



CONVERSACIONES ONLINE
DESDE LA FUNDACIÓN RAMÓN ARECES

$$\sqrt{x^2-11x-12} < \sqrt{x^2+11x+6}; \quad y = \cos x, y = -x; x=0; x = \frac{\pi}{2}; \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos x dx = 1$$
$$\begin{cases} (x-12)(x+1) \geq 0 \\ 22x > -18 \end{cases}; \begin{cases} x \geq 12 \\ x \leq -1 \\ x > -\frac{9}{11} \end{cases}; x \in [12; +\infty); \quad y = \sin 2x, y = x$$
$$\sqrt{x^2-10x-3} > \sqrt{x-2x^2+3}; 5x^2-10x-3 > x-2x^2+3 \geq 0; \quad y = \sin 2x dx + \frac{\pi}{2} \times \frac{\pi}{2} \times \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \cos 2x \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{\pi^2}{8} = 1 + \frac{\pi^2}{8}$$
$$\sin x, y = -x, x=0, x = \frac{\pi}{2}; S = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin x dx + \frac{\pi}{2} \times \frac{\pi}{2} \times \frac{1}{2} = 1 + \frac{\pi^2}{8}$$
$$\cos \frac{x}{2}, y = x - \pi, x=0, x = \pi, S = \int_0^{\pi} \cos \frac{x}{2} dx + \pi \times \pi \times \frac{1}{2} = 2 \sin \frac{x}{2} \Big|_0^{\pi} + \frac{\pi^2}{2} = 2 \times 1 + \frac{\pi^2}{2} = 2 + \frac{\pi^2}{2}$$
$$\sqrt{7x-11x-6} > 0; \begin{cases} -1 \leq x \leq \frac{3}{2} \\ x > 2 \\ x < -\frac{3}{7} \end{cases}; x \in [-1; -\frac{3}{7}); \quad \int \left(\frac{1}{2\sqrt{x}} + x \right) dx = \sqrt{x} + \frac{x^2}{2} + C$$
$$\sqrt{7x-3} = x \Rightarrow x+3 = x^2; \log_2(x-1) - \log_x = 0 \Rightarrow \log_2 \left(1 - \left(\frac{1}{x} \right) \right) = 0;$$
$$\sin(\pi - x) \operatorname{ctg} x = -\left(\frac{1}{2} \right) \Rightarrow \cos x = -\left(\frac{1}{2} \right); \quad x \in \left[-\frac{5\pi}{6} + 2\pi n, \frac{\pi}{6} + 2\pi n \right]$$
$$\sin \left(\frac{\pi}{2} - x \right) \operatorname{tg} x = 0 = \sin x = 0;$$
$$\sin \left(\frac{\pi}{2} - x \right) \leq \sin x; \sin x - \cos x \geq 0; \sin \left(x - \frac{\pi}{4} \right) \geq 0; x \in \left[\frac{\pi}{4}, \frac{5\pi}{4} \right]$$
$$MK = MO - KO = MO - MO_1 = \frac{(a-b)\sqrt{3}}{6}; \Delta MM_1K: MK = \frac{(a-b)\sqrt{3}}{6}$$
$$V = \frac{1}{3} M_1K (S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2) = \frac{1}{3} \times \frac{(a-b)\sqrt{3}}{6} \times \operatorname{tga} (a^2 + b^2)$$

Matemáticas

PARA UN FUTURO MEJOR

Por **MAR VILLASANTE**

Las matemáticas tienen un notable peso en la economía y la investigación en España, un efecto multiplicador en la productividad y en la optimización de los procesos, pero hay un amplio margen de mejora si se compara con otros países avanzados de nuestro entorno. Esta fue una de las principales conclusiones del coloquio “Matemáticas para un futuro mejor”, organizado en la Fundación Ramón Areces en colaboración con la Real Sociedad Matemática Española (RSME). En este encuentro, varios expertos pusieron de manifiesto las oportunidades que ofrece una “sociedad matematizada” para afrontar los retos actuales.





