



Academia de Ciencias Matemáticas,
Físico-Químicas y Naturales de Granada

LAS MATEMATICAS EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

DISCURSO PARA EL ACTO DE SU RECEPCIÓN
COMO ACADÉMICO CORRESPONDIENTE POR EL

EXCMO. SR. D.

FRANCISCO MARCELLÁN ESPAÑOL

GRANADA, 27 ENERO 2012

Las Matemáticas en la Sociedad del Conocimiento

Francisco Marcellán Español

Excmo. Sr. Presidente,
Excmos. e Ilmos Sres. Académicos,
Señoras y Señores,

En primer lugar, deseo manifestar mi sincero y profundo agradecimiento a quienes han hecho posible mi elección como miembro Correspondiente de la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada, entidad nuclear de una noble e ilustre comunidad científica. En particular, a su Presidente y al Dr. Sánchez-Dehesa, que ha tenido a bien ser mi padrino en este acto y con el que he compartido la apasionante aventura, no solo científica sino también humana, de configurar en nuestro país un importante colectivo centrado en la teoría de polinomios ortogonales, funciones especiales y sus aplicaciones. La Universidad de Granada ha sido un referente en esta trayectoria iniciada a mediados de los años sesenta en la Universidad de Zaragoza por el profesor Dr. Luis Vigil y Vázquez, Director de las tesis doctorales del Dr. Sánchez-Dehesa y del que habla, y he disfrutado la oportunidad de aprender y compartir ideas científicas con mis colegas de la Universidad de Granada en numerosas visitas (no tantas como me hubiera gustado) y contribuir a la formación de investigadores que se han consolidado como miembros de su claustro.

Como una referencia preliminar, la lectura del discurso de recepción como académico numerario del Dr. Sánchez Dehesa, con el sugerente título " Información, Mecánica Cuántica y Conciencia" me brindó la oportunidad de plantear una reflexión sobre el papel de las Matemáticas en una sociedad cambiante, en la que sus propias dinámicas creativas se han visto estimuladas por nuevos retos externos que desempeñan una función complementaria de su papel epistemológico reflejada en el célebre argumento de Galileo Galilei "El gran libro de la Naturaleza puede ser leído solo por aquellos que conocen el lenguaje en que está escrito. Y ese lenguaje son las matemáticas" (Galileo Galilei) o también en que "los instrumentos que implementan la mediación entre la teoría y la práctica, entre el pensamiento y la observación" (David Hilbert). Pero más allá de una visión interna y desde "dentro" de las Matemáticas, las lecturas de varias contribuciones sobre el papel de la ciencia y la tecnología en la conformación de la opinión pública e individual me han llevado a presentar una reflexión sobre su papel en la denominada "sociedad del conocimiento". De la revolución científica a la revolución industrial, de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, las Matemáticas han jugado un papel innovador y dinamizador, superador de paradigmas clásicos de creatividad y contraste con la

realidad y han bebido de problemas reales como motivación para su propio desarrollo, compatible con el rigor y búsqueda de la verdad, elementos distintivos de la creatividad matemática descrita magistralmente por G. H. Hardy en su “A Mathematician’s Apology”.

Términos como información, complejidad, incertidumbre, modelización y simulación forman parte de la aportación matemática a la ciencia y la tecnología y reflejan modos y valores del pensamiento matemático que le dotan de una centralidad en la sociedad del conocimiento.

Las sociedades del conocimiento

El conocimiento, más que un medio para saber es un instrumento para convivir. Su función más importante no consiste en reflejar una supuesta verdad objetiva, adecuando nuestras percepciones a la realidad exterior, sino convertirse en el dispositivo más poderoso a la hora de configurar un espacio democrático de vida común entre los seres humanos. (D. Innerarity)

Como elementos definitorios de las sociedades del conocimiento figuran tres características tanto a nivel individual como colectivo: la información, la reflexión y la acción consecuente. La capacidad para procesar la información, para discriminar los ruidos de los ecos, la disponibilidad para reflexionar y crear criterio propio para un contraste con otras personas, la puesta en acción de los anteriores obligan a centrar la nueva posición de los individuos en las sociedades contemporáneas en una perspectiva activa para delimitar el contexto de una ciudadanía democrática como un nuevo valor frente a la servidumbre voluntaria. La metodología científica, que incluye el contraste de hipótesis verificables y el riesgo al error como elemento incuestionable en la experimentación, es inseparable de esa concepción de ciudadano democrático y consciente.

En ese sentido, las cuestiones que se dilucidan en el ámbito de la ciencia y la tecnología son también asuntos de ciudadanía y, complementariamente, el conocimiento y sus aledaños (políticas de la ciencia y la innovación, el asesoramiento político a los gobiernos, la evaluación de las políticas públicas, la comprensión de las actuales transformaciones sociales o la competencia cognoscitiva de los reguladores) son ámbitos donde se decide no sólo la prosperidad y el progreso económicos sino, fundamentalmente, la calidad democrática. Las políticas del conocimiento y a través del conocimiento se han convertido en un asunto de ciudadanía democrática en el que nos jugamos la calidad de nuestro espacio público.

Una sociedad del conocimiento y la innovación se caracteriza por un gran incremento de las posibilidades y oportunidades a las que se enfrenta así como por el carácter contingente de sus principales acciones. A la hora de escoger, decidir, confiar o anticipar, el abanico de las opciones suele ser inabarcable y la decisión adoptada no está nunca completamente libre de la sospecha de que se ha dejado de considerar alguna otra opción relevante. Tanto las personas como las sociedades se ven obligadas a discriminar entre el exceso de información, el pluralismo de las opiniones, las exigencias contrapuestas de legitimación, la multiplicación de las opciones, la

proliferación de los riesgos así como las innovaciones con efectos desconocidos, por lo que una gestión inteligente de todas las anteriores componentes se traduce en que los individuos, las organizaciones y la sociedad en su conjunto tienen como desafío central la gobernanza justa e inteligente de tal espectro de posibilidades.

La organización de la incertidumbre se convierte en el paradigma dominante de la acción política en su más amplia dimensión. La construcción de una sociedad democrática exige no sólo legitimidad en las decisiones sino también disponer de un saber adecuado. La legitimidad de una supervisión política del saber y la calidad del saber desde el que se realiza dicha supervisión van más allá de ser meras interrogaciones teóricas, configurándose como dilemas centrales de lo que se denomina democracia del conocimiento.

Desde el escaso saber del que disponemos en relación con los problemas que debemos acometer y pese a las magnitudes de información y de instrumentos a utilizar, abordar la gobernanza del conocimiento y la organización de la incertidumbre constituyen retos de cara al futuro más inmediato.

Una sociedad del conocimiento y la innovación desplaza los ideales previos relativos a la formación (ser perfecto, estar bien informado o ser crítico) hacia una nueva competencia, la creatividad, concebida como la capacidad de modificar nuestras expectativas cuando la realidad las desmiente en lugar de insistir en decirle a la realidad lo que ésta debería ser.

Nuestra concepción de la estructura social está todavía hoy fuertemente vinculada a la teoría vinculada a la explicación de la sociedad industrial. En ella, las jerarquías sociales se construyen y legitiman en relación al proceso de producción y las consecuencias de su organización específica. Casi todos los analistas de la sociedad postindustrial partían del supuesto de que la realidad social, económica y cultural estaría determinada por la racionalización y la planificación y que los instrumentos de esa vigilancia estarían concentrados en manos de los organismos estatales. Esta tesis implicaba que habría de ser más fácil controlar administrativamente los comportamientos individuales, traducir en protocolos administrativos cualquier movimiento social.

