

INVESTIGACIÓN MATEMÁTICA EN ESPAÑA

María Jesús Carro Rossell (Coordinadora)¹, José Luis Ferrín González²,
Alfonso Gordaliza Ramos³, Pablo Pedregal Tercero⁴,
Carmen Ortiz-Caraballo⁵, Alfredo Peris Mangiloot⁶, Luis Vega González⁷

1: Universidad Complutense de Madrid

2: Universidade de Santiago de Compostela

3: Universidad de Valladolid

4: Universidad de Extremadura

5: Universidad de Castilla-La Mancha

6: Universitat Politècnica de Valencia

7: Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea

1. INTRODUCCIÓN

Con motivo de la celebración del Año Mundial de las Matemáticas en el 2000, C. Andrades y E. Zuazua elaboraron el documento *Informe sobre la investigación matemática en España en el periodo 1990-1999*, en el que ya destacaron el crecimiento de nuestra investigación tanto en intensidad como en calidad e impacto. En dicho informe se analizaron los artículos que aparecían en la base de datos “MathSciNet” de la American Mathematical Society, entendiendo como producción española aquellos documentos en los que algún firmante incluía España o alguna institución española. Ya en esos momentos la producción matemática figuraba entre los diez países más importantes del mundo. En cuanto a las debilidades de entonces se señalaban el envejecimiento de la masa crítica de investigadores y las dificultades de los y las más jóvenes para desarrollar una carrera investigadora intensa y de calidad.

Continuando dicho estudio analizaremos, en este capítulo, diferentes aspectos relativos al desarrollo de la investigación matemática en España en el periodo 2000/2017.

Comenzaremos analizando aquellos aspectos relacionados con la carrera investigadora, desde que el estudiantado termina los estudios de grado hasta que su formación y CV le permiten acceder a un puesto indefinido en el sistema

universitario o en un centro de investigación. Las salidas profesionales de las personas egresadas en Matemáticas están analizadas en el capítulo de Salidas Profesionales de las Matemáticas en este Libro Blanco.

La estructura de este capítulo es como sigue. En la segunda sección analizaremos la **etapa predoctoral**. Comenzaremos presentando datos de estudiantes que han estado matriculados y han completado los diferentes másteres que tenemos en la actualidad, así como de alumnado de los diferentes programas de doctorado. Presentaremos datos de las tesis leídas en matemáticas en los últimos años y de sus diferentes fuentes de financiación. En particular, analizaremos con detalle el programa de becas FPU y FPI, así como las convocatorias predoctorales de La Caixa y presentaremos datos sobre el tipo de financiación del actual estudiantado de doctorado.

En la tercera sección, analizaremos diferentes **convocatorias de tipo posdoctoral**, como los programas Juan de la Cierva, Ramón y Cajal, convocatorias posdoctorales de La Caixa y las ayudas del Consejo Europeo de Investigación (ERC). La cuarta sección será dedicada al **Programa Nacional de Matemáticas** y presentaremos datos sobre el Programa General del Conocimiento, la convocatoria de Redes y el programa de Acciones Especiales. La quinta sección la dedicaremos al análisis de diversos **centros de investigación** como CRM, BCAM, ICMAT, ITMATI y la red de institutos universitarios REDIUM. En esta misma sección, analizaremos las instituciones ICREA e IKERBASQUE, así como la Unidad de Excelencia María de Maeztu, BGSMATH.

En la sexta sección, presentamos un **estudio amplio de las publicaciones** y en la última sección analizaremos algunos aspectos relacionados con la transferencia del conocimiento en matemáticas, matemática industrial e interdisciplinar.

Cada sección tendrá su propia introducción, así como una explicación de la metodología seguida para la recogida y el análisis de los datos.

Es difícil pretender ser exhaustivo ante la gran cantidad de datos de tantos y diferentes aspectos, pero intentaremos presentar nuestra realidad, haciendo un análisis de debilidades y fortalezas y presentando, en la medida de lo posible, propuestas de mejora.

2. ETAPA PREDCTORAL

2.1. Másteres Universitarios en Matemáticas y Estadística

Los estudios oficiales de máster tienen aún una escasa tradición en España, pues su origen data de la entrada en vigor del Real Decreto 56/2005, de 21 de enero, por el que se regulaban los estudios universitarios oficiales de posgrado. Esta legislación tuvo una vigencia muy corta, al ser derogada con la entrada en vigor del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y se regulan los tres niveles existentes de estudios universitarios en la actualidad: grado, máster y doctorado. La entrada en vigor de esta nueva legislación obligó a la renovación y adaptación de los títulos de máster creados en el corto periodo de vigencia del Real Decreto 56/2005.

El estudio realizado sobre los actuales títulos de máster del ámbito de las matemáticas y la estadística comprende dos aspectos. En primer lugar, haremos una descripción del panorama actual de titulaciones de máster existentes en este ámbito, a partir de los datos extraídos del Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) y de la Estadística de Universidades, Centros y Titulaciones (EUCT), ambos del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. En segundo lugar, estudiaremos los datos de alumnado matriculado y egresado en estas titulaciones, extraídos de las estadísticas oficiales ofrecidas por el Ministerio de Educación y Formación Profesional. Las series de datos de estudiantado matriculado y egresado en este nivel educativo se ofrecen desde el curso 2008/2009, tras la entrada en vigor del Real Decreto 1393/2007. Para seleccionar los estudios relacionados con el ámbito de las matemáticas y la estadística, se han incluido los códigos 0541-Matemáticas, 0542-Estadística y 0549-Matemáticas y Estadística (otros estudios) de la clasificación de Códigos ISCED 2013 (The International Standard Classification of Education). Hay que hacer notar que en el RUCT no se indica el código ISCED de las titulaciones registradas, por lo que las personas usuarias de estas estadísticas oficiales no pueden saber con exactitud de manera inmediata las titulaciones concretas que el ministerio incluye en cada código ISCED, más allá de lo que se pueda deducir por el nombre de cada titulación. Además, hay que reconocer que la proliferación de títulos con nombres cada vez más multidisciplinares (con varias áreas científicas representadas en el título) e interdisciplinares (que atañen a nuevos campos fronterizos entre áreas diversas), hace complicada la clasificación.

En cuanto a las titulaciones de máster existentes en el ámbito de las matemáticas y la estadística, en el RUCT aparecen 28 cuyo nombre contiene la palabra ‘Matemática(s)’, después de haber eliminado los enmarcados en las áreas de didáctica de esta disciplina. En tres de estos másteres aparece también en el nombre la palabra ‘Física’, en siete la palabra ‘Computación/Computacional’ y en siete la palabra ‘Ingeniería’. Por otra parte, la palabra ‘Estadística/Bioestadística’ aparece en ocho nombres de títulos de máster, sin contar los que incluyen también ‘Matemáticas’. A estos últimos, podemos añadir cuatro títulos de máster en cuyos nombres aparecen las palabras ‘Análisis de Datos/Ciencia de Datos’ y que tienen un contenido marcadamente estadístico. Así pues, a partir del RUCT podemos hablar de 40 títulos de máster en España en este momento en el ámbito de matemáticas/estadística, cifra que concuerda con la EUCT del curso 2017/2018. Todos estos títulos corresponden a universidades públicas y ocho de ellos (20%) son titulaciones conjuntas de más de una universidad, uno de ellos internacional.