LA JORNADA tuvo lugar dentro de los actos de presentación del *Libro Blanco de las Matemáticas*, editado por la Fundación Ramón Areces y la RSME. En ella participaron la catedrática de la Universidad Complutense de Madrid, María Jesús Carro, coordinadora del capítulo de investigación del Libro Blanco de las Matemáticas, y el catedrático de la Universidad de Sevilla, Guillermo Curbera, uno de los autores del capítulo sobre el impacto económico de las matemáticas en España.

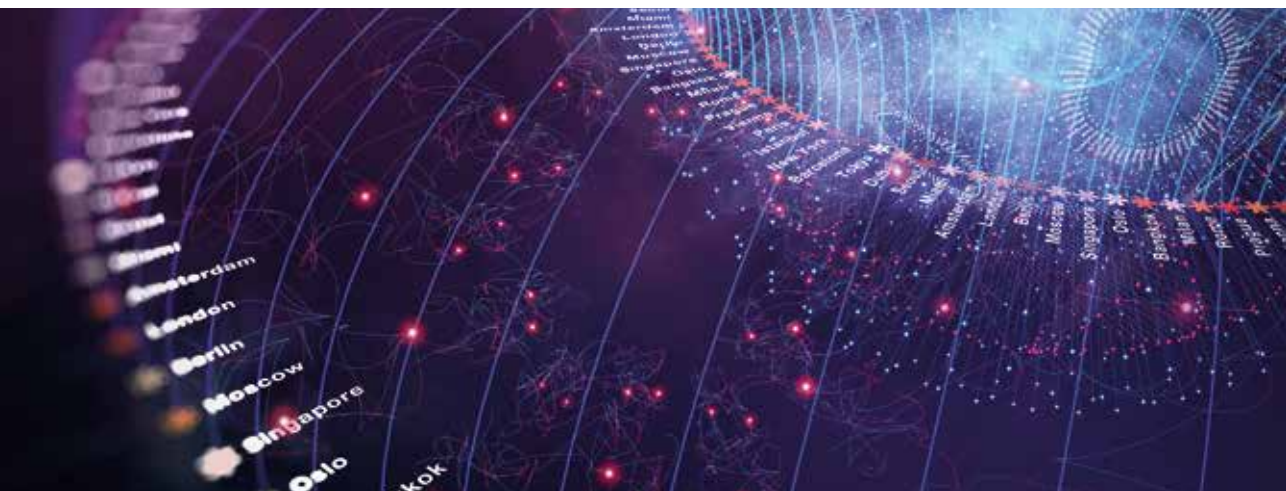
El vicepresidente segundo de la RSME y coordinador general del *Libro Blanco de las Matemáticas*, David Martín de Diego, fue el moderador de este debate dirigido a analizar el papel central de la investigación matemática y de la necesaria matematización de la economía española para afrontar los retos de futuro. Enfoque que, si cabe, adquiere mayor importancia en una situación marcada por la crisis económica y agravada por la situación sanitaria actual. Sin embargo, esta encrucijada también puede suponer una oportunidad para reestructurar las bases económicas en la línea de otros países más avanzados. “Creemos desde la RSME que las matemáticas son un conocimiento estratégico y esencial, que pueden y deben ser un pilar de esta renovación necesaria”, afirmó David Martín.

A pesar de tener una cierta tendencia a pa-

sar inadvertidas, las matemáticas se encuentran en innumerables procesos y desarrollos, y han estado íntimamente ligadas a la economía desde sus orígenes. “El paso del trueque a un comercio más afinado no pudo hacerse sin sistemas de numeración eficientes. La geometría no buscaba enseñar nada a los niños en la escuela, sino salvar las producciones agrícolas después de las crecidas del Nilo. Siempre hemos tenido una matemática que se desarrolla por la presión del medio”, relató Guillermo Curbera.

