

**Enrique Zuazua, Premio Nacional de Investigación 2007**

## **“Las aplicaciones son las grandes suministradoras de problemas matemáticos fundamentales”**

*Ignacio F. Bayo / Divulga*

**Enrique Zuazua Iriondo**, catedrático de Matemática Aplicada de la Universidad Autónoma de Madrid, ha sido galardonado este año con el Premio Nacional de Investigación «Julio Rey Pastor» en Matemáticas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, por “sus numerosas y relevantes contribuciones” en los ámbitos de las ecuaciones en derivadas parciales y de la teoría del control.

Nacido en Eibar en 1961, Zuazua se licenció y doctoró en ciencias matemáticas por la Universidad del País Vasco. En 1988 se doctoró también por la Universidad de Pierre et Marie Curie (París), teniendo como mentor al prestigioso matemático Jacques-Louis Lions. Autor de más de 150 artículos publicados en revistas especializadas, Zuazua es uno de los científicos españoles más citados y fue conferenciante invitado del International Congress of Mathematicians, celebrado en Madrid en agosto de 2006. Ese año obtuvo también el Premio Euskadi de Investigación de Ciencia y Tecnología.

Zuazua es en la actualidad Investigador-Coordenador del proyecto Ingenio MATHEMATICA (i-MATH), en el que participan más de 300 grupos de investigación españoles. Además, es director de IMDEA-Matemáticas, el instituto de investigación matemática de excelencia que la Comunidad de Madrid inauguró el pasado mes de septiembre.

### **¿Qué supone para usted el Premio Nacional de Investigación Julio Rey Pastor?**

Me resulta muy emocionante, porque este galardón resalta la inmensa capacidad de la combinación de las matemáticas con los nuevos métodos de computación, para contribuir a entender el funcionamiento de nuestro mundo, y a la vez mejorar nuestra calidad de vida abordando problemas como la protección del medio ambiente o la creación de mejores microchips. En cualquier caso, este premio reconoce la labor de muchos doctorandos, colaboradores y colegas que han contribuido a que mi trabajo tenga más valor.

### **¿Cómo ve el estado actual de las matemáticas en España?**

Las estadísticas revelan un aumento espectacular en nuestra investigación matemática, pero también indican que aún nos falta impacto para situarnos en la excelencia. Los matemáticos deberíamos abordar esto como un reto personal, en el que además necesitamos estrechar la relación de las matemáticas con otras disciplinas. Y resulta esencial acercar las matemáticas a la sociedad, lo que exige un esfuerzo especial a la comunidad matemática.

### **¿Cuándo sintió la llamada de las matemáticas?**

A mi me gustaron siempre, desde pequeño tuve una cierta afición por los números, por los cálculos. Yo estudiaba en el Colegio La Salle, con los frailes, y era una educación en la que le daban mucho peso a las operaciones, a hacer

grandes divisiones, grandes sumas, y siempre fue algo que se me dio bien y lo hacía con rapidez y disfrutaba con ello.

### **Así que a la hora de elegir carrera lo tenía claro ¿no?**

No, para nada, soy de los que llegaron al COU sin una vocación clara. Era una época de bastante agitación para los adolescentes, porque empecé el BUP en 1975, coincidiendo con la muerte de Franco, y yo vivía en Eibar. Eran años en los que los adolescentes pasábamos más tiempo en la calle, participando de aquella agitación, que en clase. Yo sabía que me gustaban las matemáticas, pero en aquel momento el ambiente empujaba mucho a hacer otras cosas de clara orientación política. En algún momento estuve tentado de hacer sociología y luego había pensado en una interpolación entre ambas y hacer economía. Entonces hablé con mi hermano mayor y me dijo: pero a ver, ¿a ti qué te gusta? yo le dije que las matemáticas y él me contestó que me apuntara en exactas, que es como entonces se llamaba, y así llegué a la facultad.

### **¿Le resultó fácil la carrera?**

Pues no. Nada más llegar me pareció que me había equivocado, porque las clases eran tremendamente abstractas, de temas de topología y álgebra, y era lo contrario a lo que había imaginado, que eran matemáticas más de combinatoria, de cálculo de integrales, derivadas, de operaciones en suma...

