superior a un cierto umbral. En particular, en la dinámica de fluidos sometidos a vibración, Lord Rayleigh explicó en 1883 cómo los términos convectivos, que son cuadráticos, producen flujos medios que son de interés, por ejemplo, en la deposición no uniforme de polvo en tubos de sonido, en circulaciones oceánicas globales, y en el transporte de contaminantes. La novedad de nuestro trabajo en este campo fue demostrar que, en contra de la suposición ampliamente aceptada por aquel entonces, los flujos medios afectan a la dinámica de las ondas vibratorias que los producen, en vez de ser solamente un subproducto de ellas.

La colaboración con Edgar Knobloch en aquellos proyectos fue muy beneficiosa para mí. También participaron en ellos, y vieron impulsada su carrera científica a través del contacto con el Profesor Knobloch, María Higuera y Carlos Martel, que son hoy profesores (Titular y Catedrático respectivamente) de nuestra universidad. Por otro lado, entre nuestros profesores actuales se encuentra Jeff Porter, antiguo alumno de doctorado del Profesor Knobloch en la universidad de California, Berkeley. A partir de entonces, Edgar Knobloch ha mantenido una relación continuada con la ETSI Aeronáuticos, que visita con

leading researchers such as Professor Knobloch becomes crucial.

Our relation with Professor Edgar Knobloch began during the 1990s and was rapidly enhanced by several Grants funded by NATO and NASA. In particular, NASA funded two joint projects, with Professor Knobloch as Principal Investigator, *on mean flows in vibrated fluid systems* (for instance in vibrating containers) *under microgravity conditions*. Mean flows appear in vibrated systems due to the simple observation that the square of a zero mean signal does not exhibit zero mean. Mean flows are relevant in a variety of fields, such as the (passive) stabilization of the upper equilibrium of a pendulum when its axis is subject to vertical vibration with an acceleration larger than a certain threshold. In particular, in the fluid dynamics of confined liquids subject to vibration, Lord Rayleigh explained in 1883 how the quadratic convective terms promote mean flows, which are relevant in, e.g., the non-uniform deposition of dust in sound tubes, in global oceanic circulation, and in the transport of contaminants. Our main contribution was demonstrating that, contrary to the assumption that was generally accepted at that time, the mean flows are not just byproducts of the primary vibrating flow. Instead, they affect the dynamics of the primary waves.

I benefited a lot from my close and continuous collaboration with Edgar Knobloch in these projects. María Higuera and Carlos Martel, who are nowadays in the permanent faculty of our university, as Assistant and Full Professors, respectively, also participated in the projects, and got a great enhancement of their scientific carriers through the close contact with Professor Knobloch. On the other hand, Jeff Porter, a former student of Edgar Knobloch at UC Berkeley, is now Assistant Professor in our university. Since that time, Professor Knobloch has maintained a continuous collaboration with the Aerospace Engineering School of our university, through visits on a regular basis, which are

frecuencia para impartir charlas en nuestro Seminario, discutir problemas relevantes y participar en tribunales de tesis doctorales. Además, el Profesor Knobloch ha acogido en Berkeley a antiguos alumnos nuestros, que se han beneficiado ampliamente de su contacto con él. En resumen, somos varios los miembros de esta universidad los que estamos en deuda con Edgar Knobloch, por su curiosidad y honestidad intelectuales contagiosas, que han contribuido sin duda a que seamos lo que somos hoy.

Por todo ello hemos solicitado la investidura como Doctor Honoris Causa para el Profesor Edgar Knobloch. En vista de sus méritos, nuestra universidad se siente honrada por su aceptación de tal nombramiento.

Muchas gracias por su atención.

used to deliver talks in our colloquium seminar, to discuss scientific problems of common interest, and to participate in PhD thesis evaluation committees. In addition, Professor Knobloch has hosted at UC Berkeley former students of us, who have benefited a lot from his contact with him. Summarizing, there are many faculty and former students of our university who are in debt with Edgar Knobloch, and learned from his enthusiastic curiosity and scientific integrity and quality, which undoubtedly has contributed a lot to what we are today.

