

## Matemática Aplicada en España: Presente y futuro

por

Manuel de León y Enrique Zuazua

La intención de este artículo no es hacer un estudio exhaustivo de la situación del área de Matemática Aplicada en España, sino más bien la de iniciar un necesario debate que contribuya a una mejor definición de contenidos en el área y a una homologación internacional. Las circunstancias para ello son las mejores en muchos años; por una parte, la celebración en Madrid del *International Congress of Mathematicians* en agosto de 2006 debe suponer una reflexión profunda sobre el tema. Por otra, los nuevos grados y masters que deben ponerse en marcha dentro del Espacio Europeo de Educación Superior, junto con el desarrollo necesario del recién estrenado Programa Nacional de Matemáticas hace imprescindible tal reflexión, si queremos afrontar los desafíos de las matemáticas españolas en este comienzo de siglo, y muy en particular, en el ámbito de la investigación multidisciplinar y de su interacción con otras ciencias y en el contexto tecnológico.

### 1 PRODUCCIÓN MATEMÁTICA EN ESPAÑA

Las Matemáticas españolas han experimentado un crecimiento en los últimos 25 años que podríamos calificar de espectacular. Se ha pasado de una producción del 0,3% en artículos en 1980 hasta el casi 5% actual. Correspondiendo a esa importancia que la investigación matemática española había alcanzado en los últimos años, y con el objeto de propiciar un impulso y apostar por la calidad, el impacto y la visibilidad, la Dirección General de Investigación decidió que en 2004, el Plan Nacional de I+D+i incluyese por primera vez un Programa Nacional de Matemáticas. Podemos ver en la tabla I la producción española por quinquenios, desde 1993, analizada en artículos en revistas ISI:

|           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1993 – 97 | 1994 – 98 | 1995 – 99 | 1996 – 00 | 1997 – 01 | 1998 – 02 | 1999 – 03 |
| 3.46      | 3.66      | 3.88      | 4.18      | 4.42      | 4.53      | 4.65      |
| -17       | -14       | -15       | -16       | -13       | -13       | -6        |

Tabla I: Producción española en Matemáticas y Factor de impacto medio

En la tabla I se recoge además el factor de impacto. Sigamos de momento analizando los aspectos cuantitativos. Posteriormente analizaremos algunos aspectos cualitativo. La tabla II (en la página siguiente) muestra la producción científica española en el quinquenio 1999-2003 en las diferentes disciplinas.

| Field  | Percentage of papers from Spain | Relative impact compared to world |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| Space Science  | 5.79                            | -5                                |
| Agricultural Sciences                                  | 5.30                            | +7                                |
| Mathematics  | 4.65                            | -6                                |
| Microbiology   | 4.41                            | -20                               |
| Chemistry  | 4.25                            | -1                                |
| Plant & Animal Sciences                                | 3.88                            | -9                                |
| Ecology / Environmental                                | 3.42                            | -15                               |
| Physics  | 3.14                            | +19                               |
| <b>Spain's overall percent share, all fields: 3.02</b> |                                 |                                   |
| Materials Science                                      | 2.90                            | +1                                |
| Biology & Biochemistry                                 | 2.87                            | -29                               |
| Pharmacology   | 2.86                            | -21                               |
| Neurosciences  | 2.73                            | -18                               |
| Molecular Biology                                      | 2.66                            | -10                               |
| Economics & Business                                   | 2.64                            | -33                               |
| Immunology   | 2.57                            | -27                               |
| Clinical Medicine                                      | 2.54                            | -5                                |
| Geosciences  | 2.51                            | -17                               |
| Engineering  | 2.32                            | +5                                |
| Computer Science                                       | 2.26                            | -28                               |
| Psychology / Psychiatry                                | 1.91                            | -40                               |
| Social Sciences  | 0.84                            | -12                               |

Tabla II

Resulta también espectacular esta tabla: las matemáticas españolas se han convertido en la tercera ciencia española en términos relativos. Alguien podría pensar que al ser cifras relativas, y ser el número de publicaciones en matemáticas inferior a otras áreas, si lo viésemos en términos absolutos, las posiciones variarían notablemente. En la Tabla III, que recoge cantidades totales en el decenio 1994-2004, vemos que no es así. Se observa que las matemáticas se sitúan en octavo lugar en producción global.