### **¿Esperaba algo más aplicado?**

Bueno, la cosa venía de antes, cuando hubo algunos profesores que quisieron adaptarse a los nuevos modelos educativos. A mi me pilló el corte que hubo con la forma de enseñar matemáticas, creo que fue cuando yo estaba en séptimo de básica. Llegó el profesor y nos quiso enseñar las propiedades reflexiva y transitiva y la teoría de conjuntos y recuerdo que un día levanté la mano y dije: perdone profesor, pero no entiendo. Y él me dijo: se calle; y es que claro, él tampoco entendía. Se pasó de la educación clásica de las matemáticas, de grandes fracciones, simplificaciones, operaciones... al algebra de Boole, y a los propios profesores les pilló un poco fuera de juego. Yo seguí haciendo unos estudios en los que el peso principal estaba en la parte calculística. También pudo influir en eso que muchos de los profesores, porque yo estudié en la universidad laboral de Eibar, eran físicos y siempre tenían más tendencia a la parte más aplicada, como dices, o calculística, que a la más abstracta, de modo que al llegar a la Universidad el choque fue enorme, al encontrarnos con clases de análisis, topología, álgebra... en lo que todo era abstracto: no había números, eran todo letras.

### **Ahora también se llega a la elección de carrera sin tener las ideas claras y sin que las matemáticas se consideren como una posible vía ¿no?**

Creo que sigue jugando un papel un poco marginal, salvo excepciones. Yo creo que en la época podía ser razonable, porque entonces un matemático tenía dos salidas: la enseñanza o la investigación. Esto es, la enseñanza secundaria o la enseñanza universitaria, que era para muy poquitos, porque había muy pocas universidades y muy pocas plazas. La Universidad del País Vasco se creó con la Autónoma de Madrid a principios de los 70, y cuando yo llegué aquí todavía se notaba que era reciente. No es como ahora, treinta años después, que estas

universidades ya se han desarrollado plenamente. Entonces el número de plazas que había era muy pequeño y lo más normal es que acabases dando clases en un instituto o en un colegio.

**Esto ha cambiado mucho, ¿no? porque ahora se dice que un matemático sirve para trabajar en cualquier cosa.**

Exacto, yo creo que no ha cambiado el programa tanto, pero a veces me pregunto si incluso no hemos retrocedido un poco. Qué duda cabe que hemos ganado en muchos aspectos, las prácticas de ordenador se hacen de manera mucho más sistemático, los alumnos salen con nociones en computación, tenemos asignaturas de historia, de modelización... Hay un esfuerzo, pero con un problema, la gran variedad de asignaturas actual ha hecho que se pierda la enorme fuerza que tenían antes las matemáticas, que era la concentración de alumnos en clases importantes. Nuestro horario era muy fácil, de lunes a viernes, primera hora análisis, segunda álgebra, tercera geometría, cuarta probabilidades... Ahora es difícil pedirle al alumno que profundice en una asignatura cuando tiene un montón de ellas, entre optativas y obligatorias.

**¿Hay alguna forma de orientarle?**

Es difícil porque tiene ese doble empuje, el de su gusto por un lado y por otro el esfuerzo, porque va viendo las asignaturas y sabe cuales necesitan menor inversión de tiempo; y eso pesa mucho. Y es normal que así sea.

**Cada vez hay más optativas y menos obligatorias...**

Más optativas y más cortas. Ahora uno tiene que dar en un cuatrimestre en 3 horas semanales lo que antes daba durante todo el curso en 5 horas. Pues evidentemente los contenidos no son los mismos. El tiempo necesario para que ese conocimiento penetre en el alumno, que lo domine, no es el mismo y eso en matemáticas yo creo que juega a la contra. Uno necesita tiempo, escuchar y volver a escuchar los temas para entender bien de lo que se está tratando. Te puedo contar el concepto de diferencial, pero no lo entiendes bien hasta que lo utilizas en el cálculo de tangentes para planos o en resolución del problema de función implícita etc. Ahora no hay tiempo para eso; el curso empieza el 1 de octubre acaba el 31 de enero, con vacaciones y puentes por medio, y hay que ir muy rápido.