It is because of all these that we have requested the nomination of professor Knobloch as Doctor Honoris Causa. In view of his merits, our university is proud to count on him for this nomination.

Thank you for your attention.

# *Discurso de aceptación del grado de Doctor “Honoris Causa”*

Universidad Politécnica de Madrid.

Madrid 23 de Febrero de 2018

**Edgar Knobloch, PhD, DSc**

Professor of Physics

University of California at Berkeley, Berkeley, California 94720, USA

Sr. Rector Magnífico,  
Sres. Vicerrectores,  
Sra. Secretaria General,  
Sr. Presidente del Consejo Social,  
Srs. Directores,  
Nuevos Doctoras y Doctores,  
Señoras y Señores,

Queridos amigos:

Me presento hoy ante vosotros, con humildad y gratitud, para aceptar la investidura como Doctor Honoris Causa de esta estimada institución. Es un gran honor para mí, que valoro como el reconocimiento que se otorga, tanto a mí mismo como a mi trabajo. Esta investidura me produce una especial satisfacción puesto que reconoce la larga y exitosa colaboración que he disfrutado con varios miembros de esta Universidad, en particular, con el profesor José Manuel Vega, y sus excelentes colaboradores Carlos Martel y María Higuera, ambos profesores de esta universidad en la actualidad.

Me gustaría comenzar contándoos un poco sobre mí mismo, sobre mi trabajo y sobre cómo comencé a colaborar con el profesor Vega.

Mi trayectoria hacia la Física no ha sido en absoluto lineal. Cuando era adolescente, las mate-

Mr. Rector Magnificus,  
Vice-Rectors,  
General Secretary of the University,  
President of the Social Council,  
Directors of the various Schools of the University,  
New appointed Doctors of the University,  
Ladies and Gentlemen,

Dear Friends:

It is with great humility and gratitude that I appear here before you on this occasion to accept a Doctor Honoris Causa degree from this esteemed institution. This is a very great honor and I greatly value the recognition that it bestows on me and my work. I am particularly pleased because it recognizes the long and successful series of collaborations I have enjoyed with members of this University, and in particular with Professor José Manuel Vega and his excellent students Carlos Martel and Maria Higuera, both now also Professors in this University.

I would like to begin by telling you a little bit about myself, about my work and how I came to collaborate with Professor Vega.

My path to becoming a physicist was by no means linear. When I was a teenager I became



máticas me fueron fascinando, y pasaba todo mi tiempo libre profundizando en esta notable materia—a costa de las típicas distracciones preferidas por mis compañeros. Como se ha mencionado, llegué al Reino Unido en 1965, cuando tenía 12 años, como refugiado de lo que entonces era Checoslovaquia. Como no hablaba inglés, se me incluyó en una clase de nivel inferior a la que me correspondía por mi edad. Se podría pensar que me moví hacia las matemáticas por mis dificultades con el idioma pero, de hecho, fue más bien al contrario: las matemáticas me resultaron de un nivel mucho mayor de lo que había aprendido en Checoslovaquia, de modo que, aunque pronto fui de los mejores de la clase, las matemáticas eran mi peor materia. Sin embargo, la emigración despertó en mí el deseo de probarme, de tener éxito en un ambiente nuevo y extraño para mí. Tuve la suerte de tener un conjunto de excelentes profesores, en especial en matemáticas, que reconocieron en mí un talento para esta materia y me animaron a profundizar en ella. Salté un año y fui muy pronto liberado de asistir a clases de matemáticas, permitiéndome, en cambio, emplear mi tiempo estudiando textos avanzados en la biblioteca del centro. Podía ir a casa de mis profesores después de clase para estudiar con ellos y aprender materias mucho más avanzadas que las de los programas. Uno de los profesores retrasó su jubilación para supervisar mi entrada en la universidad. Aunque fui aceptado en Oxford a la edad de 16 años, seguí el consejo de este profesor y preferí la universidad de Cambridge para mi grado en Matemáticas. Este profesor murió poco después y yo heredé su amplia biblioteca de libros de Matemáticas. Digo esto porque quiero hacer hincapié en que los profesores representan la mayor influencia, especialmente en las primeras etapas de la educación. Espero que en mi propia carrera como profesor haya transmitido, al menos en parte, el mismo amor por la materia que me inculcaron mis profesores.