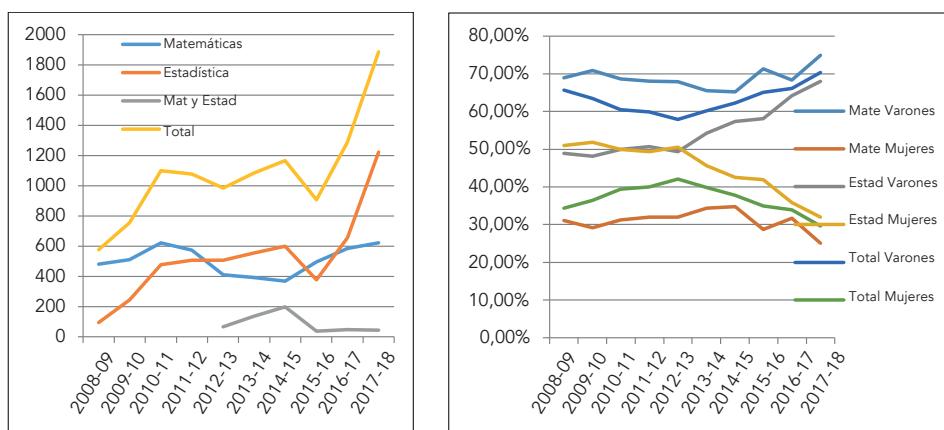
Buena parte de estos másteres tratan de aunar un doble perfil para acoger tanto a alumnado cuyo interés es la iniciación a la investigación y que es candidato claro a nutrir más adelante los programas de doctorado en matemáticas/estadística, como a estudiantado que busca un perfil profesional especializado en matemáticas/estadística avanzadas y para los que el doctorado en Matemáticas/Estadística no es una prioridad. De hecho, el perfil formativo previo de nivel de grado de una parte sustancial del alumnado de estos másteres es diferente al de matemáticas/estadística.

Hay que decir que en el RUCT aparecen otros 20 con títulos multidisciplinares y un perfil netamente profesionalizante y que, aunque en sus nombres aparecen palabras como ‘Análisis de datos/Ciencia de Datos/Big Data/etc.’, se enmarcan claramente en otros ámbitos como ‘Economía y Finanzas’, ‘Tecnologías de la Información y las Comunicaciones’, ‘Bioinformática’, etc., y que no tienen códigos ISCED de matemáticas y estadística. El 45% de estos títulos son ofertados por universidades privadas y el resto, por universidades públicas, entre los cuales hay tres másteres conjuntos.

En cuanto a los datos de alumnado matriculado en titulaciones de máster con los tres códigos ISCED 2013 mencionados, se puede ver que, tras el despegue inicial con la creación de estos títulos, se produjo un estancamiento entre los 1.000 y los 1.200 estudiantes con matrícula (repartidos casi al 50% entre los

códigos de matemáticas y estadística), hasta el curso 2015/2016, año en el que se produce un crecimiento vertiginoso de las titulaciones en Estadística, que alcanzan en la actualidad los 1.200 estudiantes, frente a los 600 de Matemáticas, crecimiento que corresponde realmente al último curso disponible en la web del ministerio, es decir, el 2017/2018, y cuya evolución habrá que seguir estudiando en los próximos cursos. Sin duda la eclosión del fenómeno *big data* y la Ciencia de Datos y la necesidad de abordarlo también desde una perspectiva de la estadística matemática están en la raíz de este crecimiento.

Figura 1. Estudiantado matriculado en títulos de Máster en Matemáticas/Estadística y distribución por género

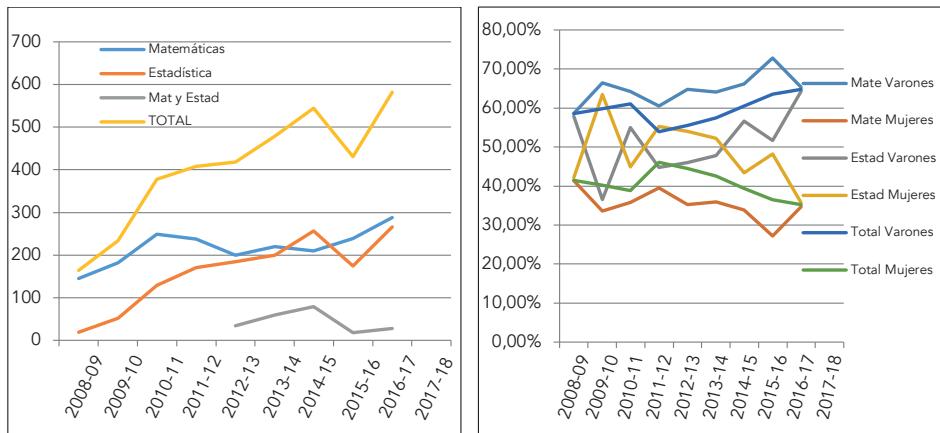


La distribución por sexos en matemáticas muestra en todo momento un claro sesgo hacia los hombres, que tiende a agudizarse, acercándose a una distribución cercana al 3 a 1 en el momento actual. Es curioso observar que, en el caso de estadística, la distribución estaba equilibrada hasta el curso 2012/2013 pero, a partir de ese curso, está convergiendo hacia un perfil similar al de matemáticas, dando lugar actualmente a un perfil 70%-30% a favor de los hombres en el conjunto de los tres códigos.

En consonancia con los datos de estudiantado matriculado, el número de personas egresadas en titulaciones de máster en matemáticas también muestra un estancamiento entre los 200-300 anuales. En el caso de Estadística, se ha pasado de cifras casi nulas en 2008/2009 a situarse ya en cifras cercanas a las de los egresados de Matemáticas, comenzando a notarse el despegue mencionado de estas titulaciones en cuanto a número de matriculados, si bien los datos

disponibles en este caso solo alcanzan al curso 2016/2017. En resumen, en el conjunto de los tres códigos ISCED, el último dato se acerca a los 600 estudiantes egresados, cifra que crecerá en los próximos años por el empuje de los títulos de Estadística.

Figura 2. Alumnado egresado en títulos de Master en Matemáticas/Estadística y distribución por género



El porcentaje de personas egresadas sobre matriculadas en cada curso ha ido creciendo desde un 28,5% al inicio del periodo en entorno al 45% en los últimos cursos. Esta tasa es difícil de interpretar debido a que los programas de máster pueden variar entre 60 y 120 créditos ECTS, siendo bastante frecuente el número de 90 créditos ECTS. Así pues, como la duración puede oscilar entre uno y dos cursos académicos, el porcentaje no es realmente una tasa de éxito.

El sesgo en la distribución de las y los egresados por sexos comienza siendo más marcado en matemáticas que en estadística, para acabar aproximándose ambas series hasta el último dato de 65%-35% aproximadamente en favor de los hombres en ambos casos en el curso 2016/2017.

Como conclusión, cabe decir que las titulaciones de máster en Matemáticas/Estadística comienzan a despegar en España animadas por las buenas perspectivas profesionales de estas disciplinas. Este ascenso comienza a trasladar su impacto al doctorado, cuyos números comienzan a recuperarse, según se ve, en la sección dedicada a ese nivel educativo. Es de esperar que este impacto siga aumentando en el corto plazo, si bien es complicado deslindar el tamaño del subconjunto de

estudiantes de máster con vocación investigadora que nutrirán los programas de doctorado en Matemáticas/Estadística. También es de destacar la clara brecha de género en estas titulaciones, que tiende a acrecentarse.