**Su generación se formó con aquel modelo y que es quizá la responsable de que la matemática española haya evolucionado tan positivamente en los últimos años.**

Bueno, yo creo que el esfuerzo venía de antes. Cuando yo llegué a la universidad había una generación de profesores muy buenos, que habían hecho un esfuerzo por darle rigor y contenido a las asignaturas de matemáticas. Yo tuve ya cursos muy buenos. Recuerdo, por ejemplo, entre muchos otros, los de Probabilidades que daba Delacal, los de análisis numérico que impartía Maeztu siguiendo la escuela que habían creado Mariano Lasca, hoy catedrático de Zaragoza, y Jesús María Sanz Serna, catedrático de Valladolid; los de análisis, de teoría de números, que impartía, entre otros, Emiliano Aparicio, que fue uno de estos niños que se fueron a Rusia en plena guerra civil y volvió a España con todo el bagaje de la escuela

rusa. Yo creo que para cuando nosotros llegamos los cursos ya eran bastante buenos. Lo que pasó es que después tuvimos la ocasión de aprovechar al máximo las becas, ir al extranjero y entrar en un ambiente de investigación desde el principio, cosa que posiblemente, muchos de los que nos antecedían, a pesar de tener unas capacidades extraordinarias, no tuvieron ocasión de hacerlo, simplemente porque cuando acabaron la carrera no se llevaba eso de publicar.

**¿Cree que ese avance se puede perder con el modelo actual de educación universitaria?**

Yo creo que perderse no se va a perder, pero no cabe duda de que estamos en un mundo mucho más complejo. Me da la impresión de que para la gente joven colocarse ahora en el mapa de la ciencia mundial es más difícil de lo que fue para nosotros. Yo pude estudiar en el laboratorio de Análisis Numérico de la Universidad de París VI, y estaba en un lugar donde todas las personas del laboratorio eran investigadores de referencia mundial. Era muy fácil, siendo alumno de ese laboratorio, empezar a formar parte de esa familia de líderes mundiales a poco que trabajaras y te esforzaras. Ahora los jóvenes lo tienen más complicado.

**Pero ahora salen más, todos hacen alguna estancia en el extranjero ¿no?**

Sí, salen más, pero hay muchos más centros, más universidades, más de todo; hay más competencia, aunque también más oportunidades. También creo que va a ser más fácil hacer carreras de tipo local que antes. Antes esas carreras no existían porque lo que había eran universidades más bien pequeñas, con pocas plazas y ya se sabía que el profesor tenía que dar un montón de clases. Ahora se están creando plazas en las universidades y en el Consejo (por el CSIC), se están creando institutos de investigación, las comunidades autónomas están sacando plazas para investigadores, como el ICREA en Cataluña o el Ikerbasque en el País Vasco. Yo creo que va haber más posibilidades de hacer carrera, pero lo que va a estar más difícil es estar en esos lugares de referencia mundial, porque ha aumentado mucho la masa de investigadores en matemáticas y se han diversificado mucho las áreas. Se nos pide a todos ser más multidisciplinares y poco a poco corremos el riesgo de que la gente no tenga esa percepción de estar en la centralidad, en los temas de atención compartidos a nivel mundial. Existe un mayor riesgo de dispersión que cuando uno está realmente cultivando un campo y lo hace de manera sostenida.

**Entonces, ¿el número de investigadores va a seguir creciendo?**

Está habiendo un gran esfuerzo en Estados Unidos y en Europa, donde se están creando centros de referencia, dotados con muchos recursos. Pero no sé si la masa de investigadores va a ser cada vez mayor, porque también es posible que haya una clarificación. Hasta ahora se ha jugado con esa ambigüedad de que todo profesor de universidad es un investigador. Yo creo que posiblemente lleguemos a un escenario en el que se reconozca que en la universidad hay mucha gente dedicada a tareas más de tipo docente y quizás la palabra investigador pierda ese carácter universal, en la medida en que

además se están creando iniciativas orientadas exclusivamente a la investigación.

**Existe ya la figura del profesor sin carga docente.**

Y cada vez hay más casos de esos a través del programa I3 de intensificación. Y eso va a permitir que haya gente que se dedique con mayor intensidad a la investigación, pero también es posible que el número total de investigadores, en un sentido estricto, baje o al menos se clarifique.