Después de Cambridge, fui a la Universidad de Harvard con una beca JF Kennedy para estudiar astronomía como tema central de mi doctorado. La Astronomía siempre me había fascinado, pensando ingenuamente que sería una materia

fascinado con matemáticas and spent all my free time pursuing this remarkable subject -- at the expense of the more usual distractions enjoyed by my school mates. As was mentioned I arrived in the UK in 1965 at age 12 as a refugee from what was then Czechoslovakia, and because I spoke no English I was initially placed into a lower grade than indicated by my age. You might think that I came to mathematics because of the language difficulties but in fact it was the opposite: I found the mathematics class far ahead of what I had learnt in Czechoslovakia and, while I was soon top of my class, mathematics was my worst subject. Emigration awoke in me a desire to prove myself, to succeed in my new and unfamiliar environment and I was most fortunate to have a succession of excellent teachers, particularly in mathematics, who recognized that I had a talent for the subject and encouraged me to pursue the subject. I skipped a year, and was soon excused from attending mathematics classes and allowed to spend my time in the school library studying advanced textbooks. I would go to my teachers' homes after school to study with them, and learn material that was far from the school curriculum. One teacher delayed his retirement to see me through to university, and although I was accepted at Oxford at age 16 I followed his advice and went to Cambridge University for my undergraduate study of mathematics. He passed away soon after, and I inherited his vast library of mathematics books. I say all this because I want to stress that one's teachers are the most important influence, particularly in these early stages, and I hope that in my own career as a teacher I passed on at least to some extent the same love of the subject as did my own teachers to me.

After Cambridge I went to Harvard University as a JF Kennedy Scholar to study astronomy for my PhD. Astronomy had always held fascination for me and I had naively thought that it would be a suitable area where I could apply my mathematical talents. In this I was disappointed -- nowadays the subject is driv-

apropiada para desarrollar mi talento matemático. Pero resultó decepcionante porque esta materia está focalizada a explicar las observaciones recientes, sin gran interés en abordar las cuestiones fundamentales. Por tanto, estuve encantado cuando, en 1978, recibí una oferta para integrarme como profesor en el departamento de Física de la universidad de California en Berkeley, donde he permanecido desde entonces, enseñando Física a generaciones de estudiantes ¡a pesar de que yo mismo no soy físico!

Trabajar en Berkeley ha sido magnífico para mí, en tanto en cuanto me ha proporcionado la libertad de seguir mis propios intereses científicos. Cuando éstos fueron cambiando de la Astrofísica a la Mecánica de Fluidos, y después a la Dinámica no Lineal, Teoría de la Bifurcación y Formación de Patrones, la universidad no puso ninguna objeción—estaban satisfechos de dejarme hacer lo que yo pensase que debía hacerse, en tanto en cuanto mantuviese la calidad del trabajo. Por tanto, me gustaría aprovechar esta ocasión para hablar en favor de la libertad académica, evitando barreras artificiales que frustran, tanto las colaboraciones como el trabajo interdisciplinar.

Durante las últimas décadas he estado trabajando en el área de la Dinámica no Lineal, o teoría de Sistemas Dinámicos. Una parte popular de este amplio campo es el estudio del caos. En Matemáticas, uno de los sellos distintivos de lo que los matemáticos llaman caos es la sensibilidad frente a las condiciones iniciales—si un sistema es caótico, dos condiciones iniciales próximas producen evoluciones muy distintas. Esto significa que el sistema amplifica las perturbaciones pequeñas, debidas a acontecimientos fortuitos. Creo que mi propia historia, o trayectoria en el espacio-tiempo, como dirían los físicos, supone una buena ilustración de lo que quiero decir. Mi vida, y mi éxito final, ha consistido en una serie de acontecimientos fortuitos que han tenido un efecto desproporcionado. Que mis padres decidieran dejar Checoslovaquia es, por supuesto, uno de ellos—yo no podría haber ido a la universidad si hubieran permanecido allí—pero, una vez que conseguimos escapar, la pregunta

en by the latest observations, and there is less interest in fundamental questions. I was therefore delighted to be offered in 1978 a faculty position in the Physics Department at the University of California, where I have been ever since, teaching physics to generations to students despite having no degree in physics myself!