El protagonismo creciente de los profesionales del saber, en su sentido más amplio, que pertenecen a los grupos social y políticamente más activos de una sociedad, debería traducirse en una modificación de la configuración del sistema político, más concretamente en aquellos aspectos relacionados con la reproducción de las tradicionales relaciones de dependencia. En la sociedad del conocimiento, las posibilidades de acción de los individuos y los pequeños grupos de personas se han ampliado considerablemente, aunque no debe suponerse que esta ampliación de la capacidad operativa valga para todos los niveles de acción y todos los actores. En cualquier caso, estos cambios conducen a una autoridad estatal más superficial y volátil. El crecimiento del saber y su progresiva expansión social crean mayor inseguridad y contingencia y, en consecuencia, no son la base para un dominio más eficiente por parte de las instituciones sociales centrales.

En las sociedades del conocimiento se observa un notable incremento de la fragilidad de las estructuras sociales. En la medida en que crecen las oportunidades de

muchos para participar de una manera efectiva, disminuye la capacidad del Estado para imponer su voluntad. La "resistencia" de las circunstancias se ha vuelto mucho más significativa y el ejercicio del poder está más equilibrado que en las antiguas sociedades industriales. La disposición del saber reflexivo reduce la capacidad de las instancias tradicionales de control para exigir e imponer disciplina y conformidad.

El conocimiento científico abre unas posibilidades de actuación que se amplían y modifican continuamente. En contraposición a la imagen ortodoxa de las sociedades modernas, es preciso recalcar la capacidad de acción conquistada para los agentes sociales, la flexibilidad, la heterogeneidad y la volatilidad de las estructuras sociales, la posibilidad de que un mayor número de individuos o grupos puedan influir y reproducir estas estructuras según su propio criterio. También se ha fortalecido la capacidad del individuo de actuar en su propio interés. "La ciencia se convierte en un componente de la política porque el modo científico de comprender la realidad es utilizado para definir el interés que los actores políticos articulan y defienden". Debido a que el discurso científico moderno no tiene unas propiedades monolíticas, se convierte en un recurso de acción política para individuos, grupos y organizaciones que persiguen intereses y fines muy diversos. La ciencia no es solo un instrumento armonizador que aparca los conflictos y modera las tensiones. El saber aumenta la capacidad de acción de todos, no únicamente de los poderosos. En paralelo, el tipo de saber que configura las sociedades del conocimiento no es el saber disciplinado y exacto de las ciencias positivas, sino otro más flexible y frágil desde el que no resulta fácil establecer una organización social rígida.

Aparentemente y en primera instancia, la ciencia y la técnica pueden ser puestas de una manera sencilla al servicio de cualquier decisión. El propio carácter de la ciencia, inaccesible a una inmensa mayoría de la ciudadanía, convierte al sistema científico en un recurso para simbolizar la independencia y la objetividad. De ahí el frecuente recurso a utilizarla como una autoridad de la que puede disponerse para las decisiones controvertidas. Siempre ha habido una cierta desconfianza que ha acompañado al desarrollo de la ciencia y la técnica, sin que parezca que en el futuro vaya a ser de otra manera. En la sociedad contemporánea aparece una visible contradicción entre la pérdida de temor y respeto frente a la autoridad y las disposiciones de la administración estatal, por una parte, y la preocupación creciente por los efectos negativos del progreso científico y técnico. Los problemas del medio ambiente y el cambio climático, las repercusiones en la salud de los cultivos transgénicos, la percepción de que no todos los problemas sociales pueden ser controlados racionalmente ni evitados o resueltos mediante la planificación, las limitaciones y los criterios de elección de recursos energéticos son indicativos de que la ciencia y la técnica ya no gozan de una confianza general e incuestionada. Es como si la disminución del miedo, ligada a las disponibilidades de información sobre los problemas, se viera compensada por un aumento de las preocupaciones ante consecuencias no previstas.

Mientras tanto, el control social del conocimiento científico y del saber técnico ha aumentado considerablemente configurándose como un fenómeno que contribuye a modificar su estatuto en las críticas a la civilización científica y tecnológica. La misma existencia de ese control es un indicativo de cómo la esfera del saber no goza de una total autonomía y, de hecho, se ejerce desde otros ámbitos sociales como el derecho o la política. En todos los países desarrollados, existen complejas prescripciones y un gran

número de organizaciones que se ocupan de registrar, permitir, verificar y supervisar bien productos farmacéuticos, el uso de las tecnologías de alto riesgo, los modos de investigación, las patentes o el control alimentario. Ya no nos encontramos en la época de una esfera científica y técnica autónoma y celosa de cualquier intervención externa a ella misma. La aplicación del conocimiento científico conduce a que el saber se convierta en parte de un contexto social externo, no científico. En consecuencia, los mecanismos de control son vectores de influencia en el saber. La supervisión política del conocimiento ya no se percibe como una ruptura intolerable de las normas científicas. En tanto en cuanto el saber se convierte en un componente constitutivo de las sociedades, su producción, reproducción, distribución y realización no puede sustraerse a la discusión política explícita y las disposiciones jurídicas.

Ciencia e incertidumbre

Con el progreso de la ciencia ha de disminuir la fe en ella: el asombro dura poco, lo que tarda en desvanecerse el fantasma que pensamos habita en la máquina hasta que conocemos su funcionamiento. Saber es saber lo precario que es el saber, lo disperso que está, su fácil acceso, su vulnerabilidad a la crítica, su debilidad para combatir la tozudez del sentido común y las costumbres inveteradas. (D. Innerarity)

La sociedad del conocimiento no es la sociedad del conocimiento exacto, seguro, indiscutible y monopolizado por una ciencia no controvertida. La multiplicación de los escenarios y los contextos han contribuido a la dispersión social del saber. Siguiendo la reflexión de Daniel Innerarity, “las voces sociales forman algo muy parecido a los rumores, en tanto que suposiciones múltiples, discutidas, abiertas, inseguras que no están regidas por una objetividad identificable, no completamente libres de intereses. Ha desaparecido ese mundo de hechos, rotundo e indiscutible, en el que se justificaron la ciencia moderna y la autoridad de los expertos”. Los actuales diagnósticos acerca de la sociedad del conocimiento ponen en cuestión la expectativa de que la ciencia proporcione un saber fiable, mayores certezas y una mayor seguridad. Nos encontramos, más bien, ante un cierto retorno de la inseguridad, la incertidumbre y la ambigüedad de modo que la sociedad del conocimiento converge a una sociedad de los rumores, una sociedad en la que las voces no disminuyen ni convergen en una autoridad, sino que se multiplican y debilitan.

Las ideas emergentes de una "ciencia cívica" o de una "ciudadanía científica" aluden a los actuales desafíos de cómo introducir a los agentes no científicos en los procesos de decisión, cómo tener en consideración el saber y la experiencia local, cómo realizar una comunicación transparente del riesgo. Más precisamente, conformar un conjunto de exigencias de legitimación en decisiones que nos afectan a todos, en la selección y priorización de las respuestas en la asignación de recursos, o en la regulación del hecho de que cada vez hay más actores y fuerzas que intervienen en asuntos que ya no pueden considerarse como una competencia exclusiva de los expertos. El concepto de ciudadanía científica incluye derechos y deberes, el derecho a ser informado sobre los desarrollos, implicaciones y consecuencias de la ciencia y la técnica, a deliberar y codecidir pero, también, la obligación de formarse, de entenderse como parte de un colectivo y velar por sus intereses. Ese doble compromiso individual y colectivo está íntimamente ligado a la asunción de un protagonismo en el conocimiento

de los elementos que configuran la toma de decisiones pero también de los instrumentos que determinan nuestra vida cotidiana.

Ese concepto de ciudadanía científica incluye a los propios científicos en la medida que deben posibilitar el acceso a la información y aportar elementos para su mayor comprensión. Tema que exige un reconocimiento interno pero que en el medio plazo contribuye a poner “rostro a la ciencia” y, como consecuencia, una mayor valoración externa del trabajo de científicos y tecnólogos. Ese doble compromiso va más lejos del científico individual, obligando a las redes específicas (sociedades científicas, Academias) y a sus medios de expresión a involucrarse activamente en esta labor.