**Teniendo en cuenta la rentabilidad que la inversión en I+D matemática tiene para el desarrollo de un país, ¿por qué no hay un apoyo más decidido a la investigación española en este campo?**

La inversión en buenas matemáticas es sin duda muy rentable a corto, a medio y a largo plazo. Creo que la administración, las administraciones, son cada vez más conscientes de ello. En mi opinión, con frecuencia, el problema no es tanto de cuánto se invierte sino de diseñar e implementar las políticas adecuadas para que las inversiones sean rentables, para que generen estructuras, hábitos, que perduren, que permitan a las nuevas generaciones investigar mejor, y asumir mayores cotas de responsabilidad y abordar retos más importantes. Es muy importante que las administraciones asuman su responsabilidad no sólo en invertir recursos, sino en diseñar políticas a medio plazo, para sacar a la investigación del estancamiento, de la improvisación y de la falta de infraestructuras y sistemas ágiles de funcionamiento que son sin duda tan necesarios como los propios recursos financieros.

**De hecho, la evolución tan extraordinariamente rápida que ha tenido la matemática española en el último cuarto de siglo se ha debido sobre todo a los propios matemáticos ¿no? Es decir ha habido poco apoyo institucional...**

Igual al principio sí, pero yo llegué aquí en el 89, saqué la cátedra en la Complutense en el 90 y pedí mi primer proyecto y me lo dieron. Yo creo que entonces el apoyo institucional era bastante rotundo. Nunca percibí que no tuviéramos ese apoyo. A partir de ahí se multiplicaron las becas, las posibilidades de traer *postdocs*, visitantes, que antes, en los 80, puede que la gente que apostara por la investigación no lo tuviera tan fácil. Es probable, pero yo creo que eso cambió rápido y todas las políticas de incentivar la investigación ya estaban establecidas a finales de los 80.

**Pero era un apoyo más bien pasivo, si lo solicitaban se les apoyaba, pero ahora da la impresión de que con ejemplos como el IMDEA y la red que quiere crear el CSIC, parece que hay iniciativas públicas.**

Sí, iniciativas más institucionales. Yo creo que sí, que se ha constatado en España una cierta fatiga del sistema basado exclusivamente en la iniciativa individual. Y eso se venía notando hace tiempo. Yo fui gestor del Programa de Matemáticas en el Plan Nacional hasta hace 3 o 4 años y notaba que ese sistema en el que los individuos cada tres años piden al Ministerio un proyecto con la gente más cercana, de su departamento, aportaba muy poca novedad. Lo normal para ser bien evaluado es que te presentes en tu propio campo y por mucho que el ministerio te diga que seas muy multidisciplinar no es eso lo que

se prima sino que tengas buenas publicaciones en buenas revistas. El mensaje es claro: sigue cultivando tu área y repite, que tendrás muchos puntos y te volverán a dar el becario y el dinero etc. Dejar todo en manos de la iniciativa individual empezaba a no dar valor añadido. Y lo mismo pasa con los máster; en algún momento las instituciones tendrán que empezar a tomar la iniciativa, porque si se deja en manos del individuo lo que ocurre es que cada grupo tiende a tener su propio máster, y eso ya no está funcionando. Ahora, los doctorados de las universidades se están empezando a fusionar, porque ya no hay alumnos. Hay ámbitos en los que la iniciativa institucional es indispensable.

### **¿Qué va a aportar IMDEA a las matemáticas españolas?**

Yo creo que IMDEA es una iniciativa muy acertada, en matemáticas y en las demás áreas en que se está implantando, valiente y difícil de sacar adelante. Y en la que inevitablemente hay aciertos y errores, porque estamos todos inventando a medida que lo hacemos. Creo que puede aportar mucho porque, al contrario que otras iniciativas autonómicas, lo que se ha hecho es crear un instituto, además de un espacio virtual hay un espacio físico y eso va a permitir regular un montón de iniciativas que de otra manera siempre estarían sometidas a una legítima, pero a veces poco operativa, competencia entre facultades, universidades etc. IMDEA tiene la ventaja de ser el instituto de matemáticas de la Comunidad de Madrid y por lo tanto es de todos y no tenemos que andar discutiendo si es de una universidad o de otra o del Consejo. Es de todos aquellos que quieran hacer cosas nuevas en matemáticas. Y eso puede ser importante para temas como la comunicación y la divulgación, cuestiones de formación de jóvenes, masters y como lugar de referencia a la hora de traer a gente que esté fuera. Todas las ciudades que quieren apostar por las matemáticas tienen que hacerlo así, para colocar hoy una chincheta en el mapa mundi de los institutos de matemáticas lo tienes que hacer con algo que sea original, distinto, que esté bien identificado con un lugar incluso con un edificio emblemático. Es muy difícil hacerlo simplemente poniendo la palabra Instituto delante de lo que sea.