2.2. Programas de Doctorado en Matemáticas y Estadística

Los estudios oficiales de doctorado existentes actualmente en España se regulan por el Real Decreto 99/2011, de 28 de enero. Esta normativa obligaba a que los programas de doctorado preexistentes, verificados conforme al anterior Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, se adaptaran al nuevo real decreto antes del inicio del curso 2013/2014 o bien quedaran completamente extinguidos antes del 30 de septiembre de 2017. Asimismo, establecía un plazo de cinco años para que el alumnado de programas en extinción pudiera presentar su tesis sin tener que cambiar a los nuevos programas adaptados. El Real Decreto 534/2013, de 12 de julio, amplió los plazos de adaptación de los programas existentes y fijó el 30 de septiembre de 2017 como fecha límite para la defensa de las tesis de programas a extinguir.

El presente estudio sobre los actuales programas de doctorado del ámbito de matemáticas y estadística comprende dos aspectos. En primer lugar, haremos una descripción del panorama actual de los programas existentes, con datos extraídos del Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) y de la Estadística de Universidades, Centros y Titulaciones (EUCT), ambos del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. En segundo lugar, estudiaremos los datos de estudiantes con matrícula en estas titulaciones, extraídos de las estadísticas oficiales ofrecidas por la Administración, tratando de aunar dos períodos muy diferentes según las fuentes que recogen y elaboran los datos: un primer periodo hasta el curso 2008/2009, en el que la fuente es el Instituto Nacional de Estadística (INE), y un segundo periodo, a partir del curso 2014/2015, en el que el Ministerio de Educación y Formación Profesional toma el relevo al INE, correspondiendo con la consolidación de los programas de doctorado Real Decreto 99/2011. Entre ambos ciclos, nos encontramos con el periodo de los cursos 2009/2010 y 2010/2014 en el que hay datos disponibles de estudiantes de doctorado, pero sin distinguir campos de estudio dentro de las grandes ramas del conocimiento, en este caso dentro de la rama de ciencias. Por otro lado, entre los cursos 2011/2012 y 2013/2014 no se ofrecen datos por ninguna de las dos fuentes. Así pues, el estudio tiene una laguna de cinco cursos académicos. El cambio de fuente de datos supuso también un cambio de metodología. El INE

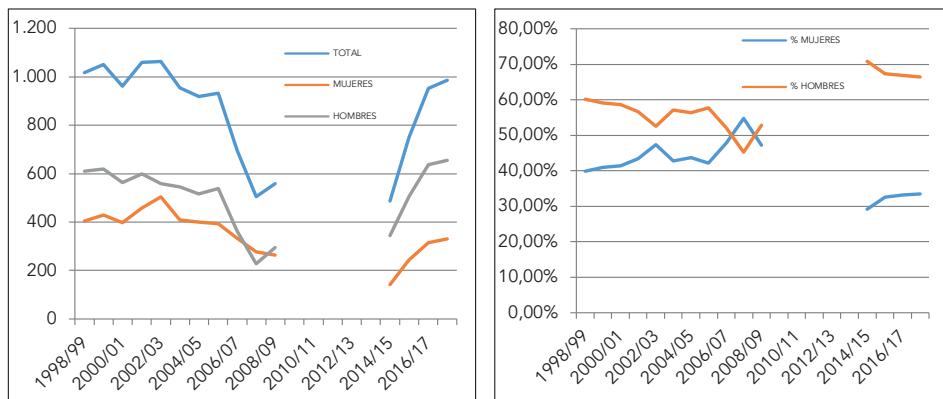
clasificaba al alumnado de doctorado según la licenciatura cursada previamente, es decir Ciencias Matemáticas o Ciencias y Técnicas Estadísticas en el caso que nos ocupa. Por otra parte, el Ministerio de Educación utiliza los consabidos códigos ISCED para los ámbitos de estudio, siendo de nuestro interés los mismos códigos que venimos utilizando en otras partes del informe: 0541-Matemáticas, 0542-Estadística y 0549-Matemáticas y Estadística (otros estudios).

En cuanto a los programas de doctorado existentes en el ámbito de las matemáticas y la estadística, en el RUCT aparecen 28 programas cuyo nombre contiene una de las palabras ‘Matemática(s)’, ‘Estadística’ o ‘Análisis de Datos/Ciencia de Datos’, después de haber eliminado uno enmarcado en las áreas de didáctica de esta disciplina. El nombre que más abunda es “Programa de Doctorado en Matemáticas”, que se repite en ocho programas (30%). La palabra ‘Matemática(s)’ aparece en 22 programas, la palabra ‘Estadística’ en ocho y ‘Análisis de Datos/Ciencia de Datos’, en dos. En cuatro de ellos coexisten en el nombre las dos palabras ‘Matemática(s)’ y ‘Estadística’. En dos de los programas aparece en el nombre también la palabra ‘Física’, en cuatro, los términos ‘Ingeniería/Ingeniería Matemática’, en dos, ‘Informática/Ingeniería Informática’ y en uno, ‘Computación’. Ocho programas (casi un 30%) son conjuntos de varias universidades y solo uno de ellos es de una universidad privada. Por otra parte, en la EUCT solo se clasifican 25 programas de doctorado en el campo de estudio de matemáticas y estadística, por lo que tenemos un pequeño desfase derivado de la arbitrariedad a la hora de clasificar en uno u otro campo algunos de los programas multidisciplinares mencionados.

En cuanto al número de estudiantado matriculado en los programas del ámbito de las matemáticas y la estadística a lo largo del periodo en estudio, con las limitaciones de los datos disponibles comentadas en la introducción de esta sección, podemos ver que veníamos de unas cifras en torno a 1000 matriculados y matriculadas hasta principios de los años 2000, y luego se produjo un fuerte retroceso bajando a en torno a 500 en 2007/2008. La falta de datos en los años siguientes puede estar ocultando que el retroceso pudo llegar a ser realmente mayor en el entorno del curso 2010/2011. Con la nueva serie de datos del ministerio arranca el periodo de recuperación hasta alcanzar de nuevo cifras cercanas a 1000 estudiantes en el último curso académico disponible. La elevada pendiente de la trayectoria final hay que interpretarla con cautela, ya que corresponde al periodo en el que coexistían algunos programas por el Real Decreto 99/2011 que registra la estadística con otros del Real Decreto

1393/2007, que no se registran, e incluso con los restos de las normativas anteriores. El dato realmente informativo en cuanto al número total de doctorandos en Matemáticas/Estadística es el del último curso disponible en el tramo final de la serie, es decir, el curso 2017/2018, ya que en ese momento todos los doctorados de normativas anteriores estaban ya extinguidos.

Figura 3. Estudiantado matriculado en programa de doctorado en Matemáticas/Estadística y distribución por género



Hay que hacer notar que el dato de 1.000 estudiantes/año matriculados en total en los programas de doctorado de Matemáticas/Estadística es incompatible con el dato oficial de en torno a 700 tesis/año leídas en estas áreas, que veremos más adelante, habida cuenta de que los estándares de permanencia del alumnado en los programas de doctorado se sitúan en los cuatro años (entre tres y cinco años) con dedicación a tiempo completo, que es la más habitual. Esto refuerza la idea de una metodología deficiente de clasificación de las tesis doctorales de TESEO usada por el ministerio, que imputa numerosas tesis a Matemáticas y Estadística de manera indebida.

En el estudio gráfico no se ha considerado interesante distinguir los códigos de Matemáticas y de Estadística, ya que buena parte de las tesis en Estadística están en programas de doctorado en Matemáticas. No obstante, por completar la información aportada, en el periodo INE los y las doctorandas procedentes de la Licenciatura en Ciencias y Técnicas Estadísticas fueron aumentando desde el 1,5% hasta el 15% sobre el total del conjunto con Ciencias Matemáticas. En el periodo actual del Real Decreto 99/2011 el código

ISCED 0541-Matemáticas ha disminuido desde un 69% inicial a un 60% en el último curso, el código 0542-Estadística ha aumentado desde un 18% a un 25% y el 0549-Matemáticas y Estadística (otros estudios) está más o menos estable entre el 13% y el 15%.

