

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE ESPAÑA

DISCURSO DE CONTESTACION POR JESUS MARIA SANZ SERNA A “DINÁMICA NO LINEAL, CAOS Y COMPLEJIDAD: INTERDISCIPLINARIEDAD EN LAS CIENCIAS”, DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN COMO ACADÉMICO DE NUMERO POR EL EXCMO. SR. D. MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ SANJUÁN EL 27 DE JUNIO DE 2024¹

Excelentísimas señoras académicas, excelentísimos señores académicos, autoridades, señoras y señores:

Es para mí una gran satisfacción poder, en nombre de la Academia, dar al profesor Sanjuán la bienvenida como nuevo académico de número. Hablando por todos los miembros de la corporación, deseo que su carrera científica le siga deparando los éxitos que merece.

Nacido en León en 1959, Miguel Ángel Fernández Sanjuán estudió Físicas en la Universidad de Valladolid y se doctoró en la Universidad Nacional de Educación a Distancia, bajo la dirección del profesor García Velarde. Tras pasar por la Universidad Politécnica de Madrid, presta desde 1997 sus servicios en la Universidad Rey Juan Carlos, donde ha sido la fuerza motriz en la creación y desarrollo del Departamento de Física, dirige un fuerte grupo de investigación y ha

¹ ISSN: 0214-9540, ISBN: 978-84-87125-87-4

diseñado un grado interdisciplinar en el que, como ocurre en esta Academia, se integran matemática, física, química, geología y biología. Ha dedicado particular cariño y atención a la formación de nuevos investigadores, como muestran las veinte tesis ya dirigidas y los muy numerosos investigadores postdoctorales de los que ha sido o es mentor.

Entre los rasgos de la personalidad científica del profesor Sanjuán subrayaría yo dos. Ante todo, su curiosidad, casi universal. Su ávido interés por todo tipo de cuestiones le salva de la hiperespecialización, fenómeno que, si a corto plazo potencia la productividad, acaba acaso comprometiendo el progreso científico y desde luego priva al investigador del gozo de la verdadera creación. El volumen y variedad de las lecturas del profesor Sanjuán son en verdad excepcionales, como lo son el número y diversidad de las personas con las que ha establecido lazos científicos.

El segundo rasgo que deseo notar es su entusiasmo para abordar, ilusionado y con optimismo, todo tipo de nuevas empresas, tareas y proyectos. Así nuestra Academia ha tenido la fortuna de ser testigo de cómo desde de su elección como correspondiente en 2015, el profesor Sanjuán no solo ha acudido con regularidad a las sesiones, sino que ha jugado un papel sumamente activo en la vida de esta casa, muy en especial en la preparación de las conferencias generales y en la comisión de relaciones internacionales. Sin duda, ha sido un correspondiente modélico y ahora como numerario proporcionará a la corporación los múltiples y valiosos servicios que todos sus miembros debemos a la Academia y sin los

cuales ella languidecería por grande que sea la valía de los académicos.

Mencionaré *en passant* que es asimismo miembro de la Academia Europaea.

Viajero infatigable, su trabajo ha llevado al profesor Sanjuán, además de a otros más previsibles destinos, a Lituania (de cuya Academia de Ciencias es miembro extranjero), Serbia (para cuya Academia de Ciencias no Lineales acaba de ser elegido), Letonia, Polonia, Rusia, Ucrania, México, Bolivia, Perú, Colombia, Chile, Brasil, Australia, Sudáfrica, Dubai, Camerún, Tailandia, Turquía, Taiwan, y otros muchos. De particular importancia son sus relaciones con India, China y Japón.

En India se encuentran los coautores de dos de sus muchos libros, uno muy citado sobre resonancias no lineales y otro reciente y curioso sobre la física de los juguetes. Ha pasado considerable tiempo en China, donde ha recibido importantes reconocimientos. Pero, sin duda, el lugar de honor entre los vínculos científicos de Sanjuán corresponde al profesor James Yorke de la Universidad de Maryland, fundador de la teoría del caos y miembro extranjero de nuestra Academia, con quien mantiene una estrechísima relación profesional y personal. Por ello, estoy seguro de que recibió con gran satisfacción, en la International Conference on Mathematical Analysis and Applications to Science and Engineering, el primer James Yorke Award, por “breakthrough achievements in nonlinear dynamics and chaos.” Dos años antes, Sanjuán había obtenido el Chieh-Su Hsu Award, en dinámica no lineal y control.

En cierta medida, el campo de la física del discurso que hemos oído, Dinámica no Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos, podría verse como una manera de trascender una venerable tradición científica cuyo origen podemos situar en la