Lo local en un mundo global

¿Qué privilegio ha perdido el poder? La prerrogativa de no tener que aprender y dedicarse simplemente a mandar. ¿Qué privilegio ha perdió el saber?. La seguridad y evidencia que le permitía prescindir de toda exigencia de legitimación de manera que ahora es más visible su inexactitud social. De ahí que el problema ya no sea cómo compaginar un saber seguro con un poder soberano, sino cómo articularlos para compensar las debilidades de uno y otro con el objeto de abordar conjuntamente la creciente complejidad del mundo. (D. Innerarity)

Las relaciones entre la ciencia y la sociedad han sufrido profundas transformaciones, basadas en la idea de una nueva complejidad que resulta del debilitamiento de las fronteras que habían caracterizado la ciencia tradicional, circunstancias que requieren redefinir la diferencia entre hechos y valores, entre expertos y legos, entre saber y no-saber.

En el trabajo científico tradicional se trataba de evitar al máximo las injerencias exteriores y abstraerse de los contextos. En el caso de las ciencias experimentales, muchas técnicas científicas consistían precisamente en aislarse, como muestra la idea tradicional de laboratorio o taller de experimentación científica y técnica. El científico o el tecnólogo tradicional trabajaban con modelos y simulaciones que podían ser repetidos, probados y asegurados. El saber se generaba en un lugar concreto y determinado, bajo control, y desde allí se expandía, pasado el tiempo y los requisitos necesarios, a una sociedad que estaba dispuesta a asumir las consecuencias de su aplicación en términos de beneficio social o económico. El experimento clásico basaba su éxito en la posibilidad de reducir y simplificar la naturaleza en unas dimensiones controlables en el laboratorio o taller de experimentación. La aplicación práctica del saber obtenido de esta forma era mejor cuanto más exactamente se ajustaban las condiciones externas a las reducciones y simplificaciones que podían ser controladas desde "dentro". La ciencia era, hasta el momento de su aplicación, un asunto privado de los científicos individuales y de la propia comunidad científica que actuaba como referencia de contraste. La responsabilidad del científico se podía delimitar con cierta facilidad mientras era nítida la distinción entre investigación y aplicación, en tanto en cuanto esta última no necesariamente era llevada a cabo por los generadores del conocimiento, lo que indirectamente les excluía de sus consecuencias. Esa cierta “alienación” intelectual, separación entre el instrumento y su control efectivo, se ha

superado en la actualidad en base al principio de que "el saber es crecientemente producido en contextos de aplicación". La distancia entre nuestros conocimientos teóricos y sus posibles aplicaciones prácticas disminuye y aumentan las consecuencias inciertas de las posibilidades que se nos plantean. Cuanto más reducido temporalmente es dicho intervalo tanto más estrecha es la relación entre la investigación y la praxis, de modo que aquella se ve obligada a anticipar las condiciones de aplicación e incluso, reflexionar sobre sus consecuencias en el corto y medio plazo. La ciencia se encuentra sometida a una mayor presión de justificación debido a que la determinación de los riesgos solo puede ser probada en la práctica. A modo de ejemplo, cuando hablamos de energía nuclear, configuración financiera mundial, organismos genéticamente modificados, apenas se pueden trazar los límites entre la producción metódica y controlada del conocimiento científico y su aplicación en contextos sociales y ecológicos abiertos. En la medida en que la sociedad y la naturaleza se convierten en laboratorios, la autonomía de la ciencia es un principio que requiere una nueva legitimación y se convierte en un paradigma a reformular o revisar.

Como nuevo punto de partida los actuales experimentos colectivos se llevan a cabo en la magnitud original. Nuestras inquietudes están ligadas al significado de que nuestro planeta se convierta en el laboratorio global. No hay ninguna reducción posible del experimento colectivo, nada que lo sustituya, por lo que tiene que llevarse a cabo sin la suficiente certeza. Esa extensión del laboratorio a un marco global convierte a la sociedad en un ensayo general. Por eso, algunos autores describen la sociedad del conocimiento en términos de la "sociedad como laboratorio".

Frente al experimento local, limitado a agentes predeterminados con un objetivo bien definido, se definen como "experimentos reales" aquellos procesos colectivos de aprendizaje que no discurren según unas reglas metodológicas determinadas sino en un entorno abierto en el que se cruzan procesos sociales, técnicos y ecológicos, con la participación de muchos actores con distintos intereses, valores y objetivos. Dichos experimentos reales se llevan a cabo en un entorno que no puede ser reducido, simplificado, aislado, de manera que la incertidumbre es especialmente intensa y la marcha atrás, prácticamente imposible.

Por otra parte, si no hubiera consecuencias secundarias, con procesos reversibles, la ciencia podría contar con la absolucón para sus experimentos fracasados. Conforme a estos parámetros se configuró su autonomía y la libertad de investigación. Pero el sistema científico es cada vez más consciente de que ha de anticipar sus efectos sobre un mundo del que ya no está cómodamente separado por la limitación de un ámbito experimental. La gestión de la incertidumbre deviene una cuestión central. Una de sus paradojas consiste en que cuanto antes se introduce la reflexión acerca de las consecuencias, la inseguridad deviene un elemento central pero cuanto más tarde se formula, aparece la ineficacia como clave para evitar o corregir esas consecuencias.

Los actuales experimentos colectivos no pueden esperar a que se obtenga una certeza absoluta. La especial inquietud o irritación que producen obedece a sus dimensiones incontrolables, a su carencia de regulación y las dificultades de establecer algo parecido a una vuelta atrás. En estos experimentos no nos podemos permitir un aprendizaje tras los errores, que ya no son meras hipótesis descabelladas o fallos prácticos, sino equivocaciones fatales de las que debe ser protegida la sociedad. Hemos pasado de un esquema que consistía en solucionar los problemas que iba planteando el

desarrollo científico-técnico a una reducción o prevención de las consecuencias no deseadas. Lo inédito de la situación radica en la superposición de los criterios de precisión y exactitud que rigen el trabajo de la ciencia con el espacio de la política caracterizado, al menos formalmente, por la generación de confianza y la capacidad de elección. Aquellos ámbitos científicos en los que el número de factores exteriores que han de ser tenidos en cuenta es pequeño son cada vez menos creativos mientras que aquellos que están más contextualizados son más relevantes. La objetividad científica sigue siendo un factor de posibilidad pero lo que ocurre es que está íntimamente ligada a su mayor abstracción y a su mayor distancia de una significación práctica. Este es una característica de una de las componentes creativas de las Matemáticas.

Podemos afirmar, a modo de síntesis, que cuanto mayor sea la significación de la ciencia, mayor es la implicación de otros actores sociales. De la ciencia se encargan los científicos pero en su interpretación intervienen otros muchos, lo que la convierte finalmente, con distintos grados de implicación, en una tarea colectiva superadora de la propia comunidad científica.

Ciencia, política y autonomía

Históricamente, la autonomía de la ciencia como valor intrínseco está íntimamente ligada al hecho de su diferenciación. Esta se articula en torno a su lenguaje propio y a sus generadores/usuarios, con su traducción en una diferencia radical entre expertos y legos: una concepción corporativa-estamental interpretada por algunos sociólogos como grupos sociales que exigían medios de financiación pero que no estaban dispuestos a someterse a ningún control de responsabilidad externo. En las nuevas sociedades del conocimiento se ha producido una “des-diferenciación” de la ciencia y una cierta integración en la sociedad, fundamentalmente en el marco de las responsabilidades sociales y políticas que le corresponden. Así pues, la ciencia se ha convertido progresivamente en una empresa social, que influye en su contexto, pero que también depende de él. Como organización, requiere de recursos asignados por los poderes públicos y aquellos sectores privados interesados en la explotación de sus resultados, pero en tanto institución social requiere legitimación. A partir de los años noventa, el contrato social por la ciencia ha sido replanteado. Responsabilidad social, exigencia de rendición de cuentas, obligaciones públicas son, entre otros, conceptos mediante los que se concede peso institucional público a los controles y seguimiento, la evaluación tanto ex ante como ex post, el principio de comparación, así como el uso eficiente de los recursos asignados.