La distribución por sexos muestra la tradicional brecha de género en el área, con algunas oscilaciones en el periodo en estudio, donde se parte de una distribución 60%-40% a favor de los hombres, que tiende a igualarse a medida que se agudizaba la crisis de matrículas, alcanzándose el 50%-50% entre 2006/2007 y 2008/2009, para rebotar con más sesgo si cabe en el periodo final del Real Decreto 99/2011 y situarse en la actualidad en el 66,5%-33,5%. Así pues, en los años de declive, el desinterés por el doctorado se notó más en los hombres que en las mujeres y la actual expectativa que despierta la investigación en matemáticas/estadística recupera con fuerza la presencia masculina.

Como conclusión, cabe decir que los programas de doctorado en Matemáticas/Estadística se recuperan tras una “larga travesía del desierto” de más de una década y alcanzan en la actualidad las cifras de primeros años del siglo, en torno a 1.000 personas matriculadas/año. Por otra parte, el desequilibrio de género a favor de los hombres se agudiza con este repunte de los programas, situándose en 2 a 1 a favor de los hombres en los últimos años.

2.3. Programa de ayudas para la Formación del Profesorado Universitario (FPU)

El programa de ayudas para Formación del Profesorado Universitario (FPU) del actual Ministerio de Educación y Formación Profesional tiene ya una larga historia en España y constituye una de las vías más importantes de formación de personal investigador, quizás la más prestigiosa entre el estudiantado de doctorado. Se trata de un programa anual que pretende la formación de doctores y doctoras con competencias docentes adicionales que faciliten su futura incorporación al sistema español de educación superior y de investigación científica. Los datos que se aportan y analizan en este apartado han sido facilitados por el Ministerio de Educación y Formación Profesional y corresponden al periodo 2000/2018.

Los contratos FPU se distribuyen por áreas temáticas ANEP y en la convocatoria se dan indicaciones del grado de afinidad de los programas de

doctorado que cursan los y las solicitantes, clasificados por códigos ISCED, con las áreas temáticas de la ANEP a las que concurren dentro de la convocatoria. El área temática MTM, correspondiente a Matemáticas, recibe anualmente un determinado número de contratos para los que se considera con alto grado de afinidad al estudiantado de los programas de doctorado con códigos ISCED 0541 (Matemáticas) y 0542 (Estadística), estos últimos considerados también de alto grado de afinidad con el área ECO (Economía). Además, el alumnado de programas de doctorado con el código ISCED de Matemáticas se considera de bajo grado de afinidad en el área INF (Ciencias de la Computación y Tecnología Informática) y los de Estadística en el área CS (Ciencias Sociales). Recíprocamente, los y las estudiantes de programas de doctorado con códigos ISCED 0611 a 0613, correspondientes a Tecnologías de la Información y la Comunicación, y el 0411, correspondiente a Contabilidad e Impuestos, también se vinculan en la convocatoria al área ANEP MTM, pero con grado bajo de afinidad. El resto de los programas de doctorado con otros códigos ISCED se consideran sin afinidad para el área MTM, del mismo modo que los programas con códigos ISCED de Matemáticas y Estadística se consideran sin afinidad para el resto de las áreas ANEP no mencionadas. El grado de afinidad apenas supone una leve diferencia de ponderación de la nota media de selección del solicitante (en la convocatoria 2018, 1,00 para el grado alto, 0,98 para el grado bajo y 0,96 para programas sin afinidad).

Como se puede ver en la tabla 1, desde el inicio del periodo en estudio, el número de contratos FPU anuales en el área MTM ha disminuido desde valores iniciales entre 25-30 contratos, a los aproximadamente 15 contratos actuales, es decir, poco más de la mitad que al principio del periodo en estudio. Este decrecimiento ha sido paulatino. El descenso experimentado en el área MTM es mucho mayor que el ligero descenso en el total de contratos FPU en el periodo. Esto ha supuesto que el área MTM haya pasado de un peso del 3% sobre el total de contratos FPU al inicio del periodo, a un 1,6% actual, es decir, su peso se ha reducido prácticamente a la mitad. Como dato comparativo con áreas ANEP con cierta afinidad, señalaremos que en las cuatro últimas convocatorias estudiadas el área MTM se ha movido entre 14 y 16 contratos, mientras que el área FIS (Física y Ciencias del Espacio) lo ha hecho entre 20 y 23, casi un 50% más de contratos, y el área INF (Ciencias de la Computación y Tecnología Informática) lo ha hecho entre 32 y 37, más de un 125% más de contratos.

Tabla 1. Evolución de los contratos FPU (2000/2018)

CONVOCATORIA	BENEFICIARIOS			SOLICITANTES			TASA DE ÉXITO	
	MTM	TOTAL	% MTM	MTM	TOTAL	% MTM	MTM	TOTAL
2000*	66	861	7,67%	271	4.702	5,76%	24,35%	18,31%
2001	25	876	2,85%	97	4.188	2,32%	25,77%	20,92%
2002	30	998	3,01%	95	4.143	2,29%	31,58%	24,09%
2003	27	950	2,84%	115	5.342	2,15%	23,48%	17,78%
2004	28	950	2,95%	129	7.216	1,79%	21,71%	13,17%
2005	27	944	2,86%	92	5.428	1,69%	29,35%	17,39%
2006	20	904	2,21%	73	4.806	1,52%	27,40%	18,81%
2007	20	920	2,17%	67	4.325	1,55%	29,85%	21,27%
2008	22	945	2,33%	94	4.775	1,97%	23,40%	19,79%
2009	21	927	2,27%	81	5.283	1,53%	25,93%	17,55%
2010	19	928	2,05%	108	6.096	1,77%	17,59%	15,22%
2011**								
2012	17	810	2,10%	133	6.948	1,91%	12,78%	11,66%
2013	11	798	1,38%	122	7.074	1,72%	9,02%	11,28%
2014	16	804	1,99%	123	7.300	1,68%	13,01%	11,01%
2015	15	841	1,78%	110	7.345	1,50%	13,64%	11,45%
2016	14	833	1,68%	124	7.475	1,66%	11,29%	11,14%
2017	13	795	1,64%	114	6.537	1,74%	11,40%	12,16%
TOTAL	391	15.084	2,59%	1948	98.983	1,97%	20,07%	15,24%

* En el año 2000 el área de conocimiento era física y matemáticas conjuntamente.