Ya en la actualidad, el catedrático situó las matemáticas en cualquier proceso industrial que tenga diseño, modelaje y simulación; en la optimización de la producción logística; en el análisis de datos que permite una mayor eficiencia en Internet; en las finanzas e, incluso, en la salud. “Es complicado encontrar un sitio donde no se use la matemática”, resumió.

Un espectro inabarcable ante el que David Martín quiso recordar la importancia de la formación matemática que en la actualidad reciben los estudiantes, motivo de preocupación que también ha sido objeto de un exhaustivo análisis en el *Libro Blanco de las Matemáticas* y que ya se abordó en un anterior coloquio en la Fundación Ramón Areces. Apeló, a su vez, al papel de la disciplina como motor de la innovación tecnológica y a la necesaria transferencia del conocimiento desde el mundo



matemático a las empresas, cuestión que del mismo modo ha tenido su merecido espacio en esta obra conjunta.

“He de reconocer que la sección de transferencia en el capítulo sobre investigación en el Libro Blanco fue una de las que más trabajo nos costó. La razón es que cuantificar la transferencia no es fácil, ya que esa información no está recogida en un sitio determinado”, explicó María Jesús Carro. Así reconoció que, pese a que se intentó conseguir esa información por diferentes fuentes, “esta cuantificación de los datos no fue la que nos gustaría, entendiendo por transferencia proyectos financiados por empresas”.

En este punto, la catedrática definió dos espacios y aclaró que esta situación se refiere a proyectos financiados por empresas con “matemáticas hechas por matemáticos”. Es decir, “proyectos liderados por matemáticos donde se contempla posible aplicabilidad hay muchísimos pero, obviamente, cuando hablamos de transferencia debemos asumir nuestra realidad y tenemos que entender por transferencia aquellas matemáticas que realmente se están aplicando y que son matemáticas hechas por matemáticos”. Y es que, como relató María Je-

sús Carro, “hay mucha matemática, fuera del ámbito matemático, liderada por profesionales de otros sectores, y esto no lo contempla el Libro Blanco”. En resumen: “Nos falta implicación por ambas partes, tanto por parte de las empresas como del mundo investigador, pero lo que yo creo que nos falta es visibilizar nuestra realidad para poder reflexionar sobre ella”.

Todo esto ocurre en un momento en el que asistimos al auge y desarrollo de tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático o el Big Data, que suponen “una oportunidad gigantesca para que los matemáticos tomen la voz cantante en proyectos de este ámbito, ya que realmente son matemáticas puras”, apuntó David Martín, que a continuación quiso conocer la situación de las matemáticas en España y en relación a otros países que son referentes en todo el mundo. “Vamos detrás”, zanjó Guillermo Curbera, quien pasó a desgarnar los datos sobre los que fundamentaba esta afirmación.

Matemáticas y Economía

A partir del informe elaborado por la consultora AFI para la Red Estratégica de Matemáticas, el catedrático se centró en primer

“Me encantaría poder decir que vamos avanzando en la incorporación de la mujer al ámbito de las matemáticas, pero me da la impresión de que no es el caso”

María Jesús Carro

lugar en la parte del Producto Interior Bruto español que se puede atribuir a las matemáticas, es decir, cuánto se asigna a la productividad de las matemáticas en la economía española. “Con datos de 2016 del Instituto Nacional de Estadística, nos sale un próximo complejo del 10%, no sabemos a priori si es poco o mucho, por ejemplo, Holanda tiene un 30% más, Francia tiene un 50% más, Inglaterra tiene un 58% más”, añadió, para luego puntualizar que “la matemática española sí tiene un peso en la economía española pero, si lo comparamos con estos países donde se han hecho estos estudios, estamos bastante por debajo, nos queda bastante camino”.

En términos de trabajo, las matemáticas suponen en España un 6% del empleo, cuando en Francia representan un 50% más, un 60% más en Inglaterra y un 75% más en Holanda. “El impacto de las matemáticas en la economía de los países desarrollados es muy alto, y en España no es desdeñable, pero todavía tenemos un amplio camino para recorrer”. La combinación de ambas variables revela, además, que “suponemos más en PIB que en empleo, debido a que la matemática entra en las zonas de mayor productividad, es decir, que si la potenciamos podemos tener un efecto multiplicador”.