El nuevo rol de la ciencia y su traducción y repercusión es un proceso más complejo y más tenso que incluye no sólo la influencia del saber científico en las relaciones sociales sino también los efectos de la incertidumbre y el no-saber científico en la sociedad. Esta se encuentra en una posición dual derivada de la confrontación entre el saber “verdadero”, asegurado científicamente, y la incertidumbre acerca del alcance de dicho saber, su aplicación en diferentes contextos y la presencia del no-saber latente que se incluye en el saber. El aumento de las controversias públicas acerca de asuntos científicos, no sólo por sus repercusiones prácticas sino también por los costes económicos de algunas apuestas científicas de largo recorrido en intangibles en el corto plazo, muestra que el modelo tradicional de ciencia o de ideología apenas nos sirve. El

hecho de que exista siempre un compromiso para equilibrar criterios políticos y científicos significa que el saber ya no es incontestable como un instrumento de legitimación. Actuar racionalmente en cualquier ámbito no consiste en poner en práctica un plan preconcebido sino en indagar las consecuencias imprevistas de un proyecto provisional y revisable.

En una sociedad del conocimiento ya no son útiles las estrictas divisiones del trabajo que funcionan sobre la base de que cada perspectiva se desentienda de la responsabilidad por tomar en consideración otros puntos de vista. Los cambios sociales no se van a producir ni por iniciativa de una ciencia ante la que la sociedad se comporta pasivamente o expectante ni por mandato social hacia una ciencia que recibe encargos específicos orientados a la resolución de problemas, en algunos casos, mal propuestos. Incrementar la visión científica en la sociedad se debe complementar con una socialización de la ciencia. Ello implica ser capaces de poner en relación diversas disciplinas (contextualizarlas), comparar lógicas, atender a causalidades inesperadas, ponderar riesgos y oportunidades, cooperar solidariamente en la búsqueda de objetivos trans-disciplinares, compensar la propia ceguera y encontrar fórmulas que hagan compatibles lógicas diversas.

Ciencia, política y opinión pública deben encontrar nuevos caminos que impulsen la función social de la ciencia y gestionar de manera transparente y democráticamente legitimada la ignorancia creciente acerca de sus consecuencias así como las visiones simplistas y cuasi-mitológicas acerca de los orígenes de muchos problemas que reflejan el miedo al saber consciente (el creacionismo, y el diseño inteligente como su sustento, es una buena muestra de ello). La democracia del conocimiento se afirma como una instancia de mediación en el laberinto de las controversias, los intereses y las culturas.

Expertos y legos: Especialización y comunicación

Otra distinción que se difumina en las sociedades del conocimiento es la barrera entre el experto y el lego. La presencia en el foro público de los temas científicos no significa que haya dejado de tener sentido la competencia científica, sino que la distinción entre los de “dentro” y los de “fuera” en relación con las disciplinas científicas se ha ido suavizando en la actualidad. Anteriormente se experimentaba, pero bajo el dictado único de los científicos, mientras que los demás quedaban relegados al papel de espectadores de una empresa que no podían juzgar, papel no sólo asumido pasiva y acriticamente sino conceptualizado desde el argumento de autoridad, en el que los expertos hablaban y opinaban acerca de datos incontrovertibles y gracias a su saber ponían fin a la controversia. En una sociedad del conocimiento, la gente posea más capacidades cognitivas. Surgen nuevas organizaciones y grupos de intereses que contribuyen a debilitar la autoridad de los expertos, en base a un debate público, controlado y regulado.” La democratización de la ciencia no significa abolir la diferencia entre el experto y el que no lo es, sino en politizar dicha diferencia” (D. Innerarity).

La función legitimadora del saber científico ha conducido a la paradoja de la creación de una competencia entre expertos. De ahí se sigue que el aumento del saber

en una sociedad no supone necesariamente un fortalecimiento del consenso sino que refuerza el disenso, dotándole de razones y cauces de argumentación. De ello se infiere que las decisiones políticas se adoptan en el marco de controversias más intensas, con un saber insuficiente y una mayor conciencia de los riesgos. El discurso tradicional de la sociedad del conocimiento giraba en torno a la producción del saber (con el protagonismo central de los expertos) mientras que el relato de la sociedad del riesgo y la incertidumbre, al poner el énfasis en los que padecen ese riesgo, sitúa en un plano secundario la distinción entre expertos y no expertos. El lego se convierte, en este contexto, en alguien a quien le falta el saber especializado pero es afectado por las decisiones o conoce directamente el asunto en cuestión, lo que le capacita, en ocasiones, para ver más allá del horizonte de los expertos y los políticos que con sus decisiones, permiten la puesta en práctica de los resultados de aquellos. Las exigencias de democratización y participación pretenden integrar la visión de los no expertos y los afectados para poner en marcha procesos de aprendizaje colectivo, de modo que se elimine la contradicción democrática de una sociedad de inexpertos dirigida por un grupo elitista de expertos.

El objetivo de una democracia del conocimiento se dirige a tratar a todos como ciudadanos igualmente responsables de las decisiones políticas, sin que esto suponga anular su diferente grado de competencia. La participación se revela como un elemento clave allí donde las decisiones han de tomarse en medio de la incertidumbre y el recurso de los expertos se presenta como insuficiente. En nuestros experimentos sociales no funciona aquella división del trabajo en la que tenía sentido la figura del experto como mediador entre la producción del saber y la sociedad. Nadie es mero aplicador de innovaciones que tienen un origen ignoto. En una sociedad del conocimiento aumenta el número de “organizaciones inteligentes”, investigadoras, en el sentido de que no pueden limitarse a ser “consumidores” o “clientes” sino que tienen que ser “productores” del saber. No se trata de establecer una relación frente a la ciencia como si tuviéramos un derecho a las verdades cómodas. En una sociedad democrática, la ciencia y los científicos están obligados a decir la verdad a la opinión pública.

La relación entre el saber y el decidir plantea numerosas cuestiones acerca del modo de formular sus problemas, de su grado de fiabilidad, del ámbito de interpretación que permite, de las diferentes respuestas posibles así como la relación con los valores sociales y los intereses políticos.

En las sociedades democráticas la aplicación del saber es un asunto “público”, necesitado de aprobación colectiva y en el que los medios de comunicación constituyen una de esas lógicas sociales que intervienen en la configuración del saber y su legitimación colectiva. La relación entre la ciencia y los medios no debe entenderse como la tradicional popularización de unas formas de saber concebidas jerárquicamente. Según el modelo “ilustrado”, el sistema científico producía verdades que eran dadas a conocer a la opinión pública como simplificación y vulgarización, en base a un receptor pasivo e indiferenciado, incompetente a la hora de juzgar el saber transmitido, una versión unidireccional desde la perspectiva comunicativa. Posibilitar el retorno de la “gente” a la ciencia es algo más que proporcionarle una imagen más cercana, humana o comunicativa. Progresivamente, se abre paso la idea de que el saber es asunto de todos, una tarea a la que, además de los científicos como creadores y generadores de saber, también contribuyen los ciudadanos. “No solo ciencia al servicio de todos sino ciencia por todos” como principio ilustrativo.

La orientación de la ciencia hacia los medios de comunicación es uno de los elementos que contribuyen a configurar la opinión pública en la sociedad del conocimiento. En el espacio entre la política y la ciencia, los medios tienen la función de tramitar los temas que son de relevancia para su legitimación. Los medios dejan de ser fieles transmisores del conocimiento científico sino que tienden a poner en cuestión su legitimidad, relevancia, oportunidad y compatibilidad con otras exigencias sociales, más aún en periodos de una crisis económica profunda. Los medios no reemplazan los criterios de validación de la ciencia pero sí que los complementan con una perspectiva peculiar de la que no puede prescindir una sociedad democrática. Esa nueva dimensión multilateral debe ser objeto de una atención especial por parte de los científicos pero también de las organizaciones que dotan de estructura y representación ante la sociedad. Esa auto-exigencia de buscar la complicidad de los ciudadanos con su trabajo cotidiano sirve para rendir cuentas del mismo, en el marco de una transparencia que contribuye a la calidad de nuestras sociedades democráticas.