Estas tablas muestran pues que las matemáticas españolas han crecido, y que además lo han hecho vertiginosamente. ¿Cuáles han sido las causas? En la década de los sesenta y los setenta el aumento del bienestar económico del desarrollismo franquista supuso que una gran cohorte de estudiantes accediera a las universidades españolas, con la consiguiente necesidad de profesorado

para atenderlo. La investigación matemática es barata, lo que propició que la mayoría de estos jóvenes profesores realizaran sus tesis doctorales. A la vez, ya había comenzado una labor pionera de algunos matemáticos más veteranos, reiniciando la labor de investigación que había sido truncada con la Guerra Civil. Se refuerzan los contactos con la matemática extranjera, principalmente francesa y estadounidense, mediante estancias pre y postdoctorales. Todo este proceso se acelera en la década de los 80, en la que comienza a subvencionarse de una manera más regular la investigación por el Ministerio de Educación y algunas comunidades autónomas.

|    | FIELD                           | PAPERS | CITATIONS | CITATIONS<br>PER<br>PAPER |
|----|---------------------------------|--------|-----------|---------------------------|
| 1  | CLINICAL MEDICINE               | 41,754 | 319,028   | 7.64                      |
| 2  | CHEMISTRY                       | 35,568 | 268,456   | 7.55                      |
| 3  | PHYSICS                         | 22,963 | 172,766   | 7.52                      |
| 4  | PLANT & ANIMAL SCIENCE          | 16,190 | 81,584    | 5.04                      |
| 5  | BIOLOGY & BIOCHEMISTRY          | 13,696 | 130,640   | 9.54                      |
| 6  | ENGINEERING                     | 13,260 | 46,743    | 3.53                      |
| 7  | MATERIALS SCIENCE               | 7,820  | 30,230    | 3.87                      |
| 8  | MATHEMATICS                     | 7,763  | 17,444    | 2.25                      |
| 9  | AGRICULTURAL SCIENCES           | 7,328  | 35,175    | 4.80                      |
| 10 | NEUROSCIENCE &<br>BEHAVIOR      | 7,041  | 78,536    | 11.15                     |
| 11 | ENVIRONMENT / ECOLOGY           | 6,145  | 37,374    | 6.08                      |
| 12 | MOLECULAR BIOLOGY &<br>GENETICS | 5,875  | 91,607    | 15.59                     |
| 13 | MICROBIOLOGY                    | 5,455  | 55,013    | 10.08                     |
| 14 | SPACE SCIENCE                   | 5,005  | 52,288    | 10.45                     |
| 15 | GEOSCIENCES                     | 4,644  | 26,078    | 5.62                      |
| 16 | COMPUTER SCIENCE                | 4,431  | 7,017     | 1.58                      |
| 17 | PHARMACOLOGY &<br>TOXICOLOGY    | 4,144  | 25,234    | 6.09                      |
| 18 | PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY           | 3,373  | 10,790    | 3.20                      |
| 19 | IMMUNOLOGY                      | 2,682  | 32,058    | 11.95                     |
| 20 | ECONOMICS & BUSINESS            | 2,178  | 5,849     | 2.69                      |
| 21 | SOCIAL SCIENCES,<br>GENERAL     | 1,866  | 4,752     | 2.55                      |
| 22 | MULTIDISCIPLINARY               | 223    | 1,046     | 4.69                      |

Tabla III

Una consecuencia del proceso de crecimiento descrito anteriormente es que la investigación se hace al margen de cualquier directriz u orientación: se trabaja en lo que buenamente se puede y se cree más interesante. Esa es una de las características de la investigación matemática española, y una de sus debilidades para el futuro. Y esto es particularmente relevante en el caso de la Matemática Aplicada. El Programa Nacional de Matemáticas puede constituir una herramienta útil para paliar en parte esta situación, tal y como veremos más abajo.