El informe incluido en el *Libro Blanco de las Matemáticas* fue elaborado por expertos en Economía Aplicada a partir de datos reco-

gidos del Instituto Nacional de Estadística, micro encuestas de población activa o datos de contabilidad nacional, entre otros. “Cuando uno trabaja con los economistas aparece un problema, y es que la matemática no se compra ni se vende, lo que la sitúa fuera de las herramientas de la contabilidad nacional y genera una complicación para cuantificarla, que es lo que hace el estudio”.

En este punto, Curbera quiso explicar qué es la matemática desde el punto de vista económico. “Es un bien público porque está a disposición de cualquiera y además no disminuye con el uso. Es de club porque lo disfrutaban aquellos que han hecho un proceso de acceso. Por otra parte, también es privado porque su uso en el mundo económico genera beneficios para el que lo detenta, es decir, con una buena formación matemática puedo obtener empleos bastante mejores que si no la tuviera. Esta mezcla entre lo privado y lo público es lo que nos hace particulares: no es una cosa pública, no se puede apropiarse, no se agota con su uso, sino que cuanto más se usa más valor tiene. Por ejemplo, resultados que resuelven problemas de gestión de datos si son buenos se usan cada vez más y generan más valor”.

“En cierto modo, estamos viendo la educación matemática como una inversión”, sugirió David Martín, a lo que el catedrático respondió que el informe explica de forma explícita que “la decisión de los individuos de invertir en formación matemática se hace en términos del beneficio que se puede obtener”, y que los poderes públicos tienen la responsabilidad de “disminuir ese coste de acceso y ofrecer una buena enseñanza matemática lo más abierta posible y a disposición de todos”.

El vicepresidente de la RSME consideró las matemáticas como “algo muy necesario para la mayor parte de la población, para hacer

mejores ciudadanos”, además de un recurso económico muy valioso. “De todo lo que nos comentas podemos resumir que cuantas más matemáticas conocemos, más productivos somos”, sugirió.

Y es que, como subrayó Guillermo Curbera, las ocupaciones con una alta intensidad matemática “son las actividades que tienen una producción más alta y, de hecho, incluso en términos de salario por hora, estas ocupaciones se sitúan en 47 euros, a diferencia de los 31,4 euros del salario medio”. Estos datos hacen que se pueda atribuir a las matemáticas un millón de empleos en España. “Es decir, hay un millón de trabajadores que en diversas partes de su trabajo utilizan herramientas de intensidad matemática”, matizó.

David Martín de Diego quiso saber, a renglón seguido, cómo afecta la investigación matemática puntera al sector productivo, una cuestión en la que, como indicó María Jesús Carro, “podemos tocar numerosos puntos, diferentes pero a la vez muy relacionados”. El primero fue el de las publicaciones, donde la catedrática destacó que “a nivel cuantitativo estamos muy bien situados; de hecho, si miramos a los números, en publicaciones matemáticas España está novena a nivel mundial y quinta con respecto a Europa. Cuantitativamente hablando la introducción del incentivo de los sexenios de investigación fue una idea muy buena, ya que hizo que la producción aumentara considerablemente. También vamos avanzando a nivel cualitativo, y los datos nos respaldan en ello, aunque debemos reconocer que estamos lejos de países como Francia, Reino Unido o Estados Unidos”.

Sin embargo, María Jesús Carro quiso hacer una llamada de atención en el sentido de que “España produce aproximadamente el 4% de los artículos en el mundo y el 12% de Europa pero, a nivel cualitativo, si pensamos en me-

dallas o premios de prestigio internacional, realmente nos falta mucho”. Por ello, defendió que “ahora deberíamos intentar bajar la productividad y aumentar la calidad de estas publicaciones para realmente situarnos donde nos gustaría estar. Debemos echar el freno porque estamos inculcando este afán de publicación en nuestros jóvenes investigadores y hoy en día hay personas con demasiadas publicaciones a corta edad. Esto hace perder esa calidad al intentar centrarse tan solo en la idea de publicar mucho”.