Pensamiento matemático y realidad

Las matemáticas constituyen una exploración de ciertas estructuras complejas de la realidad que, mediante procesos de simbolización adecuada de los objetos a los que se acerca y mediante una manipulación rigurosa de ellos, se dirige hacia un dominio efectivo de dicha realidad. (M. de Guzmán)

Estas palabras esclarecedoras abren una reflexión sobre el quehacer matemático para una mayor comprensión social del mismo. Las estructuras complejas de la realidad, que en un principio intentó explorar la actividad matemática, fueron las relacionadas con la multiplicidad y con el espacio, los dos ámbitos con los que el hombre se enfrenta de una forma espontánea y acuciante. La aritmética y la geometría surgen de la intención racional de alcanzar el dominio de estas realidades de modo que configuraron una imagen de las matemáticas como ciencia del número y de la extensión. La posterior sofisticación de estas herramientas, junto con el perfeccionamiento de los instrumentos materiales de observación de otro tipo de estructuras de la realidad inmediata y la aparición de motivaciones de más largo alcance para dominar otras regiones de la realidad material o conceptual, generó la aparición de otras formas de articulación del conocimiento matemático como el álgebra, el análisis matemático, la probabilidad y la estadística y la lógica matemática, entre otras.

El avance de las matemáticas tiene orígenes, tanto internos como externos, derivados de la progresiva capacitación de la mente humana junto con el uso de herramientas conceptuales y materiales en los que la complejidad del mundo real actúa como estímulo creciente y, aparentemente, sin límites. El pleno desarrollo de las ciencias de la computación con el soporte de ordenadores cada vez más sofisticados y una exponencial capacidad de cálculo y almacenamiento de memoria, ha abierto nuevas posibilidades a aproximarse a problemas cuyo abordaje, con las metodologías convencionales, eran de difícil consecución.

La mente se acerca a la realidad con intención matematizante en base a una descomposición en sus elementos más simples, a prescindir de aquellos aspectos que

son generadores de su complejidad, a retener aquellos que le parecen más propicios para abordar el ejercicio de simbolización e introducción en las redes y estructuras de sus conocimientos ya consolidados o crear otros nuevos más idóneos a la estructura retenida para el análisis. Abstracción, simplificación, modelización con el coste añadido de mutilar la realidad para una comprensión de una parte de la misma.

El matemático desarrolla el propio modelo mental que ha creado, guiado bien por el deseo de resolver los problemas prácticos que generaron el modelo, bien por un cierto placer estético de exploración de los problemas que el propio modelo le propone explorar de forma natural. La mente vuelve a la realidad de partida con los resultados que sus construcciones le ofrecen, a veces sin pretensión alguna de aplicación a la realidad, surgiendo en ocasiones y sorprendentemente, su perfecta adecuación a dicha realidad.

Ese extraño camino, contacto inicial con una realidad, abstracción de unos cuantos aspectos de ella, construcción de una arquitectura mental por motivos variados y regreso a la realidad, ha dejado perplejos a muchos de los científicos que han reflexionado sobre ella. En palabras de Eugene Wigner, “el milagro de la adecuación del lenguaje de las matemáticas para la formulación de las leyes físicas es un don maravilloso que ni entendemos ni merecemos. Deberíamos mostrarnos agradecidos por él y esperar que permanezca siendo válido en la investigación futura y que se extienda, para bien o para mal, para placer nuestro, aunque también tal vez para nuestra perplejidad, a ramas más amplias del saber”.

Esta reflexión se complementa con una formulada en 1948 por el colectivo Nicolas Bourbaki en los términos siguientes: “Que existe una relación íntima entre los fenómenos experimentales y las estructuras matemáticas parece confirmarse de la forma más inesperada mediante los descubrimientos de la física contemporánea. Pero no sabemos absolutamente nada sobre los fundamentos de este hecho, suponiendo que se pudiera encontrar realmente un significado a estas palabras, y tal vez no lleguemos nunca a saber sobre ello.” En aquel tiempo parecía que los instrumentos matemáticos ya creados casarían perfectamente en la explicación de una realidad que no tenía nada que ver con la motivación y los orígenes de tales instrumentos. En esencia, la relación de nuestra mente con la realidad y la pregunta básica sobre el propio conocimiento.

Unas matemáticas que crecen en base a las respuestas a sus propios problemas pero también sobre los motivados por la realidad, en la búsqueda de causas y efectos pero sin un apriorismo en la génesis del pensamiento y en las consecuencias de los resultados de ese ejercicio intelectual, imprevisibles y en algunos casos, incontrolables. Junto a ello, la epistemología del conocer complementada con la belleza del mismo ejercicio intelectual. La siguiente frase de Hermann Weyl es un buen ejemplo: “Mi trabajo siempre trató de unir lo verdadero con lo bello, pero cuando tuve que escoger entre ambos, usualmente escogía lo bello”. Por otra parte, la creatividad, como componente intrínseco del pensamiento matemático, es fruto no sólo del talento individual sino del contraste con otros matemáticos interesados en conocer y rebuscar vías alternativas y originales sobre lo existente. Recomendaría una excelente novela de D. Leavitt, “ El contable hindú”, recientemente aparecida, que narra el ambiente intelectual en la universidad de Cambridge en el primer tercio del pasado siglo y la relación científica entre G. H. Hardy y S. Ramanujan, la colaboración entre un genio académicamente consolidado y un autodidacta de las matemáticas sobre el que el

primero ejerce una labor de mecenazgo formativo para explotar sus innatas capacidades matemáticas.

Diseminación y divulgación de las matemáticas

La conformación de pensamiento matemático es una tarea contemplada en los sistemas de aprendizaje escolar que debe permitir una visión conceptual y estructurada de la ciencia y la tecnología. El fomento de la curiosidad y el estímulo para el descubrimiento deberían ser elementos básicos en la formación de los jóvenes frente a una visión de reproducir acríticamente lo que se les enseña. En ese sentido, una sólida formación matemática constituye un aval para el futuro. El apoyo y el estímulo del talento de los jóvenes debe ser una prioridad de un sistema educativo basado en la diversidad y en el esfuerzo individual, en el que el componente colectivo debe ser reforzado en base al contraste de opiniones soportadas en razonamientos rigurosos y en la imaginación creativa de alternativas plausibles.

Previamente hemos señalado que el ciudadano en las sociedades del conocimiento debe ser capaz de pensar críticamente sobre una amplia variedad de problemas y de identificar la verdad de entre la plétora de vectores de publicidad y propaganda que desestructuran el propio criterio.

Desde una perspectiva de aprendizaje, las matemáticas de lo cotidiano constituyen un buen elemento de reflexión. Vivimos rodeados de cifras (porcentajes electorales, índices de inflación, velocidades máximas, variaciones climática de temperatura y humedad, cuantificaciones de enfermos afectados por una epidemia, tasas de contaminación,...) cuya comprensión y repercusiones inmediatas nos resultan difíciles de asimilar. Desde la Segunda guerra Mundial, la influencia de las matemáticas en la tecnología ha ocasionado que el tiempo de la alta tecnología es, en gran medida, el de la tecnología matemática. No obstante, la presencia de las matemáticas suele pasar inadvertida y los matemáticos no hemos hecho un esfuerzo suficiente, afortunadamente se está cambiando de tendencia, por abrir las mentes de los ciudadanos en esa dirección. La tradición establece que las publicaciones matemáticas deben aportar resultados novedosos, relevantes y rigurosamente demostrados. La recapitulación y puesta al día de un tema está reservada a quien haya contribuido sustancialmente a su desarrollo. G. H. Hardy afirma “No puede haber desprecio mayor que el del hombre que crea hacia el que divulga”. Este tipo de aproximaciones a los temas de divulgación no han contribuido a mejorar los canales de comunicación entre los matemáticos y la sociedad. Pese a que las matemáticas siguen resultando invisibles a los ciudadanos, pese a su presencia en la vida cotidiana, los resultados de la investigación matemática afectan a nuestro estilo de vida de un modo cada vez más rápido. Las matemáticas de las comunicaciones y la información, del tratamiento de imágenes y señales, de los códigos correctores de errores, de la seguridad en el procesamiento de datos, la modelización del crecimiento de tumores, la complejidad de las redes sociales, son una buena muestra de cómo ese sustrato de ciencia en la frontera del conocimiento constituye un elemento dinamizador del propio quehacer matemático que exige adentrarse en nuevos problemas que pueden permitir una mayor comprensión y relevancia social de los mismos.