## 2 EL ÁREA DE MATEMÁTICA APLICADA

El área de conocimiento de Matemática Aplicada incluyó en sus inicios, entre otros, a todos los matemáticos que impartían su docencia en las Escuelas de Ingeniería. En cuanto a la investigación, su característica más destacada era el entorno de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, las Ecuaciones en Derivadas Parciales y el Análisis Numérico.

Hoy en día, el área engloba matemáticos con muy distintos bagajes matemáticos: investigadores en ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas dinámicos, ecuaciones en derivadas parciales, aspectos numéricos en ambos casos, investigadores en análisis funcional, teoría de matrices, álgebra lineal, mecánica de fluidos, mecánica de sólidos, elasticidad, teoría de control, cálculo de variaciones y optimización, matemática discreta, finanzas, etc. En definitiva, un amplio panorama.

Estas circunstancias hacen que algunas personas opinen que hay muchos matemáticos puros que se han camuflado en el área. Una reflexión diametralmente opuesta, que suele acompañar a esta, es que en Matemática Aplicada no se prueban teoremas, o que los que se prueban carecen de profundidad suficiente. Son reflexiones muy limitadas. Si nos fijamos en las actividades que realiza la *Society for Industrial and Applied Mathematics* (SIAM), nos damos cuenta que hoy en día no hay aspecto de la matemática llamada pura que no tenga un reflejo en las aplicaciones. De hecho, uno de los grandes logros de la Matemática Aplicada surgido en la segunda mitad del siglo XX como síntesis de las áreas de Ecuaciones Diferenciales y Análisis Numérico, es que ha servido de estímulo para todas las demás áreas de las matemáticas, que han sabido responder al reto de impulsar la actividad matemática hacia una investigación más pluridisciplinar y orientada a los ámbitos industrial, tecnológico y financiero. Basta echar un vistazo por las webs de los centros de investigación de referencia internacional para constatar hasta que punto esto es así a día de hoy. Por otra parte es obvio que en este área se prueban teoremas, de muy diversa índole y en muchos casos, de gran calado. Pensemos por ejemplo en la Teoría de Códigos con profundos teoremas de Geometría Algebraica y Teoría de Números, o en las aplicaciones de la Mecánica Simpléctica a la Robótica y Planificación de Movimientos, y de la Geometría en el diseño de elementos finitos para sistemas complejos de EDPs. Cabe asimismo resaltar que el

área de Matemática Aplicada recoge alguno de los retos más ambiciosos de la matemática actual. Así, el *Clay Mathematical Institute*<sup>1</sup> incluyó entre los problemas elegidos para sus jugosos premios la unicidad y regularidad de las soluciones de las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido incomprensible tridimensional.

El Área de Matemática Aplicada incluye cerca de 1500 profesores de plantilla entre CU, TU, CE y TE, lo que supone el 50% de los efectivos de nuestras facultades y escuelas. Es cierto que es el área menos productiva por persona (veáse el informe coordinado por C. Andradás y E. Zuazua<sup>2</sup>), pero lo que se está reflejando no es más que la realidad de la propia matemática española (e internacional) donde solo una parte del profesorado universitario mantiene una actividad investigadora continuada y de cierto relieve, agravado este hecho porque la investigación matemática en nuestras escuelas de ingeniería es inferior a la de las facultades de matemáticas.

### 3 EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICA APLICADA Y EL PLAN NACIONAL

Nuestros equipos de investigación están recogiendo los frutos de un prolongado esfuerzo de establecer contactos con otras instituciones de investigación de orientación más tecnológica y con la industria. Todos conocemos en nuestro entorno grupos que trabajan en esa dirección y nos congratulamos de ese aún modesto pero creciente éxito.

Sin embargo, estas realizaciones están resultando más costosas de lo que sería deseable. No es en nuestra opinión fruto de la falta de interés o de formación de nuestra comunidad de investigadores en el área, sino más bien de un problema estructural del país en el que tradicionalmente la comunidad de científicos y la industria han vivido demasiado frecuentemente de espaldas el uno del otro. No es casual que aquéllos a quienes tan difícil resulta establecer contactos fructuosos con la industria en España vean que sus colegas en otros países como Francia o Alemania lo hagan con la máxima naturalidad. El Programa Nacional de Matemáticas se hace eco de esta realidad y propone algunas medidas que puedan contribuir a paliarlo, como son la dotación de recursos humanos y materiales adicionales para los equipos que se impliquen en estas tareas, y que éstas sean tenidas en cuenta en los procesos de evaluación.