### **¿Cómo se ha estructurado?**

Después de darle bastantes vueltas hemos seguido un sistema un poco híbrido, inspirado en centros como los Max Plank o el INRIA (Instituto Nacional de Investigaciones en Informática y Automática) francés. La idea es que, en lugar de contratar individuos exclusivamente y colocarlos en un instituto de manera aleatoria, lo que hemos hecho es identificar unas avenidas, unos temas de trabajo prioritarios. Eso no significa cerrar las puertas a investigadores de otras áreas, ya que esos temas pueden ser revisados anualmente y pueden ir aumentando en número, pero estamos intentado que los que se incorporen trabajen en torno a esos grandes temas, y crear interacciones entre ellos. Lo que queremos es que lo que se haga sea complementario de lo que ya se hace, porque no se trata de competir con los grupos que hay y que están trabajando bien sino de que se promuevan programas nuevos, con una visión un poco futurista.

### **¿Cuales son esos temas?**

Los temas que hemos identificado hasta ahora, con el riesgo de que me olvide alguno, son: ecuaciones en derivadas parciales, que es un tema clásico...

### **Y universal**

Exactamente, por eso mismo lo hemos elegido así. Tenemos otro tema que es simulación numérica y diseño óptimo en aeronáutica, que es fruto de una colaboración muy intensa que tenemos desde hace 3 o 4 años con el INTA y con Airbus, que patrocina esta línea a través de un convenio que hemos firmado y que lidera nuestro Director de Innovación Tecnológica, Francisco Palacios. El tema de investigación es la mecánica de fluidos computacional y sus aplicaciones a la optimización de formas en aeronáutica, pero ya no se trata de hacer un trabajo puramente matemático, sino que está muy orientado a crear códigos que puedan ser eficaces y utilizados por otros agentes.

### **Y de aplicación en otros temas que tengan que ver con fluidos, imagino.**

Por supuesto, la ventaja de ese trabajo que se está haciendo, a medio plazo, porque ahora estamos muy condicionados por las exigencias del *timing* de ese contrato, es que con una buena interfaz puede dar lugar a programas de utilización en el ámbito de los fluidos, que aunque ya hay algunos en el mercado hay aún mucho margen para crear otros nuevos. Luego tenemos otra área dedicada a los sistemas complejos, que la coordina Anxo Sánchez, de la Carlos III y director adjunto del Instituto. Y una de matemáticas financieras, con una gran componente probabilística. Tenemos un grupo de excelentes probabilistas haciendo investigación básica con una cierta aplicación a las finanzas, pero sin tener esa preocupación de tener que andar firmando convenios con la banca, aunque no me cabe duda de que ocurrirá. Tenemos luego un área muy bonita, en torno a la geometría algebraica, al álgebra con aplicaciones a la criptografía, que es un tema que se cultiva en Madrid de manera esporádica por varios grupos y lo que queremos es que IMDEA sirva para aglutinar a esas personas que si no no estarían integrados. Ese grupo lo coordina M<sup>a</sup> Isabel González Vasco de la Rey Juan Carlos y creo que va a ser una de las más atractivas.

### **Un poco de dispersión ¿No dificulta eso la dirección del centro?**

Es cierto, de hecho a esa lista hay que añadir el Análisis Armónico, la Geometría Tropical... Lo bueno es poder contar con un comité científico, presidido por Juanjo Manfredi, catedrático madrileño en Pittsburg, que la verdad es que están trabajando en esto, aunque son todos extranjeros o viviendo fuera, como si fuera su propio instituto, de modo que lo que nosotros hacemos es orientar a la gente a la hora de presentar las propuestas y se las trasladamos luego al comité científico, que es quien les da el visto bueno y la formal final.

Se me olvidaba el área de estadística no lineal de redes, que es un tema de gran importancia. Hay otro IMDEA dedicado a las redes, con una orientación más de transferencia e innovación tecnológica, por eso el que va a trabajar en IMDEA matemáticas tiende un poco más a aspectos más fundamentales.