publicación en 1687 de los *Principia* de Newton. Los *Principia* son sin duda alguna tanto el cimiento de toda la física como una de las más decisivas bases del pensamiento de la modernidad. Por lo pronto, establecen los *Principia* la idea de lo que el mismo Newton denominó *leyes*, es decir reglas a las que la Naturaleza, que la cultura clásica había visto como caprichosa, somete de modo inexorable su funcionamiento. Pero, y esto es lo que nos interesa ahora, el éxito de los *Principia* se explica también porque Newton mostró cómo el análisis matemático de las leyes físicas de la dinámica lleva a poder predecir con asombrosa precisión los detalles de una pléyade de fenómenos. Newton, a pesar de haber ideado muy joven el cálculo diferencial e integral, siempre mostró preferencia por demostrar sus resultados por razonamientos geométricos que toman como modelo los Elementos de Euclides. Corresponde a Euler, cincuenta años posterior al inglés, el reconocimiento explícito de que la ley segunda de los *Principia*, fuerza igual a masa por aceleración, es una ecuación diferencial, cuya resolución para el fenómeno mecánico concreto que se esté estudiando conduce al conocimiento del mismo. De este modo, la resolución, o como se dice en matemáticas la integración, de los sistemas de ecuaciones diferenciales es la llave que se esperamos permita abrir el arcano de los movimientos, quizá complejos, de los cuerpos, en una Naturaleza regida por leyes. Esta idea, aparecida por vez primera en la mecánica celeste newtoniana, se ha ido extendiendo a todo tipo de ámbitos, que incluyen, entre muchísimos otros, la mecánica de los medios continuos (fluidos o sólidos elásticos), el electromagnetismo, la mecánica cuántica, la cinética de las reacciones químicas, la cuantificación de las interacciones entre especies en

ecología, la epidemiología (como la reciente crisis del COVID-19 nos ha recordado), o estudios geológicos del pasado de nuestro planeta.

Si el éxito de los *Principia* no hubiera sido posible sin la solución por Newton de las ecuaciones pertinentes, muchos hitos científicos posteriores se deben también a haberse culminado la integración de unas u otras ecuaciones diferenciales y esto explica los esfuerzos continuados en ese sentido. Un importante caso relativamente reciente lo proporcionan las ecuaciones de Korteweg-de Vries y cúbica de Schroedinger, con importantes consecuencias para el estudio de la fibra óptica y otras varias cuestiones. Pero por admirables que hayan sido los éxitos de todas las ciencias basados en ese enfoque que se remonta a los *Principia*, la verdad última es que la mayoría de las ecuaciones diferenciales no lineales no son integrables, no pueden ser resueltas por mucho denuedo o ingenio que se ponga en el empeño. Por desgracia este hecho ha sido ocultado en la enseñanza hasta hace no mucho, limitando el interés a los fenómenos, típicamente lineales, donde la integración es posible. Frente a esta ocultación, el estudio de la *dinámica no lineal* vino a abrir la ciencia a una serie de fascinantes y antes desconocidos fenómenos que han sido admirablemente glosados por el profesor Sanjuán. Como suele ser el caso en estas cuestiones, un mismo fenómeno no lineal puede aparecer en muy diversas aplicaciones, y este hecho se ha combinado con la curiosidad de Sanjuán para dotar a su investigación de una notable dimensión interdisciplinar.

Aunque algunas de las ideas más relevantes de la ciencia no lineal fueran ya entendidas, o al menos entrevistas, por Maxwell o Poincaré, es justo decir que no

ha sido posible realizar avances sustantivos en el mundo no lineal hasta que no se ha dispuesto de computadoras digitales que permiten simular los fenómenos cuando la integración no es posible. Después de todo, los primeros ordenadores se idearon y construyeron con el único propósito de resolver problemas no lineales. La interacción entre la simulación numérica y la ciencia no lineal está perfectamente glosada en el discurso que hemos oído (experimento Fermi-Pasta-Ulam, sistema de Lorenz, cascada de Feigenbaum en la ecuación logística, etc.)

Tras varias décadas de avances espectaculares, la ciencia no lineal está muy lejos de haberse agotado y no me cabe duda de que en esta sala se seguirán oyendo en las décadas futuras interesantes discursos de ingreso analizando la dinámica de todo tipo de fenómenos no lineales en las diversas ciencias.

Otro aspecto destacado del discurso lo ha constituido la crítica al reduccionismo de pensar que toda la ciencia está encerrada en la formulación de unas cuantas leyes fundamentales, entendiendo el término fundamento en su sentido etimológico de cimiento o basamento. El discurso, a pesar de su relativa brevedad, explica de modo sobrado el gran papel que desempeña la *emergencia* de nuevos fenómenos ligada a la idea de *complejidad*. De nuevo podemos ver en el reduccionismo una lectura, errónea por exagerada, de la física de los *Principia*.

Voy a concluir con una pequeña digresión. En los últimos meses se ha demostrado que, alimentando solamente con datos una red neuronal profunda, es posible realizar predicciones meteorológicas que gozan de la misma precisión y fiabilidad que las usuales, basadas en el conocimiento de las leyes del movimiento de la atmósfera y la simulación numérica en un ordenador de la dinámica no lineal

correspondiente, además de en recursos estadísticos. ¿Está amenazado el paradigma científico basado en leyes inaugurado en los *Principia*? ¿Se basará la física futura en el mero manejo de datos por ordenadores más que en la idea de ley? ¿El paradigma que finalmente triunfe aunará las leyes con los datos? Sin duda nos encontramos en un punto de gran interés y la ciencia de los próximos años o lustros realizará en estos asuntos avances ahora no previsibles. Grandes han sido asimismo los avances en los últimos ochenta años, que el profesor Sanjuán ha sintetizado admirablemente en un discurso que en nombre de todos ustedes agradezco.

He dicho.