** En el año 2011 no hubo convocatoria FPU.

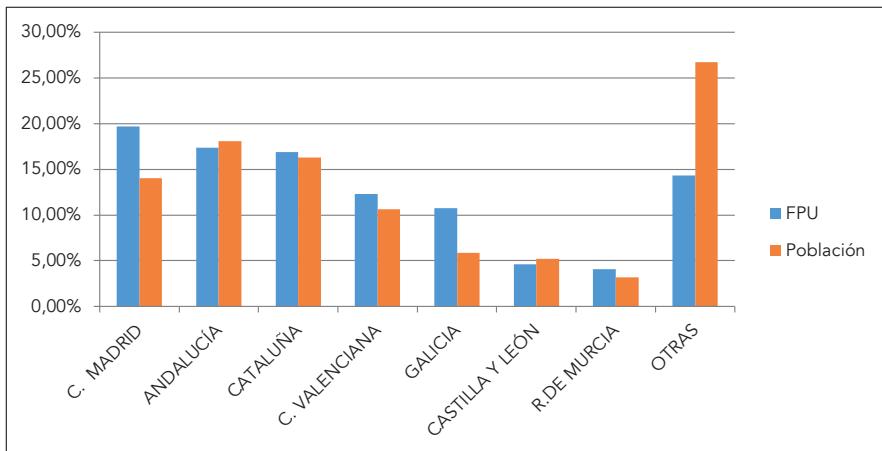
El número anual de solicitantes ha crecido ligeramente desde el inicio del periodo en estudio, con algunos altibajos. En la actualidad este número se mueve entre 100 y 125 solicitudes anuales. Por el contrario, el total de solicitantes que concurren al programa en el total de las áreas ha crecido más del 50% en el periodo en estudio, pasando de cifras iniciales ligeramente por encima de 4.000 solicitantes a las cifras actuales en torno a 7.000 solicitantes. Por esta razón, el peso de las solicitudes que optan por el área MTM en relación con el total de solicitantes que concurren al programa ha ido disminuyendo paulatinamente desde aproximadamente el 2,3% inicial al 1,7% actual. La tasa de éxito en el área MTM ha bajado en el periodo de aproximadamente un 25% inicial al 11%

actual, siendo esta tasa en la actualidad razonablemente similar a la tasa global de éxito del programa.

Esta evolución negativa del peso del área MTM en el programa FPU es consecuencia de que el reparto de contratos por áreas que realiza el ministerio se hace proporcionalmente a las solicitudes que se presentan en cada área, lo que concuerda con la similitud de las tasas de éxito comentada anteriormente. El modelo de reparto de los contratos por áreas ANEP hasta el año 2010 (en el año 2011 no hubo convocatoria) era diferente del actual y, al menos en el área MTM, se tenían en consideración otros factores aparte del número de solicitantes como se puede ver por los datos recogidos en la tabla aportada, donde en algunas anualidades la tasa de éxito en MTM llegó a ser un 50% superior a la tasa general, superando el 30%. Naturalmente, el bajo número de solicitudes presentadas en el área MTM durante el periodo en estudio, que tiene que ver con la crisis de vocaciones sufrida por las titulaciones universitarias de Matemáticas durante más de una década y con la expansión de la oferta profesional fuera del mundo académico para estos y estas tituladas, determina el declive del peso del área MTM en la convocatoria con el modelo actual de asignación de los contratos a áreas ANEP y alimenta un círculo vicioso muy perjudicial para el área MTM, necesitada en el momento actual, de forma imperiosa, de talento joven para un relevo generacional que está seriamente amenazado.

La distribución de los contratos FPU por comunidades autónomas es razonablemente proporcional a la población, con una prima a Madrid y, sobre todo, a Galicia, y una infrarrepresentación de comunidades autónomas más pequeñas y/o con menos tradición de facultades y centros de Matemáticas. Madrid, Andalucía y Cataluña consiguen un 54% de los contratos, pero también tienen casi el 50% de la población española (48%). Es de reseñar que, entre solo tres universidades, Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Valencia y Universidad Complutense de Madrid, obtienen casi un 30% de los contratos en el periodo.

Figura 4. Distribución de los contratos FPU por CC. AA. (2000/2018)



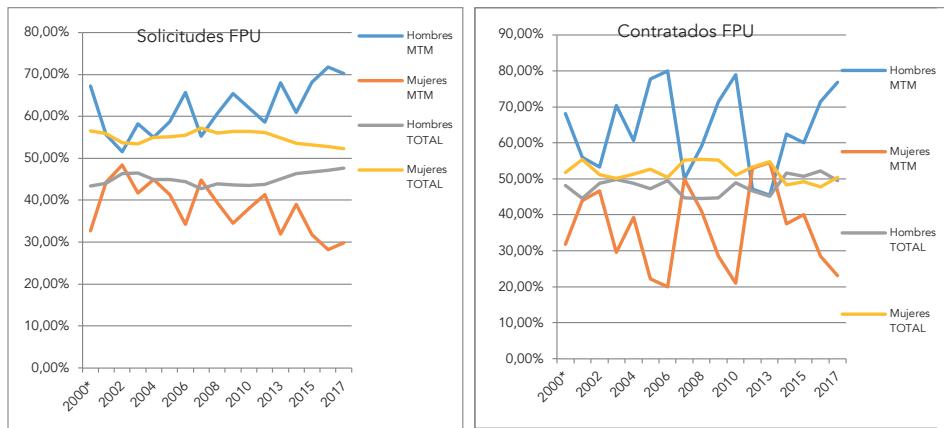
La tasa de personas extranjeras solicitantes en el global del periodo es del 7%, con grandes fluctuaciones por años, entre el 0% y el 20%. Las solicitudes de personas extranjeras crecieron los años más duros de la reciente crisis económica (2007/2012), donde se situaron por encima del 10% y llegaron a rozar el 20%, pero han vuelto a tasas previas a ella, con tendencia en los últimos años a disminuir su presencia, situándose ahora en torno al 5%. La mitad de las solicitudes de extranjeros y extranjeras son de la UE y el resto, fundamentalmente, de América Latina.

En cuanto a las personas beneficiarias, la tasa de extranjeras promedio del periodo es del 3,84%, con tendencia a disminuir en los últimos años, con los tres últimos en el 0%. En el global de las áreas, las tasas de personas extranjeras entre los y las solicitantes y las personas beneficiarias son más altas que en MTM, situándose en valores del 8,6% y el 6,2%, respectivamente. Así pues, la presencia de personas extranjeras en el programa FPU, área MTM, no pasa de ser testimonial. Sobre el origen geográfico de los y las seleccionadas nacionales, el ministerio informa que no se recogen datos.

La distribución por sexos, tanto de personas solicitantes como de beneficiarias, globalmente en todo el periodo, muestra una clara brecha de género, con un sesgo casi 2 a 1 a favor de los hombres: 65% frente a 35% en beneficiarios y beneficiarias y 63% frente a 37% en solicitantes. Esta distribución fluctúa anualmente de manera notable, siendo destacable que en las dos últimas anualidades

se observa que se ha agudizado el desequilibrio tanto en solicitantes como en personas beneficiarias, en este último caso después de un periodo corto de cierto equilibrio. Como dato complementario para la comparación, hay que señalar que en el global de las áreas dominan ligeramente las mujeres tanto en solicitantes como en beneficiarios y beneficiarias, aunque parece tenderse hacia el equilibrio en ambas series.

Figura 5. Solicitudes y contratos FPU por género (2000/2018)



A tenor de la información facilitada por el ministerio, el éxito de esta convocatoria en el área MTM es total, en el sentido de que no hay contratos que queden desiertos. Del mismo modo, se indica que no hay datos disponibles sobre abandono sobrevenido de estos contratos, estudio que, según informan, se pretende iniciar en los próximos años.

Las notas de las personas solicitantes y beneficiarias no se recogen en la base de datos de forma sistemática y, por lo tanto, no se pueden estudiar de forma completa. No obstante, podemos ver en las publicaciones oficiales de las resoluciones relativas a la convocatoria la nota exigida cada año para poder concursar (común para todas las áreas de cada una de las cinco grandes ramas del conocimiento) y la nota de corte resultante tras la primera fase. Esta última resulta todos los años muy exigente en MTM, como consecuencia del escaso número de contratos, situándose entre las más altas de todo el programa. Concretamente, en los cuatro últimos años se ha situado entre 8,51 (2015) y 8,76 (2016). En las dos últimas convocatorias analizadas, 2016 y 2017, MTM

ha tenido la segunda nota más alta de todas las áreas ANEP, solo por detrás de Filosofía y Filología.