Berkeley has been very good to me in that it provided me with the freedom to pursue my interests. As these shifted from astrophysics to fluid mechanics and then to nonlinear dynamics, bifurcation theory and pattern formation, the university voiced no objection -- they were happy to let me do what I thought should be done, provided I continued doing good work. So I would like to take this occasion to speak in favor of academic freedom and for the removal of artificial barriers that frustrate both collaborations and interdisciplinary work.

For several decades now I have been working in the general area of nonlinear dynamics or dynamical systems theory. One popular part of this vast field is the study of chaos. In mathematics one of the hallmarks of what mathematicians called chaos is sensitivity to initial conditions – if a system exhibits chaos then two nearby initial conditions will evolve in very different ways. This means that the system amplifies small perturbations or “chance” events. I think my own life’s history or “world line” as physicists would say provides a good illustration of what I mean. My life, and ultimate success, has been a series of chance events that have had a disproportionate effect. My parents’ resolve to leave Czechoslovakia is of course one -- I would not have been allowed to go to university had we stayed -- but once we succeeded in escaping the question was where to go? My father applied for asylum in France and in the UK. We could also have stayed in Germany where the German government would have helped us settle but my father’s wartime experience made this a choice of last resort.

era adónde hacerlo. Mi padre solicitó asilo en Francia y en el Reino Unido. Podríamos también haber permanecido en Alemania, donde el gobierno alemán nos habría ayudado a establecernos, pero la experiencia de mi padre durante la Segunda Guerra Mundial hizo de ésta la última alternativa. Al final, la elección preferida fue Inglaterra, y ahora yo estoy hablando en inglés como ciudadano británico. Yo podría, también, haber sido ciudadano francés o alemán, y hablar una de esas dos lenguas, además de mi propia lengua nativa. El siguiente acontecimiento fortuito fue ser aceptado, por azar, en Shene Grammar School, un pequeño y selecto colegio en Londres, dirigido por un conjunto de profesores muy entregados y capacitados. No podría haber ido a un colegio mejor, y ha sido mi experiencia en ese colegio la que me ha conducido, firmemente, hacia la carrera académica posterior. El siguiente acontecimiento fortuito sucedió cuando mi tutor en St John's College, Cambridge, me sugirió ir a Estados Unidos para proseguir con mis estudios de doctorado. En particular, me animó a solicitar una beca JF Kennedy para estudiar en la universidad de Harvard. Incluso después de mi experiencia en Cambridge, Harvard fue una experiencia muy reveladora, de modo que no podría haber ido a un lugar más interesante y estimulante—asistí a casi todos los cursos graduados en Astronomía, Física, Ciencias Aplicadas, e incluso a clases de Historia de Japón y arte Japonés y Chino. Y más adelante, en el verano de 1977, durante un vuelo de Boston a Londres, por azar cayó en mis manos un anuncio de plaza de profesor contratado en el departamento de Física de la universidad de California en Berkeley. Al llegar a Londres, un amigo me prestó su máquina de escribir para rellenar la solicitud. Fue mi primera solicitud para un puesto académico y cambió mi vida.