**Este es un tema de gran actualidad por los problemas que ha habido en Barcelona con el transporte o los cortes de energía eléctrica.**

Evidentemente, pero afecta a muchos otros aspectos, como los fenómenos de comportamiento social e incluso con temas como las estrategias de innovación de las empresas. Se trata de extraer la estructura subyacente a partir de una gran masa de datos de información. En los sistemas complejos hay gente trabajando en cosas muy bonitas, gente que proviene más bien de la física estadística y el mensaje que se suele trasladar a los neófitos es que muchas estructuras que uno ve por ejemplo en las ondulaciones de la arena de la playa cuando baja la marea son las que se encuentran en muchos otros fenómenos naturales y también del comportamiento humano y social.

**Eso tiene que ver con el caos, tan de moda hace unos años.**

Efectivamente, pero una vez reconocido que el caos está presente en toda la realidad, es ubicuo, se trata ahora de buscar el orden en el caos, la estructura subyacente, patrones de comportamiento que sirvan a la hora de abordar problemas concretos.

**IMDEA parece muy orientado a las aplicaciones, ¿o es que no es tan fácil separar la investigación básica de la aplicada?**

Sí, sí, algo de aplicado hay. Mira, yo estudié en un laboratorio de análisis numérico que ahora se llama Laboratorio Jacques-Louis Lions, que fue su fundador y mi mentor y maestro. Cuando yo llegué allí ya era un laboratorio aplicado, y colaboraban con Marcel Dasault, la empresa aeronáutica, con Electricité de France, con las empresas que desarrollaban la tecnología de los trenes de alta velocidad franceses, con Michelin... Yo elegí hacer una tesis en temas más bien teóricos de ecuaciones en derivadas parciales, pero ya entonces, en el 84, tenías la opción de hacer una tesis con una beca empresarial en temas muy aplicados. Aunque nunca cultivé eso, siempre fui consciente de que era muy importante, y Lions era un analista fantástico pero siempre cuidó mucho las aplicaciones, porque decía que eran las grandes suministradoras de los buenos problemas fundamentales.

**¿Era sencillo en aquella época ser un matemático aplicado en España?**

Cuando volví a España, durante muchos años viví el trauma de que los matemáticos aplicados en España no conseguíamos hacer aplicaciones. Los matemáticos puros nos decían que éramos matemáticos aplicados de pacotilla, que nos servía para tener más plazas en las escuelas de ingeniería. Y los escasos ingenieros especializados en matemática aplicada nos acusaban de una cierta tendencia a la cosmética matemática más que a las aplicaciones de verdad. Y durante bastante tiempo yo eso lo viví con un cierto trauma, porque veía cómo mis compañeros en Francia sí eran capaces de desarrollar cosas más aplicadas. Se me pasó cuando me di cuenta de que el problema no era nuestro sino fruto del retraso español, y que hacía falta que pasara el tiempo para que la industria y la sociedad fueran entendiendo el valor de las matemáticas. Esto es como cuando cae el gato desde el séptimo piso, que necesita tiempo para ir dando vueltas y colocarse en la posición adecuada para caer. Nosotros hemos necesitado tiempo para ponernos en esa posición de aterrizaje.

**También debió influir que considerarse un matemático aplicado debía ser algo raro y excepcional. ¿Sigue siendo así?**



La interacción de las matemáticas y de los matemáticos con la industria y en general con las demás ciencias y el tejido I+D+i es creciente aquí y en todos los países. Tal vez aquí nos llega un poco más tarde que en otros países punteros en los que llevan décadas de tradición en esta interacción.

### **¿Qué cuota de responsabilidad cabe atribuir a los matemáticos y cual a los empresarios en esta escasa colaboración?**

No creo que se trate de buscar responsabilidades a uno y otro lado sino asumir colectivamente el reto de ahondar en estas interacciones y multiplicarlas. Simultáneamente nuestras instituciones y nuestras agencias evaluadoras tendrán que asumir también la parte que les toca a la hora de valorar y facilitar ese tipo de actividades.

### **¿Qué se puede hacer para solucionarlo?**

Trabajo, sentido común, generosidad, talento, ... son palabras que definen la tarea que los científicos tenemos que desarrollar con independencia de cuál sea nuestro campo de especialización. La interacción de las matemáticas con las otras ciencias, con el I+D+i y, en general, con la sociedad, no escapa a esa simple pero a la vez compleja receta.