De la información oficial sobre notas medias mínimas exigidas para la selección por áreas ANEP en la convocatoria 2017 publicada por el ministerio, se desprende que, de las 25 áreas, siete están por debajo de 8 puntos y solo cuatro por encima de 8,5 puntos, entre ellas, MTM. Destaca la diferencia de más de medio punto de MTM con respecto a INF, mientras que solo hay dos décimas respecto a FIS. Hay que hacer notar, que esta nota media mínima para la selección que publica el ministerio es una estimación que se anticipa a partir de lo ocurrido en convocatorias anteriores, para orientar a los y las solicitantes y que resulta fiable por ser muy estable de unas convocatorias a otras. Ciertamente, en el caso de Matemáticas se trata de una nota muy exigente que supera muy poco estudiantado, lo que unido al bajo número de personas egresadas en el periodo en estudio y a las crecientes expectativas profesionales en el mundo de la empresa para los titulados y tituladas en Matemáticas, alimenta el círculo vicioso que conduce a que MTM cuente con muy pocos contratos FPU, al repartirse entre las áreas proporcionalmente al número de solicitudes.

En resumen, desde la comunidad investigadora en matemáticas se debe luchar para revertir la evolución negativa de las cifras de contratos FPU en el área MTM, haciendo valer tanto el carácter estratégico del área en el momento actual, como el hecho diferencial de un área en la que tradicionalmente no se corresponden las necesidades reales del personal investigador que tiene el sistema con la demanda por parte de los y las solicitantes, hecho que venía corrigiéndose en la asignación de plazas hasta el año 2010 para dejar de hacerse con el nuevo modelo del año 2012. Un objetivo razonable puede ser tratar de acercar las cifras de contratos en el área MTM a las de áreas con una cierta afinidad científica como FIS o INF.

2.4. Programa de ayudas para la Formación de Doctores (FPI)

El programa de Ayudas para Formación de Doctores (FPI, siglas de la anterior denominación Formación del Personal Investigador) es un programa perteneciente actualmente a la Agencia Estatal de Investigación. Este programa, como el programa FPU, tiene ya una larga historia en España y, por su cuantía, constituye en la actualidad la vía más importante de financiación de la formación de investigadores e investigadoras. Los contratos FPI se otorgan

a personal investigador en formación para que realicen una tesis doctoral en el marco de un proyecto de investigación financiado en las convocatorias del Plan Nacional. También se otorgan contratos FPI a proyectos de investigación que se desarrolle en los Centros de Excelencia Severo Ochoa o en las Unidades de Excelencia María de Maeztu. El área de matemáticas ha contado en los últimos años con dos Centros de Excelencia Severo Ochoa (ICMAT y BCAM) y una Unidad de Excelencia María de Maeztu (BGSMath). Las ayudas para contratos FPI vinculadas a los proyectos de investigación, que es la parte más importante del total de ayudas, se han venido distribuyendo en las sucesivas convocatorias por áreas de gestión de proyectos de la anterior Subdirección General de Proyectos de Investigación (SGPI). En el caso de matemáticas, el área se llama MTM y coincide a grandes rasgos con la correspondiente área ANEP homónima.

Parte de los datos que se aportan y analizan en este informe han sido remitidos desde la Agencia Estatal de Investigación. Otros han sido aportados por los centros y unidades de excelencia en matemáticas o extraídos directamente de las correspondientes resoluciones oficiales. Los datos corresponden al periodo 2003/2017 y se refieren tanto a los contratos inicialmente asignados al área MTM a través de los proyectos de investigación seleccionados, como a los asignados a los centros con reconocimiento de Excelencia Severo Ochoa y María de Maeztu. También se tienen datos de los contratos efectivamente materializados, es decir, que consiguieron cubrirse tras la correspondiente convocatoria.

Como se puede ver en la tabla 2, el número de contratos FPI anuales asignados al área MTM ha experimentado un notable crecimiento a lo largo del periodo en estudio. Al inicio del periodo, el área MTM contaba con alrededor de 20 contratos, mientras que este número se sitúa por encima de 40 en las últimas convocatorias. El crecimiento se ha debido tanto al aumento de los contratos asignados a los proyectos financiados, como a la dotación de contratos FPI a los centros de excelencia incorporados en el último tramo de la serie.

En cuanto a los contratos FPI realmente materializados, en consonancia con el aumento de contratos inicialmente asignados a MTM que acabamos de mencionar, los datos disponibles muestran también un notable crecimiento de estos contratos, con un periodo inicial de estancamiento por debajo de 15

contratos, y una aceleración a partir de 2009, no sin notables altibajos, que ha llevado el número de contratos a valores entre 30 y 40 contratos anuales al final del periodo en estudio. El crecimiento comienza en el año 2009, año en el que hubo una mayor dotación de contratos FPI a los proyectos en el área MTM, y se ha ido acelerando con los sucesivos reconocimientos de Centros y Unidades de Excelencia en el área de matemáticas, que comenzaron con el del centro ICMAT (Severo Ochoa, 2011) y continuaron BCAM (Severo Ochoa, 2013) y con BGSMATH (María de Maeztu, 2014) y que aportan un número importante de contratos cada año.

Tabla 2. Evolución de los contratos FPI asignados al área MTM (2003/2017)

CONVOCATORIA	FPI MTM Proyectos	FPI MTM Centros de Excelencia			FPI MTM Total	FPI MTM reales	% Fracaso
		ICMAT	BCAM	BGSMATH			
2003	19				19	14	26,32%
2004	22				22	11	50%
2005	21				21	16	23,81%
2006	24				24	15	37,50%
2007	24				24	14	41,67%
2008	25				25	12	52%
2009	30				30	23	23,33%
2010	31				31	27	12,90%
2011	30				30	30	0%
2012	28	3			31	27	12,90%
2013	26	8			34	23	32,35%
2014	28	6	6		40	17	57,50%
2015	29	3	6	1	42	38	9,52%
2016	29	6	3	2	42	40	4,76%
2017	34	4	3	2	43	30	30,23%
Total	400	30	18	7	455	337	25,93%
Promedio	26,67				30,33	22,47	25,93%

Lo verdaderamente llamativo es el desfase entre las cifras de ambas series, la de contratos inicialmente asignados al área MTM y los contratos efectivamente materializados, que muestra con crudeza la importante pérdida anual de financiación y de recursos humanos en términos de jóvenes investigadores e investigadoras en formación que no llegan a incorporarse por las disfunciones

del sistema de convocatoria y asignación de los contratos a candidatos. Como comentaremos más adelante, este sistema falla estrepitosamente de manera particular en el área MTM, seguramente debido a una cierta escasez de candidaturas en el área MTM en relación con otras áreas. En efecto, los datos disponibles muestran que un buen número de contratos inicialmente dotados no consiguen materializarse y las tasas de fracaso (porcentaje de contratos no cubiertos) de esta convocatoria son verdaderamente alarmantes, con un promedio cercano al 26% en el periodo y llegando a superar el 50% en algunas convocatorias.

El número de solicitantes anual de los contratos FPI es muy variable, oscilando desde en torno a 50 hasta casi 200, con un promedio de 105 solicitantes por año en el periodo en estudio. Buena parte de la variabilidad es, sin duda, atribuible a la falta de regularidad en las fechas anuales en las que se realizan las convocatorias y a la falta de sincronización con otros procesos y convocatorias relacionados, como el propio inicio de los proyectos de investigación a los que se vinculan la mayoría de los contratos, la convocatoria de los contratos FPU, los inicios/finales de cursos académicos, etc.