Con respecto a esta ponencia de Matemáticas del Plan Nacional, creemos que sería justo empezar diciendo que el hecho de que las Matemáticas dispongan de una ponencia propia en el nuevo Plan es ya un éxito para toda nuestra comunidad matemática y que esto supone una herramienta importante que

---

<sup>1</sup><http://www.claymath.org/>

<sup>2</sup>*La investigación matemática en España en el periodo 1990-1999*, coordinado por Carlos Andradás y E. Zuazua, CEAM2000.

tenemos en gran medida a nuestra disposición para mejorar las condiciones de nuestra investigación y reorientar esfuerzos. La ponencia de Matemáticas del Plan Nacional fue concebida abierta, versátil, con clara vocación de incorporar no sólo a la buena investigación matemática que se realiza en las disciplinas más tradicionales que se ejercitan en el país, sino también a las nuevas áreas emergentes. En la ponencia<sup>3</sup> se presenta una clasificación de líneas prioritarias de investigación<sup>4</sup>, que, obviamente, no pretende recoger todo el espectro; más bien, se trata de un primer paso en un proyecto de clasificación que intenta recoger las líneas cultivadas en España y que debe entenderse como una clasificación dinámica, que debe ir perfeccionándose en próximas convocatorias. En definitiva, debería convertirse en el mapa al que nuestra investigación matemática debería converger. Y en el caso de la Matemática Aplicada, la tarea es quizás más urgente. En cualquier caso, la ponencia debería servir como fuente de debate para nuestra comunidad matemática. No olvidemos que de la experiencia que adquiramos del Plan Nacional 2004-2007 deberían salir nuevas ideas para el Plan Nacional 2008-2011.

La ponencia del Plan Nacional fue producto del esfuerzo de un grupo ampliamente representativo de una docena de personas que trabajaron con entusiasmo en una tarea que por primera vez se nos encomendaba, en el que participó un grupo mucho más extenso aún de investigadores en diversas rondas de consultas, habiéndose incorporado a la ponencia final las sugerencias recibidas. Este es obviamente un proceso abierto y en el que, nuevamente, las sugerencias que sean trasladadas al Gestor de Matemáticas del Plan Nacional serán debidamente atendidas y trasladadas al Subdirector de Proyectos de la Dirección General de Investigación.

Por otra parte, el aumento de recursos para los proyectos de Matemáticas en los últimos años ha sido muy importante. Como botón de muestra cabe decir que si en el 2000 la ponencia de proyectos de Matemáticas dispuso de 2 millones de euros, en la convocatoria del 2004 ha dispuesto de casi 5 millones y medio. Simultáneamente, se ha pasado de un total de 133 proyectos solicitados a 185, mientras que el número de proyectos aprobados de 101 a 133 con un número de EJC's que supera los 850.

Desde el 2001, las Matemáticas se han incorporado a los modos de gestión que tradicionalmente eran propias a las áreas prioritarias del Plan Nacional. Así, tal y como se explica detalladamente en las convocatorias del Plan Nacional, los proyectos son primeramente evaluados por la ANEP en un proceso dirigido por el Coordinador de Matemáticas de la ANEP y sus colaboradores, y en el que participan unos 400 investigadores españoles y extranjeros. Después los proyectos son nuevamente considerados y priorizados por una comisión

---

<sup>3</sup>Publicada en *Bol. Soc. Esp. Mat. Apl.* 28 (2004), 192-209 y LA GACETA DE LA RSME Vol. 7.1 (2004), 5-26, y accesible en la web del Ministerio de Educación y Ciencia <http://www.mec.es>

<sup>4</sup>Que se recoge en la convocatoria anual de proyectos con el objetivo de clasificar las solicitudes por temas

nombrada a tal efecto por la Subdirección General de Proyectos en el que cada año participan más de una docena de investigadores que anualmente cambian para ir cubriendo las diferentes áreas, grupos de investigación, universidades, etc. En este proceso de selección participan también el Coordinador de Matemáticas de la ANEP y sus adjuntos, en un proceso transparente y objetivo. Desde que se adoptó este modo de selección y priorización de proyectos, son más de cincuenta los investigadores españoles que han participado en estas comisiones finales de selección.