### **¿IMDEA es parte de la respuesta?**

Yo creo que cuando ha llegado IMDEA esa necesidad ya estaba bien asumida, que ya estábamos en esa posición de aterrizaje que decía. Eso es lo que nos ha permitido firmar un convenio de colaboración con empresas líderes en sus campos, algo que hace diez años habría sido imposible, y a la vez, que los matemáticos que han impulsado IMDEA, aunque muchos son matemáticos puros, lo hagan con una clara visión de que efectivamente tiene que tener un carácter más ágil, de avanzadilla de interacción con el I+D. Y dicho esto, en absoluto excluimos que haya gente de matemática más bien "pura" que se acerque al instituto a desarrollar su investigación. Siempre intentaremos en cualquier caso que haya un poquito más de visión aplicada.

### **Su especialidad es la teoría de Control, ¿puede explicar brevemente de qué se trata?**

Control y optimización son dos disciplinas matemáticas de carácter eminentemente multidisciplinar y aplicado. Ambas surgen con el objeto de dar respuesta al mismo tipo de cuestiones: hallar la configuración, la planificación "óptima" del mecanismo o proceso en consideración. En este contexto, "óptimo" equivale a "mejor posible". Se trata pues de disciplinas de inspiración aplicada, desarrolladas a partir de ideas de la teoría clásica de las ecuaciones diferenciales y el cálculo de variaciones para dar respuesta a los problemas que en su momento la revolución industrial comenzó a plantear de manera creciente e imponiendo cada vez exigencias más sofisticadas.

### **¿En qué consiste el trabajo que está realizando en colaboración con el INTA?**

Es un trabajo que se enmarca en el ámbito del diseño óptimo en aeronáutica. Se trata de un tema en que todos los países líderes en ciencia y tecnología hacen importantes esfuerzos. Es posiblemente una de las áreas de mayor

repercusión social y económica, en la que disciplinas diversas de la ingeniería y las matemáticas se unen en un compromiso y con un objetivo común: mejorar el diseño de nuestras aeronaves, para hacerlas más eficaces, más seguras, menos contaminantes... Las herramientas matemáticas que se emplean están basadas en la modelización mediante ecuaciones en derivadas parciales, la mecánica de fluidos computacional, y todo el arsenal de técnicas desarrolladas en las áreas del control y la optimización.

**Hablando de modelización de fenómenos, ¿considera que toda la realidad física es modelizable?**

El esfuerzo del ser humano por entender y, para ello, modelizar los fenómenos naturales es previsible que dure mientras nuestra civilización perdure. No creo que debamos establecer limitaciones a priori. Un análisis de la evolución histórica de las matemáticas y de su acierto en la modelización de fenómenos cada vez más complejos, más bien deberían hacernos ser optimistas sobre sus posibilidades futuras. En ese esfuerzo creciente de modelización, habrá que desarrollar nuevos métodos y lenguajes matemáticos, y en esa dinámica veremos nacer nuevas ramas y disciplinas de la misma.

**En aplicaciones industriales, ¿cree que se pueden sustituir por completo los ensayos y prototipos por modelizaciones?**

Las simulaciones numéricas basadas en modelos matemáticos están ganando terreno en todos los ámbitos. En algunos puede que hasta resulten suficientes por sí solas. Pero no es previsible que esto ocurra en todas las áreas y ni siquiera es deseable que así sea. Es importante que la ciencia siga su camino en un esfuerzo múltiple, en el que las técnicas experimentales también han de jugar un papel decisivo. Las matemáticas seguirán contribuyendo, cada vez de manera más eficaz y en áreas más diversas de las ciencias y el I+D+i, a través de su capacidad de modelizar, analizar y simular. Pero, sin duda alguna, en muchos casos, nuestras herramientas necesitarán unos períodos de maduración que harán imprescindible la exploración previa mediante técnicas experimentales.

**¿Considera que las ecuaciones en derivadas parciales son la herramienta más eficiente de las matemáticas?**

En general, las ecuaciones diferenciales, son sin duda una de las herramientas más poderosas que las matemáticas han desarrollado en su esfuerzo por modelizar la naturaleza. Esto es así desde que Newton estableció los principios básicos de la mecánica sobre la cual basamos nuestra concepción actual del mundo. No es previsible que esto cambie en el futuro cercano. De hecho las ecuaciones en derivadas parciales siguen desarrollándose con notable esfuerzo y sobresaliente éxito en su intento por explicar fenómenos más complejos, relacionados con la no-linealidad, la incertidumbre, las pequeñas escalas, etc.