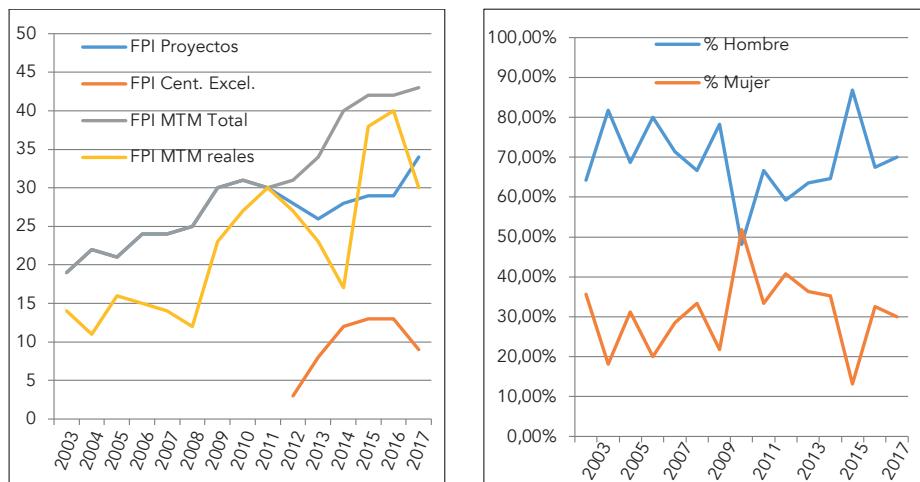
La tasa de éxito en la convocatoria, entendida como la razón entre los estudiantes que solicitan y los que consiguen los contratos, se sitúa en torno al 21,5% como promedio del periodo, si bien ha ido en aumento situándose por encima del 30% en los últimos años, como consecuencia tanto del aumento de los contratos como de la escasez de solicitantes. No se dispone de datos globales de todo el programa o de otras áreas que sirvan de elemento de comparación. La tasa de abandono calculada con los datos hasta 2014, es decir, considerando solo las convocatorias para las que los contratos ya estarían concluidos, a fecha de la recogida de datos, está en torno al 27%, que es una tasa muy elevada.

Tabla 3. Evolución de los contratos FPI (2003/2017)

CONVOCATORIA	FPI MTM	Solicitudes	% Éxito	% Mujeres	Abandonos	% Abandono
2003	14	93	15,05%	35,71%	7	50%
2004	11	71	15,49%	18,18%	8	72,73%
2005	16	83	19,28%	31,25%	3	18,75%
2006	15	56	26,79%	20%	2	13,33%
2007	14	55	25,45%	28,57%	7	50%
2008	12	47	25,53%	33,33%	3	25%
2009	23	136	16,91%	21,74%	7	30,43%
2010	27	132	20,45%	51,85%	3	11,11%
2011	30	175	17,14%	33,33%	3	10%
2012	27	199	13,57%	40,74%	8	29,63%
2013	23	93	24,73%	36,36%	6	26,09%
2014	17	60	28,33%	35,29%	4	23,53%
2015	38	152	25%	13,16%	3	7,89%
2016	40	132	30,30%	32,50%	0	0%
2017	30	84	35,71%	30%	0	0%
Total	337	1568	21,49%	30,95%	64	18,99%
Promedio	22,47	104,53	21,49%	30,95%	4,27	18,99

La distribución de los contratos por sexos se inclina 7 a 3 hacia los hombres, tanto en solicitantes como en beneficiarios y beneficiarias, mostrando una brecha de género aún más clara que en el caso de los contratos FPU.

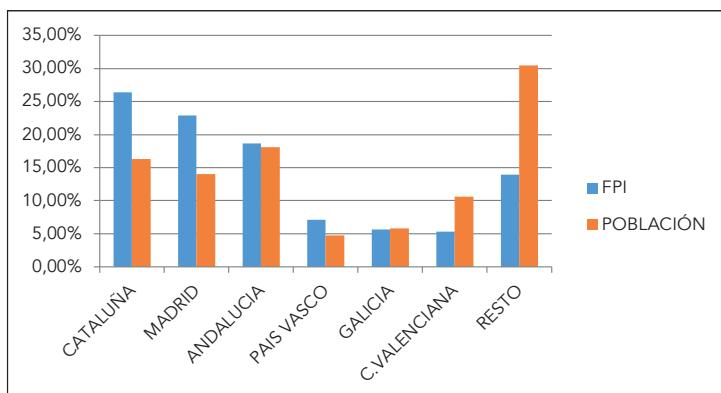
Figura 6. Evolución de los contratos FPI (2003/2018) y distribución por género



La tasa de personas extranjeras en el programa en MTM ronda el 20%, porcentaje que ha permanecido razonablemente estable en el periodo en estudio. El 50% de este personal investigador procede de América Latina, el 36%, de países de la Unión Europea y apenas un 14% tiene otras procedencias.

La distribución por CC. AA. está influenciada por el efecto de los centros de excelencia (Severo Ochoa y María de Maeztu), con una sobrerepresentación de Cataluña, Madrid y País Vasco y una infrarrepresentación de las comunidades autónomas que no tienen centros de excelencia o con menos tradición y potencia en MTM.

Figura 7. Porcentaje becas FPI/porcentaje población CC. AA.



Dejando al margen, por su carácter singular, las dotaciones de contratos FPI a centros y unidades de excelencia, la comparación del área MTM con otras áreas próximas desde el punto de vista científico, como física e informática, observamos que MTM está en niveles similares de dotación que informática (considerando conjuntamente el área de Tecnologías Informáticas-TIN y el área de Tecnologías para la Sociedad de la Información-TSI) y que física (considerando el área de Física-FIS e investigación Espacial-ESP y no incluyendo el área de Astronomía y Astrofísica-AYA). En las tres áreas el número de contratos está en torno a 30 en los últimos años. Concretamente, en 2017, MTM tuvo 34 contratos, TIN+TSI 33 y FIS+ESP 32. Por otra parte, estos números de contratos anuales para proyectos MTM representan más del 3% del total de la convocatoria. Concretamente, el 3,7% en 2017, sobre un total de 901 contratos. Así pues, en esta convocatoria, la situación del área MTM es objetivamente mejor que en la convocatoria FPU, en la que MTM apenas representa un 1,6% y está muy por debajo de otras áreas próximas científicamente.

Lo verdaderamente preocupante es que una parte importante de esta ventaja inicial del área MTM en la convocatoria FPI respecto a la FPU desaparece luego por la incapacidad de cubrir una parte importante de los contratos disponibles en MTM y por los abandonos posteriores que se registran.

Según información recibida de la Subdirección General de Recursos Humanos en el año 2016, la circunstancia de que un proyecto acabe quedando vacante puede ser considerada como *residual* en el global de la convocatoria. Por ejemplo, en la convocatoria 2015 (proyectos de la convocatoria 2014), se convocaron un total de 1.014 ayudas, de las cuales en la primera resolución se adjudicaron 938 y en el proceso de repesca se adjudicaron otras 52. En total, 990 contratos concedidos, que representaban el 97,6% de las ayudas convocadas, quedando vacantes solo 24 ayudas (algunas de ellas, además, de proyectos con más de una ayuda y, por tanto, más difíciles de cubrir). Así pues, poco más del 2% de proyectos se quedaron vacantes en el global de la convocatoria. Buena parte de esa cantidad *residual* de contratos desiertos se concentran en el área MTM, asunto que debe mover a la reflexión a la comunidad de investigadores en matemáticas y a la propia Subdirección General de Recursos Humanos para buscar fórmulas que resuelvan este desajuste, porque el área MTM necesita este capital humano de jóvenes investigadores e investigadoras que se pierde cada año.