En todo este proceso, desde la evaluación a la selección, no existe ninguna preferencia o penalización de ninguna línea particular de investigación, como no sean la calidad y la oportunidad de los proyectos. La evaluación de la ANEP se encarga a dos, tres o a veces cuatro expertos en el tema específico del proyecto. Estos informes son sintetizados por el Coordinador y sus adjuntos y enviados al Gestor. La reunión con el Gestor y su equipo tiene como finalidad la selección y priorización de los proyectos y minimiza los errores.

La filosofía con la que se realiza esta selección ha sido difundida en varias ocasiones y en particular a través de cartas enviadas a todos los IP's de proyectos de los últimos años. Esencialmente, en el Plan Nacional se busca financiar buenos proyectos y no equipos, aunque en la práctica, obviamente, ambas cosas van juntas, y se busca primar la calidad, la originalidad y el impacto. Los proyectos mejor evaluados reciben ahora un nivel de financiación bastante satisfactorio y, tal y como reflejábamos más arriba en las cifras citadas, hoy en día son muchos más los proyectos financiados, lo cual es fiel reflejo del crecimiento de nuestra comunidad matemática y de su productividad.

Como se comentaba antes, los proyectos de corte más aplicado reciben una atención especial, de acuerdo con las directrices recogidas en la ponencia del Plan Nacional puesto que parece lógico que en esos casos, más aún que en todos los demás, el número e impacto de las publicaciones no puede ser el criterio más relevante a la hora de priorizar el proyecto. La posibilidad de solicitar financiación en el apartado de "Personal" con el objeto de contratar Personal Técnico de apoyo a la investigación, y de solicitar becas para Técnicos en Formación, refuerzan esta intención.

Es cierto también que algunos matemáticos aplicados deciden enviar sus proyectos, que muy bien podrían caer en la ponencia de Matemáticas, a otras ponencias como Medio Ambiente, Materiales, Diseño y Producción Industrial, TIC, ... Pero la motivación para ello es positiva, considerando la aprobación de su proyecto en estas ponencias como un reto adicional y que con ello liberan recursos para los proyectos que sólo pueden competir en Matemáticas. Esa situación es de hecho natural y habitual en todas las áreas multidisciplinares del Plan. En cualquier caso, los matemáticos aplicados españoles han de saber que en la ponencia de Matemáticas del Plan Nacional tienen un lugar claramente identificado y que encontrarán una evaluación realizada por expertos competentes en el área en un proceso que arroja muchas garantías por su transparencia y la multiplicidad de agentes que participan en la misma. Eso no quita, obviamente, que estos investigadores tengan perfecto derecho a

someter sus proyectos a otras ponencias afines, lo cual, como decíamos, es algo perfectamente previsto en el Plan Nacional. A este respecto cabe añadir que en el Plan Nacional también está previsto que un proyecto sometido a una ponencia pueda ser reconducido a otra, si con ello se considera que aumentan sus posibilidades de éxito.

Como se ha puesto de manifiesto, y como no podía ser de otra manera, el MEC intenta financiar proyectos competitivos. Pero desde el Plan Nacional de Matemáticas y su gestión y evaluación desde el Ministerio y la ANEP, esto se ha hecho de la manera más positiva, de acuerdo a una filosofía que, entre otros, inspiró Jacques Louis Lions, uno de los matemáticos aplicados más influyentes de la segunda mitad del siglo XX: “Apoyemos de manera incondicional a los grupos de excelencia, apoyemos a los buenos equipos para que alcancen el grado de excelencia de los anteriores, apoyemos por último a todos los demás para que mejoren y alcancen cuotas de calidad competitivas”.