Reflexión aparte también merecería la atracción de talento matemático internacional o la idoneidad del actual sistema de contratación. “Si queremos atraer talento internacional debemos valorar qué opciones tenemos para ofrecer unos sueldos competitivos. Y no solo es una cuestión económica, que obviamente es importante, sino también las condiciones que se plantean a esas personas”, argumentó. Eso, sin olvidar que no solo hay que centrarse en el talento extranjero que quiere venir a España, “sino en la gran cantidad de españoles que están fuera y a los que no somos capaces de ofrecer las mismas condiciones que reciben en esos países. Esto es algo que deberíamos evaluar y que nos encontramos bastante lejos de conseguir”, lamentó.

El talento y la transferencia del conocimiento

Los datos del *Libro Blanco de las Matemáticas* indican que el 47% de los investigadores extranjeros que tuvieron un contrato Ramón y Cajal siguieron en nuestro país. “Efectivamente es un número muy bueno pero, si lo ponemos en el contexto de los contratos que conseguimos anualmente a través de este programa, cuantitativamente a lo mejor estamos hablando de que hemos captado un investigador al año. No podemos decir que esto sea un enorme éxito”.

“Las ocupaciones con una elevada intensidad matemática son las actividades que tienen una producción más alta”

Guillermo Curbera

A la hora de analizar qué panorama se puede encontrar un estudiante al finalizar el doctorado, la catedrática fue tajante al señalar que “claramente debemos decir que la situación de nuestros jóvenes investigadores es lamentable”. Es más, “gente muy valiosa en el aspecto investigador no consigue un sueldo digno o una posición estable hasta cerca de los 40 años, lo que provoca que muchos jóvenes doctores abandonen el campo de la investigación”.

Así las cosas, Carro afirmó que “nuestra obligación es formar investigadores y doctores no solo para el mundo investigador, sino que vayan a trabajar a la empresa, siempre sin perder a esos investigadores que verdaderamente sienten pasión pero que se marchan a la empresa porque lo que tenemos para ofrecer aquí [en el entorno científico] no les resulta atractivo”. Pero sea como fuere, quiso apelar a la importancia de “seguir de alguna forma ligados a ellos”. “Ahí radica un poco la debilidad de la que hablábamos sobre la transferencia de conocimiento; necesitamos inyectar a personas que sigan ligadas a nuestros equipos de investigación, y no solo al grupo en el que realizó su doctorado, si no que tenga la oportunidad de entrar en contacto con otros equipos diferentes”, aclaró.

En otras palabras, conseguir el objetivo de aumentar la transferencia de conocimiento del mundo investigador a la empresa requiere de “muchísima colaboración bilateral desde las bases. Nosotros podemos inyectar jóvenes

investigadores en las empresas pero, al mismo tiempo, ellos deben tener la capacidad de seguir en contacto, valorar la importancia que tiene la investigación de excelencia en el sector productivo”.

Precisamente esta importancia que tienen las matemáticas en el sector productivo llevó a plantear si sería necesario incentivar directamente la investigación matemática aplicada y no la teórica, cuestión sobre la que David Martín quiso conocer la opinión de María Jesús Carro. “Para mí esto nunca ha sido un problema; creo que todo país que quiere avanzar debe financiar e incentivar la excelencia, que en la investigación se encuentra tanto a nivel teórico como a nivel aplicado. No hay aplicación sin teoría, renunciar a incentivar la investigación teórica es estar destinado al fracaso absoluto”, advirtió la catedrática.

Carro aseguró, del mismo modo, que hay muchos aspectos que deben cambiar en relación al desarrollo de las nuevas tecnologías: “Por ejemplo, deberíamos conseguir aportar conocimiento matemático en el mundo de la Inteligencia Artificial, algo que estamos debatiendo y que supone uno de los objetivos de la Red Estratégica de Matemáticas”. Con todo, quiso incidir en que el futuro pasa por “invertir en formación de excelencia de nuestros jóvenes investigadores y romper barreras entre áreas”.