Mi relación con vuestra universidad vino por azar también. Siendo Editor Asociado de la revista *Nonlinearity*, recibí dos manuscritos firmados por Carlos Martel y José Manuel Vega. Ambos artículos eran contribuciones profundas al estudio de ondas no lineales en dominios grandes pero finitos, y yo decidí aceptarlos para su publicación. Pero, por otro lado, quería conocer a

In the end England came through first and I am now speaking to you as a UK citizen and in English. I could just as well have been a French or German citizen and grown up speaking French or German, in addition to my native language. The next seemingly random event was my chance acceptance to Shene Grammar School, a small selective school in London staffed by very dedicated and knowledgeable teachers. I could not have gone to a better school, and it was my experience at this school that set me firmly on the path to an academic career. The next similar event occurred when my tutor at St John's College, Cambridge, suggested that I consider going to the US for graduate study and specifically that I apply for a Kennedy Scholarship to Harvard University. Even after Cambridge, Harvard was an eye-opening experience and I could not have landed in a more interesting and exciting place -- I went to almost all the graduate courses in astronomy, physics, mathematics, applied sciences, and even to classes on Japanese history, and Japanese and Chinese art. And later, in the summer of 1977, when I noticed by chance an advertisement for an Assistant Professorship in the Berkeley Physics Department while I was flying from Boston to London, and on arrival borrowed a friend's typewriter to send in an application. It was my first application for an academic position and it changed my life.

My connection to your university came about by chance also. I served as an Associate Editor of *Nonlinearity* when we received two submissions from Carlos Martel and José Manuel Vega. Both papers were deep contributions to the study of nonlinear waves in large but bounded domains, and I was happy to accept them for publication. But I really wanted to meet the authors and was happy to host Carlos Martel, when he visited me in Berkeley in 1997. My collaboration with UPM dates from this time. There are two significant outcomes of our work: the first is a new and detailed understanding of the role played by streaming flows ex-

los autores, lo que pude hacer recibiendo a Carlos Martel en Berkeley en 1997. Mi colaboración con la UPM se inicia en ese tiempo. Esa colaboración dio lugar a dos resultados significativos. El primero fue un novedoso y detallado reconocimiento de la naturaleza de los flujos medios producidos por vibración vertical en contenedores rellenos de líquido, y la interacción de este flujo medio con las ondas que lo producen. Estos flujos medios han sido recientemente medidos, por primera vez, por Leonardo Gordillo y colaboradores, en Santiago de Chile, y comparados con simulaciones de Nicolás Périnet. El segundo resultado importante, que no puedo apuntarme, fue el matrimonio de María Higuera y mi entonces estudiante de doctorado Jeff Porter. Se conocieron cuando María me visitó en Berkeley y Jeff es ahora Profesor Contratado Doctor aquí, en Madrid. He sido anfitrión de otros estudiantes de esta universidad—que no han dado lugar a matrimonios—y también he actuado en tribunales de varias tesis doctorales del grupo del profesor Vega.

Me gustaría terminar esta lección con unas palabras sobre mi trabajo más reciente. A lo largo de los últimos 10 años, aproximadamente, he estado trabajando sobre localización espacial en sistemas disipativos forzados. Se trata de un tema de gran sutileza matemática, pero también un tema con una considerable variedad de aplicaciones, en ciencias físicas y en otros campos. La figura 1 muestra dos ejemplos de lo que

cited by vertical vibration of a liquid-filled container and the interaction of this flow with the waves responsible for its presence. These flows were recently measured for the first time by Leonardo Gordillo and colleagues in Santiago de Chile and compared quantitatively with the numerical simulations of Nicolas Périnet. The second I cannot take credit for but it was undoubtedly the marriage of Maria Higuera and my then graduate student Jeff Porter. They met when Maria visited me in Berkeley and Jeff is now an Assistant Professor here in Madrid. I have hosted many other students from this University at Berkeley -- that did not lead to marriages -- and have also served over the years as an external examiner on a number of PhD theses from the group of Professor Vega.