Un buen ejemplo de divulgación matemática lo constituye la contribución de Antonio Córdoba, reciente Premio Nacional “Rey Pastor” en Matemáticas, en la imprescindible obra “La Ciencia en tus manos” dirigida por Pedro García Barrero y que con el sugerente título de “Las Matemáticas de lo cotidiano” muestra las matemáticas subyacentes en ejemplos como el NIF, los códigos de barras, los mensajes secretos, el balón de fútbol, el sistema global de posicionamiento, la tomografía asistida por computador, la dosificación de alimentos, entre otros.

La divulgación matemática ha protagonizado buena parte de las actividades realizadas con ocasión del Centenario de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) celebrado a lo largo de 2011. El impacto mediático de algunas de ellas, exposiciones o problemas matemáticos semanales en la prensa, junto a una serie de libros de divulgación han contribuido a acercar el quehacer matemático a los ciudadanos y ofrecerles la posibilidad de pensar en matemáticas como una actividad más de su vida cotidiana. La Declaración de Clausura del Centenario es una buena muestra de ese compromiso orientado a estimular la formación científica de la ciudadanía.

Las organizaciones de matemáticos como intelectual colectivo

La dialéctica entre la creación individual y colectiva se ve reflejada en las matemáticas y los mecanismos de articulación constituyen un reflejo de la sociedad del conocimiento. El papel de las revistas científicas en la eclosión del pensamiento matemático ha sido un elemento relevante sobre todo a lo largo del pasado siglo. Las revistas son esenciales en el desarrollo matemático en base a la validación de los resultados por árbitros anónimos y su acción como órganos de comunicación. En la sociedad del conocimiento, el papel de la difusión a través de internet, redes de conocimiento, repositorios como arXiv (más flexibles e inmediatos), bases de datos y reviews (MathSci y Zentralblatt MATH) están generando una revolución en la propia generación y validación que resitúan el papel de las revistas "convencionales". Pero existe un nexo común consistente en mantener y certificar la calidad del trabajo matemático (entendida como corrección, significado y originalidad en los resultados presentados). Y este, repercute en acciones de impacto más allá del meramente científico que deben ser llevadas a cabo por instituciones y organismos que necesitan de dicha información de cara a la toma de decisiones que afectan a los propios generadores del conocimiento matemático (financiación de proyectos, promoción profesional, evaluación de departamentos y universidades, políticas de adquisiciones bibliográficas en bibliotecas, a modo de ejemplo).

El papel de la bibliometría como mecanismo de referencia a la hora de dichas acciones está generando un importante debate en el seno de la comunidad matemática, debido a la introducción de criterios de impacto que pueden introducir mecanismos distorsionadores en relación con el contenido real de las aportaciones matemáticas. La reflexión iniciada conjuntamente desde la International Mathematical Union (IMU) y la International Council for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM) (véase el documento *Report of the Journal Working Group to the ICIAM Board and IMU Executive Committee*, 30 de Junio de 2011) es un elemento importante para reformular

problemas que están originando situaciones que pueden crear disfuncionalidades manifiestas.

Ello me sirve para analizar el papel de las sociedades matemáticas tanto a nivel nacional como internacional como configuradoras de un intelectual colectivo que opina sobre todo lo que rodea al quehacer matemático y debería servir de referente a los centros de decisión antes indicados. La reflexión sobre la formación y educación matemáticas, sobre la transferencia del conocimiento matemático, sobre la diseminación y divulgación se ven amplificadas por esa representación institucional a través de las organizaciones matemáticas, que constituyen algo más que grupos de interés.

En países con una amplia tradición científica, las organizaciones matemáticas son requeridas por los gobiernos como asesores en políticas educativas y científicas. En el caso estadounidense, la American Mathematical Society y la Society for Industrial and Applied Mathematics juegan un importante papel en esa dirección. El número de sus asociados y su capacidad de influencia constituyen una buena carta de presentación. En España, el gran desarrollo de las matemáticas, tanto en términos cualitativos como cuantitativos a partir de los años 80 y que se reflejan en el exhaustivo estudio de Ildefonso Díaz y Manuel de León, "Elementos para una historia de la matemática en la España democrática" se ha traducido en un incremento de la presencia institucional de las diferentes sociedades científicas de nuestro país. Tanto la Real Sociedad Matemática Española como la Sociedad Española de Matemática Aplicada o la Sociedad Española de Estadística e Investigación Operativa disponen de una importante masa crítica de miembros y tiene como reto central definir un mayor protagonismo colectivo de cara a la sociedad y las administraciones públicas. El antes mencionado documento Declaración de Clausura del Centenario de la RSME reivindica "Lograr ser escuchados e influir, en base a nuestro probado *saber hacer*, en temas relacionados con la formación matemática de la sociedad, de cara a hacerla más autónoma y libre en la conformación de su pensamiento y en la utilización del conocimiento matemático para su funcionamiento y organización".

La propia trayectoria de la RSME, magníficamente descrita en la reciente monografía de Luis Español, puede servir de referencia sobre esa evolución en el impacto de la matemática generada en España en paralelo con las profundas transformaciones vividas en nuestro país a lo largo del siglo pasado. Reflexionar sobre las organizaciones es un elemento importante a la hora de articular y definir actuaciones orientadas a la mejora de la calidad educativa y científica de nuestro país.

Pero no solo las organizaciones "formales" deben representar los anhelos y deseos del colectivo matemático. Las redes "informales" desempeñan un papel aglutinador y dinamizador del quehacer matemático. Mi experiencia personal, tanto en España como a nivel internacional me ha permitido participar en proyectos cooperativos que han facilitado sobremanera mi forma de trabajar en el marco científico de mi área de especialización. Desde las reuniones de Polinomios Ortogonales y Aplicaciones durante los años ochenta, de carácter aglutinador de los grupos que investigaban en dichas temáticas en el ámbito de nuestro país, a la posterior consolidación de los Congresos OPSFA (Orthogonal Polynomials, Special Functions and Applications) en un marco internacional, o el SIAM Activity Group on Orthogonal Polynomials and Special Functions hemos posibilitado una mejora sustancial en la relación científica, en

la calidad de las contribuciones, en la inmediatez de la información y en la potenciación de jóvenes talentos.

La reciente aparición de monografías, con un enfoque superador de las obras de referencia en nuestra temática como las de G. Szegő o de M. Abramowitz e I. Stegun, y de entre las que destacaría los dos excelentes volúmenes de la enciclopédica obra de B. Simon, *Orthogonal Polynomials on the Unit Circle*. Por su carácter amplio e interdisciplinar pero también por su relevancia en la definición de los orígenes y evolución histórica de los problemas tratados, una personal selección por parte del autor acerca de los "12 Grandes Artículos" en función de su impacto en la teoría de polinomios ortogonales en la circunferencia unidad, una estimulante colección de problemas abiertos y una exhaustiva bibliografía conteniendo más de 1100 referencias, reivindica el papel de esas obras de referencia de un impacto en el largo plazo que siempre han tenido las grandes publicaciones matemáticas. Frente a la rapidez de la información canalizada a través de las revistas, la sedimentación del conocimiento que implican estas obras maestras constituye una invitación al saber global. Por otra parte, la actualización de la monografía de Abramowitz y Stegun, es una buena muestra de esa capacidad de cooperación en nuestro campo que culmina un proyecto de diez años de duración liderado por el National Bureau of Standards (en la actualidad, National Institute of Standards and Technology,) en el que han intervenido más de 25 reconocidos especialistas.