En cuanto a las medidas necesarias para afrontar los años venideros, la catedrática insistió en la cuestión fundamental de que “nos falta muchísima financiación para la formación de jóvenes investigadores”, en la medida en que “si queremos situarnos en el primer nivel, no nos queda más remedio que formar en la excelencia”. A la debilidad de que “no tenemos un buen programa de formación de jóvenes”, la catedrática añadió que “carecemos de un programa fuerte postdoctoral”. Y apuntó: “debemos pensar qué tipo de programas nos

“Sin matemáticas no hay ciencia y sin ciencia no hay futuro”

David Martín de Diego

interesan, convencer a las autoridades ministeriales para que inyecten recursos en ese tipo de cosas”.

En el plano económico, la situación y el futuro se encuentran determinados por el pequeño tamaño medio del tejido empresarial español en relación con otros países europeos. “A estas empresas de tamaño medio pequeño les cuesta mucho más abordar gastos de innovación que no sean el rendimiento inmediato. Esto nos sitúa en una dificultad estratégica tremenda para dar ese salto a la innovación, en este caso a través de tecnologías matemáticas”, explicó Guillermo Curbera, quien argumentó que “de aquí se deriva que haya una menor productividad”.

No obstante, la tecnología matemática se presenta como una “herramienta importantísima” para solventar estos problemas, en la medida en que pueden ayudar a superar el tamaño medio de las empresas, optimizar procesos y lograr una mayor productividad. Los obstáculos derivan del hecho de que “la empresa tiene un enorme desconocimiento de las posibilidades que genera la matemática y, en el lado de la matemática, encontramos poca voluntad de lanzarse a la piscina”.

A juicio del catedrático, la situación actual ha abierto una buena oportunidad para intentar cerrar la brecha de las empresas pequeñas: “Podríamos generar una propuesta que les permitiese ofrecer esa tecnología matemática que necesitan. Tenemos la oportunidad de ofrecer a las empresas españolas herramientas matemáticas para optimizar sus procesos”.

David Martín de Diego no quiso dejar de lado en este debate la situación de la incorporación de la mujer en el ámbito de las matemáticas y, en concreto, pidió a María Jesús Carro una valoración sobre la evolución de la incorporación de la mujer en el mundo de la investigación. “Me encantaría poder decir que vamos avanzando, pero me da la impresión de que no es el caso”, lamentó la catedrática, quien justificó a continuación su afirmación: “Hemos ido avanzando en los últimos años, lo hemos visto en los números del periodo analizado en el Libro Blanco, pero cuando miramos los datos detenidamente observamos algunas singularidades”, por ejemplo, en las solicitudes y concesiones de mujeres en el programa Juan de la Cierva, o en las diferencias en la proporción de doctores y doctoras en matemáticas.

Por si eso fuera poco, “en los últimos años está bajando muchísimo el número de mujeres estudiantes de la carrera de matemáticas. Ahora en algunas universidades estamos incluso por debajo. Esto claramente va a tener consecuencias porque si las jóvenes no se deciden por las matemáticas, no tendremos doctoras en esta área y no llegaremos a lo que querríamos, conseguir la igualdad a todos los niveles”, advirtió. Y reclamó un mayor esfuerzo por “incentivar la formación de jóvenes investigadoras de excelencia, a través de unas escuelas en las que se den a conocer las posibles opciones y vías a seguir en el área de la investigación”.

Las mujeres también están llamadas a contribuir al impulso de las matemáticas, una disciplina que se encuentra en la base del progreso y del desarrollo socioeconómico, que demanda visibilidad y un compromiso colectivo para superar los obstáculos que frenan su avance. Porque, como concluyó David Martín de Diego, “sin matemáticas no hay ciencia y sin ciencia no hay futuro”.