I wish to end this address with a few words about my more recent work. Over the past 10 years or so I have been working on the topic of spatial localization in driven dissipative systems. This is a topic of much mathematical subtlety but one that also finds numerous applications in the physical sciences and beyond. Figure 1 shows two examples to explain what I mean by a localized state. With John Burke, one of my Berkeley students, we discovered that states of this type are organized in a universal bifurcation structure we called the



Fig. 1

llamo estado localizado. Con John Burke, uno de mis estudiantes actuales en Berkeley, hemos descubierto que este tipo de estados se organizan a través de una estructura de bifurcación universal, que llamamos estructura de serpiente-y-escalera, que se ilustra en la Figura 2.

Esta estructura es realmente universal, pues aparece en muchos sistemas de naturaleza muy distinta, desde sistemas de convección y flujos de cortadura (de interés básico en Mecánica de Fluidos) hasta modelos de solitones ópticos brillantes y oscuros (de interés en Óptica no Lineal, utilizados en comunicación óptica, en crestas de frecuencia para cronometraje de última generación y, potencialmente, para almacenamiento de datos). También en mecánica estructural (en conexión con pandeo y plegado localizado en materiales sometidos a tensión mecánica, de interés en Ciencia de los Materiales), Combustión (en conexión con vibraciones de las llamas cerca de la extinción), y en campos más alejados, como la catálisis superficial en, por ejemplo, oxidación de monóxido de carbono sobre platino o cristalización de líquidos super-enfriados. Sorprendentemente, una estructura similar se encuentra también en modelos de patrones de vegetación, donde esta estructura está ligada, como en turbulencia de cortadura o extinción de llamas, a un

snakes-and-ladders structure, illustrated in Figure 2.

This structure really is universal in that it arises in many different systems, ranging from convection and shear flow problems (of basic importance in fluid mechanics) to models of bright and dark optical solitons (of interest in nonlinear optics and used for optical communication, in frequency combs for state-of-the-art time-keeping, and potentially for data storage), structural mechanics (in connection with localized buckling and folding in materials under stress, both of great importance in materials science), combustion (in connection, for example, with flame flutter near flame extinction), and all the way to models of surface-mediated catalysis such as CO oxidation on platinum and of crystallization from a supercooled liquid. Remarkably, a similar structure is found even in models of vegetation patterns where it is linked, like in flame extinction or the transition to shear flow turbulence, to the process of collapse, here the collapse of vegetation, that is to say, desertification.

I have also worked on developing what we call reduced models of fluid flows in the presence of strong restraints. Such restraints may arise because of rapid rotation, or strong magnetic fields or strong density stratifica-

Snakes-and-ladders structure of the pinning region: SH23

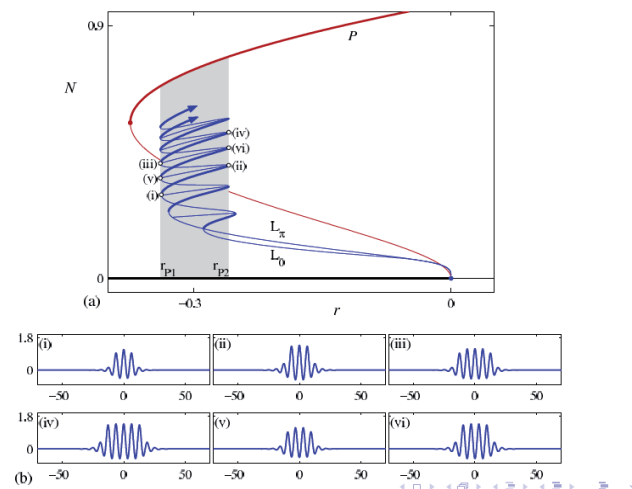
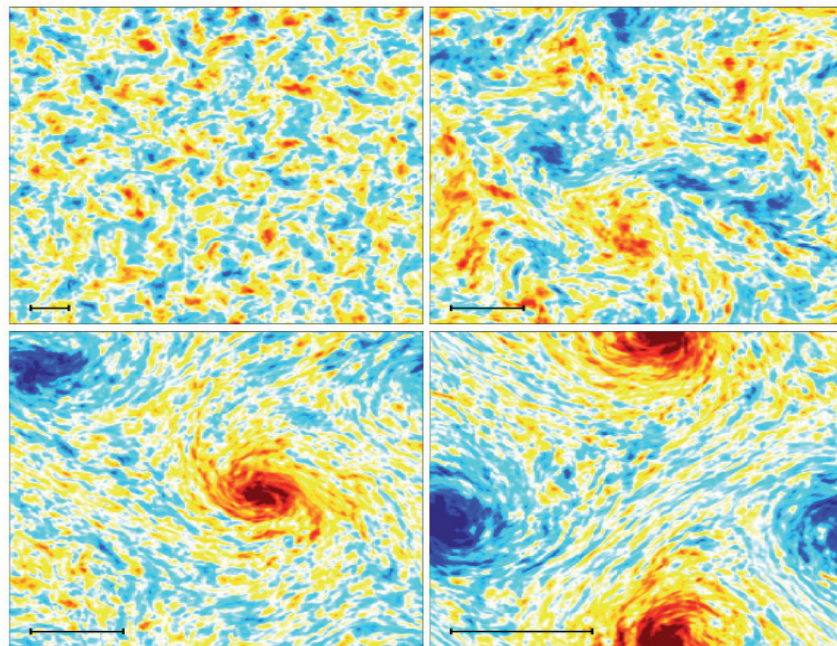