A modo de conclusión

Como colofón, me gustaría reproducir la últimas frases con que cierra G. H. Hardy su anteriormente citada obra: *Así pues, mi vida o la de cualquier otro que haya sido matemático en el sentido en el que yo lo he sido, puede resumirse del modo siguiente: he añadido algo al caudal de conocimientos de la humanidad y he ayudado a otros para que hicieran lo mismo. Los productos de nuestro trabajo tienen un valor que tan sólo difieren en grado, y no en especificidad, del de las creaciones de los grandes matemáticos, o de las de cualesquiera otros artistas, grandes o pequeños, que han dejado tras de sí alguna huella en el recuerdo de los hombres.*

Bibliografía

M. Abramowitz, I. Stegun, *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs and Mathematical Tables*, Government Printing Office, Washington D.C. 1964.

A. Córdoba, *Las Matemáticas de lo cotidiano*, en *La Ciencia en tus manos*, P. García Barreno (Director). Editorial Espasa, Madrid. 2000. 877-903.

J. I. Díaz, M. de León, Elementos para una historia de la matemática en la España democrática, en *España Siglo XXI: Ciencia y Tecnología*, C. Sánchez del Río, E. Muñoz, E. Alarcón Editores. Editorial Biblioteca Nueva, Madrid. 2009.

L. Español, *Historia de la Real Sociedad Matemática Española (RSME)*, 2011.

M. de Guzmán, *El pensamiento matemático*, en *La Ciencia en tus manos*, P. García Barreno (Director). Editorial Espasa, Madrid. 2000. 25-50.

G. H. Hardy, *A mathematician's apology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1940. Hay traducción al castellano publicada por Editorial Ariel en 1981 con el título *Autojustificación de un matemático*.

D. Innerarity, *La democracia del conocimiento. Por una sociedad inteligente*. Editorial Paidós, Barcelona. 2011.

D. Leavitt, *El contable hindú*, Editorial Anagrama, Barcelona. 2011.

F. W. J. Olver, D. W. Lozier, R. F. Boisvert, C. W. Clark, *NIST Handbook of Mathematical Functions*, Cambridge University Press, 2010.

B. Simon, *Orthogonal polynomials on the unit circle*. American Mathematical Society Colloquium Publications **54** (dos volúmenes). American Mathematical Society. Providence, Rhode Island. 2004.

G. Szegő, *Orthogonal Polynomials*, American Mathematical Society Colloquium Publications **23** American Mathematical Society. Providence, Rhode Island. 1975. Cuarta Edición.

CONTESTACIÓN DEL
ILMO. SR. D. JESÚS SÁNCHEZ-DEHESA MORENO-CID

Excmo. Señor Presidente,
Excmos. e Ilmos Señores Académicos,
Señoras y Señores,

La Academia de Ciencias de Granada acoge hoy en su seno al Profesor Francisco Marcellán Español, Catedrático de Matemáticas Aplicadas de la Universidad Carlos III de Madrid, con quien me une una amistad científica y personal desde hace más de treinta años. Por ello, séame permitido expresar mi gran satisfacción y agradecimiento a la Academia, y en especial a su Presidente, por haberme designado para contestar al nuevo académico, a quien le doy la más cordial bienvenida a esta corporación en nombre de todos.

En primer lugar pasaré a presentar al recipiendario y después expondré algunas reflexiones motivadas por la lectura de su discurso.

En Septiembre de 1977 conocí a Francisco (Paco) Marcellán con motivo de mi primera visita a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Hacía pocos meses que acababa de leer su tesis doctoral con una memoria titulada Polinomios Ortogonales sobre Cassinianas bajo la dirección del Profesor Luis Vigil y Vazquez (nuestro común amado mentor), y yo había terminado también mi tesis doctoral en física nuclear en Alemania. Ambos convergimos en el interés por las funciones especiales de la física matemática y, en especial, por la teoría algebraica de los polinomios ortogonales no-estándar. Él investigaba en las propiedades estructurales de los polinomios ortogonales sobre lemniscatas, curvas armónicas, óvalos de Cassini y curvas equipotenciales racionales. A mí me interesaban los ceros de ciertos polinomios reales de ortogonalidad desconocida que describían los autovalores de los hamiltonianos de los núcleos atómicos en el marco del modelo de capas y que, en

último término, representaban de forma muy aproximada los niveles de energía ligados y las resonancias multipolares nucleares que se observaban en los laboratorios. Él desde un punto de vista analítico y yo, en aquellos tiempos, estaba mas bien interesado en métodos numéricos de diagonalización de matrices simétricas. Así es como se inició una relación profesional y personal entre nosotros que se ha mantenido, siempre cálida y afectiva, hasta el presente.

Nació Marcellán en Zaragoza, pero pronto su familia se trasladó a Jaca donde realizó sus estudios de bachillerato. A los 17 años pasó a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza para cursar la carrera de Matemáticas. Fue un alumno brillante y galardonado tanto a nivel regional como nacional, amen de un deportista practicante como jugador de rugby en los equipos universitarios y participante activo en el cambio de las condiciones políticas y sociales de nuestro país. Terminó sus estudios de licenciatura en Junio de 1973, y en Diciembre de 1976 ya tenía terminada su tesis doctoral. Empezó su carrera profesional en la Facultad de Ciencias y en la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza, pasando después a la Universidad de Santiago de Compostela (1981-1982) y a la Universidad Politécnica de Madrid (1982-1991), para recalar finalmente como Catedrático en la Universidad Carlos III de Madrid (1991 hasta hoy), si bien con estancias temporales en otros centros internacionales; particularmente en el Georgia Institute of Technology de Atlanta, EE.UU. En tales centros Marcellán enseñó en numerosos campos de la matemática, sobre todo del análisis matemático: cálculo, algebra lineal, análisis complejo, ecuaciones diferenciales, ecuaciones en derivadas parciales y teoría de la aproximación, entre otras materias. Su preocupación por la docencia le ha llevado a escribir con otros compañeros varios libros de texto meritorios en estas materias.

La labor investigadora del Profesor Marcellán es muy fecunda. Inicióla en 1973 con un primer trabajo sobre funcionales continuos para la convergencia en medida, del que nuestro añorado José Luis Rubio de Francia es coautor. Después su interés se centró en el estudio de la teoría de polinomios ortogonales; primero sobre curvas algebraicas, después abordó todo tipo de ortogonalidades mas allá de la de Favard, tanto en el campo real como en el plano complejo. Son muy conocidos y citados sus trabajos sobre las matrices de Toeplitz, los polinomios con relaciones de recurrencia perturbadas, los polinomios ortogonales sobre el círculo unidad, los polinomios ortogonales semiclásicos, la ortogonalidad de combinaciones lineales de polinomios, las propiedades electrostáticas de ceros de polinomios ortogonales, q polinomios, la ortogonalidad con respecto a pares coherentes y los polinomios ortogonales de tipo Sobolev y su asintótica, entre otros. Los resultados obtenidos han aparecido en mas de 200 publicaciones científicas, habiendo colaborado con mas de 100 investigadores de los cuatro continentes. El Profesor Marcellán se ha ganado a pulso una cualidad importante, la de maestro de investigadores, en el sentido clásico del término; en efecto, ha dirigido y/o codirigido 31 tesis doctorales y 7 tesis de máster en varias universidades españolas y europeas; entre ellas, 4 en la Universidad de Granada, donde ha impartido numerosos seminarios y participado en varios tribunales de tesis. Además, el Profesor Marcellán ha sido invitado por numerosas universidades y centros de investigación de todo el mundo, donde ha impartido conferencias, dado seminarios, realizado una fructífera investigación y (co-)organizado numerosos coloquios y eventos científicos, habiendo (co-)editado 19 Actas de congresos y conferencias que han sido publicadas por prestigiosas editoriales científicas internacionales; permítanme mencionar aquí los IWOPs que tienen lugar bianualmente en Leganés (Madrid).