Otra de las iniciativas que se recogen en el Programa Nacional de Matemáticas es la creación de un Centro Nacional de Matemáticas (CNMat). Se trata de una iniciativa aún en fase de debate<sup>5</sup>. Pero sin duda alguna, uno de los grandes objetivos del CNMat debería ser la de promover una investigación matemática cada vez más multidisciplinar y con mayor interacción con los demás ámbitos del sistema de I+D+i.

#### 4 EL IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICA APLICADA

En la sección 1, se informaba de la producción española en el contexto internacional. Vayamos ahora a un análisis de la calidad. Se suele argumentar que el factor impacto de la investigación matemática española está por debajo de la media internacional. Y así es en efecto. Pero esto no debe ser tomado al pie de la letra. El factor de impacto del quinquenio 1999-2003 es -6. Digamos en primer lugar que esto significa que las citas de un artículo español están en media un 6% por debajo de la media de citas de un artículo en el mundo. Si observamos la tabla I, veremos sin embargo que la tendencia en la serie es claramente creciente, con lo que, sin temor a sufrir un error grave, es de esperar que en uno o dos años, ese indicador sea positivo. Ese mismo fenómeno ha ocurrido en algunos países como Francia, que exhibía en el quinquenio 1995-99 un factor de impacto medio de -3, a pesar de ser las matemáticas la primera ciencia del país, y cuenta ahora en el quinquenio 1999-03 con un favorable +9. Esa ha sido también la evolución de Italia, como se puede comprobar visitando *Web of Knowledge*<sup>6</sup>. En general, la ciencia española presenta un retraso que va reduciéndose año a año.

Es ilustrativo reproducir la siguiente tabla

---

<sup>5</sup>Recientemente se ha celebrado en Santiago de Compostela las Segundas Jornadas Abiertas en torno a este tema <http://www.usc.es/imat/cnm2/>

<sup>6</sup><http://go5.isiknowledge.com/portal.cgi>



- Agricultural Sciences 26
- Biology & Biochemistry 31
- Chemistry 22
- Clinical Medicine 52
- Computer Science 39
- Ecology / Environment 36
- Economics & Business 33
- Engineering 14
- Geosciences 49
- Immunology 40
- Material Sciences 21
- Mathematics 27
- Microbiology 37
- Molecular Biology & Genetics 40
- Multidisciplinary 45
- Neuroscience & Behavior 29
- Pharmacology & Toxicology 32
- Physics 22
- Plant & Animal Science 32
- Psychology / Psychiatry 61
- Social Sciences, general 40
- Space Science 19

que muestra la posición relativa de España en diversas áreas entre todos los países del mundo en cuanto a citaciones por artículo. Se observa que Matemáticas ocupa en esta lista de 22 disciplinas el lugar séptimo. Creemos que este indicador refleja también que las matemáticas están en muy buen camino.

En cualquier caso, tras unas décadas en las que la necesidad de publicar en revistas internacionales ha sido asumida con creces por nuestra comunidad matemática, el mensaje de que es importante apuntar a unas mejoras de calidad ha empezado a calar y es de esperar que en breve veamos los frutos en este cambio de tendencia. Por tanto, esta situación nada parece tener de alarmante sino que más bien se enmarca en el proceso de normalización de las publicaciones españolas en matemáticas, proceso que se desarrolla a buen ritmo.

En 2000, con ocasión del Año Mundial de las Matemáticas y mediante una Acción Especial del MECD, cuyo Investigador Responsable fue uno de los firmantes del presente artículo (M. de León) se elaboró un estudio sobre la investigación matemática en la década de los 90. Este estudio fue diseñado desde el Comité Español para el Año Mundial de las Matemáticas (CEAMM2000) que elaboró los parámetros del mismo. La coordinación y elaboración del informe fue encargada a Carlos Andradas y Enrique Zuazua, siempre en colaboración con el propio CEAMM2000. El resultado fue la primera aportación seria y objetiva para conocer a fondo la investigación española, convirtiéndose en una referencia obligada para cualquier estudio bibliométrico sobre las matemáticas.