Fig. 2

proceso de colapso que, en el caso de la vegetación, se asocia a desertificación.

También he trabajado en el desarrollo de lo que llamamos modelos reducidos de flujos fluidos en presencia de fuertes restricciones. Tales restricciones pueden provenir de, por ejemplo, rotación muy intensa, fuertes campos magnéticos, o fuertes gradientes de densidad en fluidos estratificados. En aplicaciones a la Astrofísica y Geofísica, estas restricciones vienen cuantificadas por parámetros adimensionales que toman valores extremos, tan extremos que las ecuaciones que gobiernan el proceso no pueden integrarse numéricamente en la actualidad, incluso mediante los superordenadores más avanzados. Con las ecuaciones reducidas, en cambio, que se obtienen mediante métodos asintóticos, todos los parámetros son de orden unidad, y la simulación numérica es mucho más fácil. Por otra parte, a pesar de estas simplificaciones, las ecuaciones reducidas retienen lo esencial de la física subyacente y, por tanto, pueden utilizarse para obtener predicciones específicas detalladas. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de turbulencia

en astrofísica o geofísica. En aplicaciones estas restricciones se cuantifican por parámetros adimensionales que toman valores extremos que hacen que las ecuaciones gobernantes sean inaccesibles a simulaciones numéricas, incluso en los computadores más rápidos del mundo. En las ecuaciones reducidas, obtenidas mediante técnicas asintóticas, todos los parámetros son de orden unidad y las simulaciones son mucho más fáciles. A pesar de esta simplificación, las ecuaciones resultantes conservan la física esencial y por lo tanto se pueden utilizar para hacer predicciones específicas y detalladas. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de turbulencia geostrofica. Este tipo de estado turbulento es común en flujos impulsados convectivamente que giran rápidamente y ha sido estudiado usando aviones de largo alcance de pasajeros, volando a alturas entre 9 y 14 km, como parte del programa de Muestreo Atmosférico Global en los años 70 y el proyecto de Medición de Ozono y Vapor de Agua por Avión en Servicio (MOZAIC) en los años 90 y 2000. La figura muestra que la turbulencia geostrofica experimenta una lenta inestabilidad que genera un vórtice a gran escala (¡un estado localizado!).