Por otra parte, sus méritos y buen sentido para la gestión científica y docente le

han catapultado a puestos importantes de responsabilidad, que empiezan por los de Subdirector de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en las Universidades de Zaragoza y Santiago, Director del Departamento de Ingeniería y Vicerrector de Investigación de la Universidad Carlos III de Madrid, y se subliman en su nombramiento como Presidente del Consejo Asesor de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) desde Diciembre 2008 a Diciembre 2010 y como Secretario General de Política Científica y Tecnológica del Ministerio de Educación y Ciencia desde Mayo 2006 a Abril 2008. Actualmente, Marcellán es Director del Departamento de Matemáticas de la Universidad Carlos III.

La trayectoria académica del Profesor Marcellán está adornada por varias distinciones científicas; mencionemos, entre otras, las de Académico correspondiente de las Reales Academias de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Zaragoza (desde November 2004) y de Colombia (desde 2006), Miembro de los Consejos Asesores del Instituto de Matemáticas de la Universidad de Sevilla (IMUS) desde Septiembre 2011 y del Instituto Universitario de Matemáticas (IUMA) de la Universidad de Zaragoza desde Septiembre del 2009, Miembro del Consejo Editorial de varias publicaciones científicas internacionales y Director de programación (Enero 1999- Diciembre 2004) y Responsable máximo del Activity Group in Orthogonal Polynomials and Special Functions de la Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) desde Enero 2008 hasta Diciembre de 2013.

Pero sin duda no son estas distinciones las que mas le satisfacen. Conociendo a Francisco Marcellán como yo le conozco, creo poder afirmar que mas allá de sus logros intelectuales como investigador, como docente y como universitario global, lo que lo que mas importa a Paco es el respeto de los muchos matemáticos españoles que lo consideran su maestro, y la admiración y amistad de numerosos matemáticos de todo el mundo que, como yo, han seguido su trayectoria científica y humana.

Todo ello no es sino el justo reconocimiento de la gran valía del nuevo académico, lograda tras largos años de esfuerzo, trabajo y visión de futuro. Quizás haya que mencionar en este instante una circunstancia personal nada baladí: Paco es un atleta activo que encuentra tiempo para el entrenamiento diario y para participar en maratones y otras competiciones de similar naturaleza tanto en nuestro país como fuera de él. Y de esto puedo dar fe no solo por haberle visto corriendo la carrera de San Silvestre de Madrid sino también por haberle sufrido, corriendo ambos a primera hora de la mañana y a temperatura bajo cero, por el campus de la Universidad de Utah (EE.UU.) en Logan, donde me convenció que comprara unas zapatillas deportivas de una determinada marca y características con el fin de evitar lesiones.

* * *

Acabamos de escuchar un excelente discurso donde el nuevo académico analiza de forma equilibrada, altura científica y autoridad en la materia el papel que puede y debe jugar la matemática en la sociedad del conocimiento. En él se mencionan explícita y/o implícitamente una serie de términos tales como belleza matemática, verdad física y realidad, entre muchos otros, en los que se apoya Marcellán para reflexionar sobre el rol

y la centralidad del pensamiento matemático en el mundo de hoy. A continuación haré unos breves comentarios sobre ellos.

El discurso comienza recordándonos la célebre frase de Galileo “El libro de la Naturaleza está escrito en lenguaje matemático”, la cual está en línea con otra frase mucho más antigua y no menos famosa de Platón “Dios siempre geometriza”. Estas frases sintetizan la impresionante potencia del pensamiento matemático en la interpretación del universo. Recordemos aquí solamente a Johannes Kepler que pasó casi toda su vida buscando patrones matemáticos en las órbitas planetarias, algunos de los cuales condujeron a Newton a su ley de la gravitación y otros cayeron por el camino de la historia. Wigner aludió a la “unreasonable effectiveness” de la matemática como una manera de entender la Naturaleza en un artículo muy citado en el que hacía dos puntualizaciones:

First, the enormous usefulness of Mathematics in the natural sciences is something bordering on the mysterious and that there is no rational explanation for it. Second, it is just this uncanny usefulness of mathematical concepts that raises the question of the uniqueness of our physical theories.

Quizás esta irrazonable eficacia de la matemática se deba a una combinación equilibrada entre sus propias necesidades y las del mundo exterior. En efecto, a través de la historia la matemática se ha enriquecido de dos elementos: el mundo natural y el mundo abstracto del conocimiento lógico. La combinación de estos dos elementos es la fuente del poder de la matemática para explicar la Naturaleza, tal como ya señaló Paul Dirac:

The mathematician plays a game in which he himself invents the rules while the physicist plays a game in which the rules are provided by Nature, but as time goes on it becomes increasingly evident that the rules which the mathematician finds interesting are the same as those which nature has chosen.

En otras palabras la matemática pura y la matemática aplicada son dos caras de la misma moneda, se complementan. La verdadera fuerza de la matemática se basa precisamente, como apunta Ian Stewart, en la combinación del sentido humano de construcción de patrones (“belleza”) con el mundo físico, lo cual no solo permite una comprobación de la realidad (“verdad”) sino que constituye una fuente inagotable de inspiración. Los problemas que nos plantea la ciencia no pueden ser resueltos sin nuevas ideas matemáticas, pero ocurre también que las nuevas ideas pueden llevarnos, a veces, a artefactos sin significado. Y es que en la Física, la belleza no asegura automáticamente la verdad pero ayuda, mientras que en la matemática, la belleza debe ser verdad porque cualquier cosa falsa es desagradable. Lo que todo esto sugiere, como señalaba Dirac, no es que la belleza matemática sea lo mismo que la verdad física pero es necesaria para la verdad física. En este sentido escribía Werner Heisenberg, uno de los fundadores de la mecánica cuántica, a Einstein:

You may object that by speaking of simplicity and beauty I am introducing aesthetic criteria of truth, and I frankly admit that I am strongly attracted by the simplicity and beauty of the mathematical schemes which Nature presents us. You must have felt this too: the almost frightening simplicity and wholeness of the relationship, which Nature suddenly spreads out before us.

La matemática no es una versión incorpórea de la verdad última, como algunos suelen pensar. La matemática está creada por personas, pudiendo a menudo ser identificada fácilmente con sus triunfos y sus tribulaciones. La creación de nueva

matemática es parcialmente un proceso social dado que los matemáticos son humanos y, como tales, viven vidas humanas. Pero, como asevera Stewart, ni la matemática ni la ciencia son enteramente el resultado de procesos sociales. En efecto, tanto una como la otra están sometidas a ligaduras externas: la lógica en el caso de la matemática, y el experimento en el caso de la ciencia. Lo asombroso es que la mejor matemática conduce a algo completamente inesperado, que resulta ser a menudo de importancia vital para la ciencia y la tecnología, aun cuando fuera inventado originalmente para algún propósito completamente diferente.

Para terminar debería presentar excusas por haber hablado con excesiva brevedad y tal vez poco conocimiento de temas que sin duda requieren un tratamiento mas profundo. Concluyo de inmediato.

Es bien sabido que la imaginación es un factor esencial en el progreso científico y social que continuamente nos plantea nuevos problemas y nos sugiere nuevas preguntas. Las soluciones a aquellos y las respuestas a éstas no faltarán mientras haya seres curiosos, inteligentes y críticos que se asombren, analicen y creen en el sentido que lo ha hecho el nuevo académico. Por ello, me complace afirmar que mi afecto y admiración por Francisco Marcellán no son matemáticos sino metafísicos; bueno, debiera decir metamáticos. Y en este espíritu quiero reiterarle mi mas calurosa felicitación por su ingreso y la mas cordial bienvenida entre nosotros. Estoy seguro que su talento y su capacidad redundarán en beneficio de las nobles tareas de esta Academia. Tareas tal vez poco transparentes pero muy útiles, especialmente cuando se llevan a cabo de forma imaginativa, solidaria y con la vista en el futuro.