En este informe se observaba una producción por profesor en Matemática Aplicada inferior a la media de otras áreas, lo cuál no es más que el reflejo de ser un área que supone la mitad de las matemáticas españolas y que encierra una enorme diversidad de circunstancias, tal y como señalábamos anteriormente.

En agosto del 2006 se celebrará en Madrid el ICM06, uno de los más claros exponentes del éxito de nuestra matemática. Este congreso, organizado por las cuatro sociedades matemáticas RSME, SCM, SEIO y SEMA, constituye una excelente ocasión para publicar un nuevo informe de esta índole. Por el momento, está a punto de finalizarse un estudio de los grupos de matemáticos españoles, basado en la coautoría, realizado en colaboración con el CINDOC, y cuyos responsables por la parte matemática son Manuel de León y David Martín de Diego. Esperamos que este informe sea el inicio de una actualización del referido a los 90.

Por otra parte, hoy en día disponemos de muchos otros parámetros para evaluar la salud de nuestra investigación matemática. Las Matemáticas presentan signos de excelencia e impacto rotundos. Así, en la lista de los investigadores españoles que hasta el momento han recibido el calificativo de "Muy citados" (*Highly Cited Researchers*) por parte de ISI tenemos un total de 14 investigadores que desarrollan su labor en España (véase tabla V).

Cuatro de ellos son matemáticos, y tres son del área de Matemática Aplicada. Estas cifras contrastan con las de otras disciplinas supuestamente con más impacto. Añadamos que de las 29 revistas españolas incluidas en ISI, 3 son de matemáticas. Con cierto conocimiento de causa, por razón de nuestros cargos, de las debilidades que aún muestran nuestras matemáticas, creemos que debemos sentirnos orgullosos de estar en donde estamos, habiendo partido de una investigación matemática prácticamente testimonial a principios de los años 80.

Hay otros indicios de la salud de nuestra investigación en Matemática Aplicada. Hoy en día los investigadores españoles de matemática aplicada están presentes en los Comités Editoriales en algunas de las revistas más prestigiosas del área como *European J. Applied Mathematics*, *SIAM J. Math. Anal.*, *SIAM J. Control Optim.*, *M3AS (Mathematical Models and Methods in Applied Sciences)*, y en muchas otras. Incluso, en algún caso, como *ESAIM:COCV*, el Redactor en Jefe es un investigador español.

| Name                        | Institution                                    | Category                     |
|-----------------------------|--|------------------------------|
| Aguilar-Benitez De Lugo, M. | Ciemat   | Physics                      |
| Barbacid, Mariano           | Centro Nacional de Investigaciones Oncologicas | Molecular Biology & Genetics |
| Gonzalez, Antonio G.        | Inst. de Productos Naturales Orgánicos, CSIC   | Agricultural Sciences        |
| Herrera, Carlos M.          | Estación Biológica de Doñana, CSIC             | Ecology / Environment        |
| Nualart, David              | University of Barcelona                        | Mathematics                  |
| Oro, Luis A.                | Universidad de Zaragoza / CSIC                 | Chemistry                    |
| Palacios, José Maria        | Almirall Prodesfarma Research Center           | Neuroscience<br>Pharmacology |
| Rodés, Juan                 | University of Barcelona                        | Clinical Medicine            |
| Rodriguez, Benjamin         | CSIC   | Agricultural Sciences        |
| Rohrer, Heinrich            | CSIC   | Computer Science             |
| Sanchez-Madrid, Francisco   | Universidad Autónoma de Madrid                 | Immunology                   |
| Sanz-Serna, J. M.           | Universidad de Valladolid                      | Mathematics                  |
| Vazquez, Juan Luis          | Universidad Autónoma de Madrid                 | Mathematics                  |
| Zuazua, Enrique             | Universidad Autónoma de Madrid                 | Mathematics                  |

Tabla V

Finalmente, en el estudio en marcha citado sobre grupos españoles en matemáticas, se desprende que una parte importante de los grupos más productivos y de mayor impacto están encuadrados en el área de Matemática Aplicada.

Nuevamente pues se puede decir que la Matemática Aplicada española va por buen camino y que en breve tendremos indicadores adicionales de este hecho tanto en lo que se refiere a a producción de corte más básico como en lo que se refiere a las aplicaciones.