(a)  $t = 1$ , (b)  $t = 10$ , (c)  $t = 37.5$ , (d)  $t = 100$

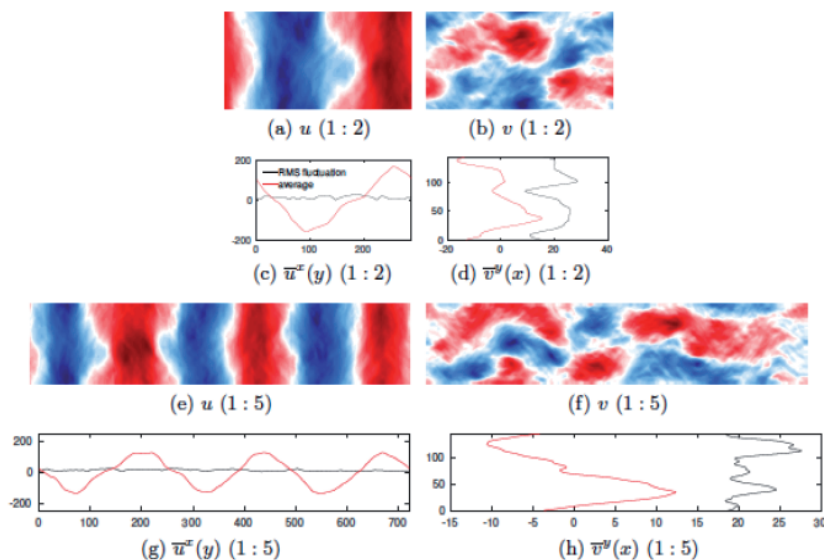
Fig. 3

geostrófica, que puede estudiarse mediante estos métodos. Este tipo de estado turbulento es frecuente en flujos convectivos forzados, sometidos a rotación rápida, y se ha medido mediante aviones de pasajeros de largo alcance, instrumentados, volando a altitudes de entre 9 y 14 Kms. Tales medidas se han efectuado como parte de dos programas, conocidos como Global Atmospheric Sampling program, en la década de los 70 del pasado siglo, y Measurement of Ozone and Water Vapor by Airbus In-Service Aircraft (MOZAIC) Project, a partir de 1993. La figura muestra que la turbulencia geostrófica conlleva una inestabilidad lenta que genera vórtices de gran escala (¡que son estados localizados!) mediante un proceso que se conoce como condensación espectral. En dominios alargados, este proceso genera chorros en vez de vórtices, tal como se describe en un artículo del Journal of Fluid Mechanics, que aparecerá en esta revista casi hoy (el 25 de febrero de 2018). La figura 4, tomada de ese artículo, muestra esos chorros (o vórtices

via a process called spectral condensation. In elongated domains this process generates jets instead of vortices, as described in a Journal of Fluid Mechanics article with almost today's date (25 February 2018) as shown in Figure 4. I believe that our approach has been very successful in making extreme parameter regimes that frequently characterize astrophysical and geophysical flows finally accessible to numerical study. And of course I think that the propensity to form large scale vortices and jets is a fundamental, albeit still poorly understood property of turbulence in thin layers such as our atmosphere or the oceans.

It is a great honor to be receiving an honorary doctorate from a university of the prestige of the Universidad Politécnica de Madrid. It is a recognition that my contributions to science are valued not just in Berkeley but also far beyond. I have learned a great deal from

## Self-generation of turbulent jets in a rectangular domain



Parameters:  $Ra E^{4/3} = 90$ ,  $Pr = 1$ ; aspect ratios  $\Gamma = 2$  and  $5$

Fig. 4

alargados). Creo que nuestra teoría ha tenido éxito en hacer accesibles, para la simulación numérica, regímenes extremos que aparecen con frecuencia en flujos astrofísicos y geofísicos. Y, por supuesto, creo que la tendencia a generar grandes vórtices y chorros es una propiedad fundamental, insuficientemente entendida en la actualidad, de la turbulencia en capas alargadas, tales como nuestra atmósfera y océanos.

Es para mí un gran honor estar recibiendo este doctorado honorario de una universidad del prestigio de la Universidad Politécnica de Madrid. Es un reconocimiento de que mis contribuciones científicas son valoradas, no solo en Berkeley, sino también lejos de allí. He aprendido mucho de los eminentes científicos de esta universidad, y espero haber contribuido, al menos en parte, al esfuerzo investigador de esta excelente institución.

Gracias por su atención.

the eminent scientists here and I hope that I have been able to contribute at least a little bit to the research effort in this remarkable institution.

Thank you!