## 5 LA FORMACIÓN DE NUESTROS LICENCIADOS EN MATEMÁTICA APLICADA

Debemos hacer alusión también a la formación en Matemática Aplicada de los licenciados en matemáticas de nuestras universidades. En realidad se trata de una preocupación compartida por todos los que estamos implicados en las licenciaturas de Matemáticas y ha sido recogida ya en el Libro Blanco recientemente editado por encargo de la ANECA. Por otra parte, está aún abierto el debate de cómo conseguir que la formación de nuestros jóvenes licenciados sea más completa en relación a lo que debería ser una visión más multidisciplinar de la Ciencia y la Tecnología. De hecho, muy recientemente se han celebrado unas Jornadas de Modelización en la Facultad de Matemáticas de la UCM

organizadas por la Comisión de Educación de la RSME para analizar esta cuestión. Se trata pues de un tema de indudable interés en el que se trabaja en la actualidad pero en el que las soluciones no son del todo obvias, especialmente en el nuevo escenario de “Bolonia” en el que nuestras licenciaturas no sólo están destinadas a los estudiantes españoles sino a todos los europeos. Es en este contexto del Espacio Único de Educación Superior donde el debate está todavía abierto y esperando aportaciones de la comunidad matemática española.

Evidentemente, el debate debería centrarse en lo que se entiende por “formación en Matemática Aplicada” de nuestros matemáticos: cálculo numérico, optimización, EDPs, modelización, elementos de Mecánica, ... Todo queda abierto ante los acuerdos de Bolonia, y hacerlo bien va a suponer un salto cualitativo también en lo que respecta a nuestra investigación. Podríamos decir que con Bolonia: “Cada uno se hace matemático a su manera”. Y hay bastante de verdad es esta frase.

Pero no sólo se ha de trabajar en lo que concierne a la formación en Matemática Aplicada de los licenciados en Matemáticas, sino también en el caso de las Escuelas de Ingeniería. En efecto, las escuelas de Ingeniería española han de recorrer un importante camino para que podamos disponer en nuestro país de Escuelas Politécnicas de referencia internacional donde los alumnos tengan la posibilidad de complementar su formación en ingeniería con una importante base científica y en particular matemática como ocurre en centros tales como la “Ecole Polytechnique de Paris”, el “Politécnico de Milano” o la “Ecole Polytechnique Federale de Lausanne” en Suiza.

## 6 CONCLUSIONES

De este breve estudio, se pueden extraer unas cuantas conclusiones:

- El área de Matemática Aplicada espera una mejor definición de contenidos, desde unas condiciones iniciales provenientes de la LRU, que la homologue a la situación internacional.
- Es un área muy grande, en la que por tanto se refleja la situación general española. En cualquier caso, anteriormente hemos dado datos objetivos de que el área cuenta con un alto número de investigadores y docentes dedicados y capaces.
- El área debe aprovechar la ocasión que proporcionan los acuerdos de Bolonia para contribuir a que los nuevos grados y masters sirvan para definir una mayor interdisciplinariedad.
- El diseño de nuevas herramientas de investigación, dentro del marco del Programa Nacional de Matemáticas (como el posible Centro Nacional de Matemáticas o acciones estratégicas orientadas a las aplicaciones)

deberían tener una enorme influencia en el área de Matemática Aplicada, y propiciar la transferencia del conocimiento a los sectores productivos, tecnológicos y financieros.

En cualquier caso, conseguir un área de Matemática Aplicada acorde con los desafíos científicos y tecnológicos del siglo XXI es una tarea de todos, y exige generosidad y dedicación, y sobre todo, olvidar hábitos que se han quedado ya obsoletos: no se trata de luchar por quién se reparte el pasado sino de cómo construiremos el futuro.

Madrid, 29 de Noviembre de 2004

Manuel de León  
Profesor de Investigación del CSIC  
Coordinador de Matemáticas de la ANEP  
Enrique Zuazua  
Catedrático de Matemática Aplicada, UAM  
Gestor del Programa Nacional de Matemáticas