Como una cuestión cualitativa, no solo cuantitativa, la información recabada sobre las circunstancias de los distintos proyectos MTM afectados por la pérdida de contratos predoctorales por falta de candidaturas, muestra que el fracaso en cubrir estos contratos afecta de manera transversal al área MTM, en el sentido de que los proyectos que acababan perdiendo su contrato pueden ser tanto de grupos muy potentes como de otros más modestos en número de personal investigador, de grupos pertenecientes a grandes universidades como de otras universidades más pequeñas, etc.

2.5. Financiación de los doctorandos en Matemáticas-Estadística

El estudio sobre la financiación de los doctorandos actuales en Matemáticas y Estadística que presentamos se basa en datos recabados a través de la red de delegados y delegadas de la RSME en las distintas universidades españolas. En el mes de noviembre de 2018, la real sociedad inició el proceso de recogida de información sobre los programas de doctorado del ámbito de matemáticas y estadística existentes en las universidades españolas, al objeto de estimar el número de estudiantes, su distribución por sexos y, sobre todo, las fuentes de financiación con las que cuentan. Para facilitar la estandarización de las respuestas, se diseñó previamente un cuestionario al efecto. Las respuestas se han recogido entre noviembre de 2018 y marzo de 2019, habiéndose recibido información de 33 programas de doctorado, pertenecientes a 27 universidades públicas diferentes.

Según datos oficiales del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades ofrecidos en abierto en su sitio web, en la actualidad existen en España 30 universidades que imparten programas de doctorado con códigos ISCED 0541-Matemáticas, 0542-Estadística o 0549-Matemáticas y Estadística (otros estudios), por lo que el nivel de respuesta al cuestionario ha sido muy importante y la mínima falta de respuesta corresponde a universidades con escaso peso en el área de matemáticas. Por otra parte, las fuentes utilizadas por los delegados y delegadas de la RSME se consideran completamente solventes y fiables.

Hay que añadir a lo anterior que el listado de programas de los que han enviado información las delegaciones de la RSME se ha cruzado también con en el listado extraído de la web del Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUPT), según la cual hay 28 programas de doctorado en vigor en este momento en España que contienen en su título alguno de los términos ‘Matemática/s’, ‘Estadística’ o

‘*Data Science*’, excluyendo los enfocados a la didáctica de estas ciencias. Nótese que la única clasificación científica de los títulos que ofrece este Registro es la de su adscripción a una de las cinco grandes ramas del conocimiento, sin dar más detalles como los códigos ISCED asociados.

Es de señalar también que el momento actual está marcado por la dificultad de muchas universidades para poder poner en marcha programas de doctorado genuinos de matemáticas/estadística a causa de la escasez de estudiantes. Por esta razón, es una práctica frecuente agrupar áreas científicas diversas bajo el mismo programa de doctorado para poder tener un número mínimo de alumnado que permita su viabilidad administrativa. De este modo, la clasificación de los programas a través de los códigos ISCED es una tarea complicada ya que, en muchos casos, conviven bajo el mismo nombre varios “subprogramas” que corresponden a códigos ISCED muy diversos. Otra razón que complica esta clasificación es la creciente interdisciplinariedad de muchas líneas de investigación de las matemáticas y la estadística en campos aplicados o fronterizos con otras ciencias. Por todas las razones anteriores, es de valorar la adecuación de la metodología de recogida de datos *ad hoc* para este estudio.

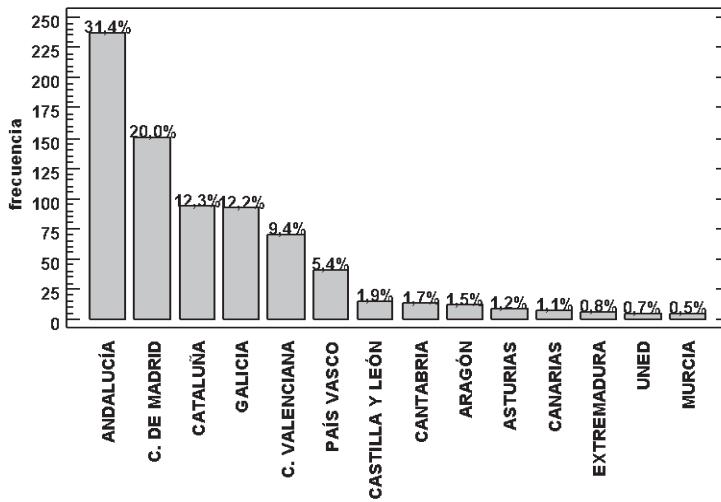
Los datos recogidos de los 33 programas de doctorado de 27 universidades agrupan a un total de 755 estudiantes matriculados y matriculadas, mostrando una fuerte asimetría en la distribución por sexos, similar a la que aparece en otros pasajes de este estudio, con un 70,46% de hombres (532) y un 29,54% de mujeres (223). Estos datos, en cuanto al total de estudiantes, son razonablemente consistentes con los datos oficiales del ministerio que se muestran en el apartado dedicado a los títulos de doctorado. Hay que tener en cuenta que estos datos oficiales de estudiantado matriculado en programas de doctorado de universidades españolas, aunque otorgan cifras más altas de doctorandos, están afectados por sesgos ya comentados derivados de las dificultades para clasificar numerosos programas de doctorado.

En la distribución de los estudiantes por comunidades autónomas, llama la atención el elevado peso de Andalucía y de Galicia, muy por encima de su peso en la distribución de la población española, así como el bajo peso de Cataluña en relación con su población y a su importancia en el panorama de las matemáticas españolas. En la figura 8 (izquierda) se muestra la distribución por CC. AA. de los doctorandos estudiados. A la derecha se muestran datos sobre el total de doctorandos reconocidos por el ministerio en Programas con códigos ISCED 0541-Matemáticas, 0542-Estadística o 0549-Matemáticas y Estadística (otros estudios) en el curso 2017-18, que es el último curso disponible y que es solo

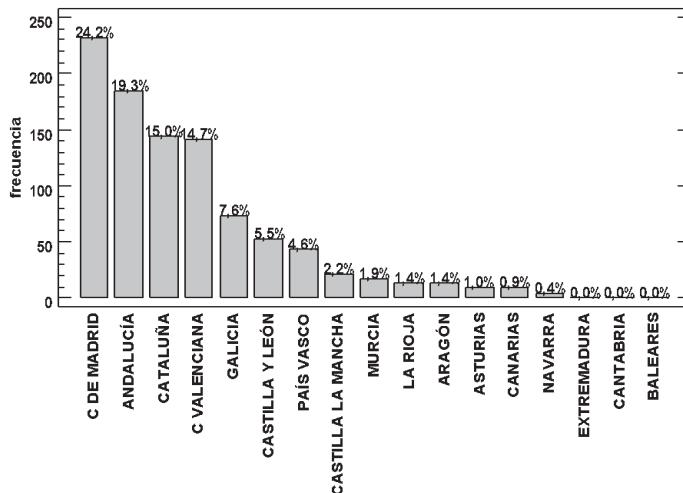
un año anterior al que se ha utilizado por la RSME para la recogida de datos. El total de estudiantes “oficiales” es 960, frente a los 755 estimados en este estudio a partir de los cuestionarios de la RSME. El número total y la distribución por CC.AA. muestran una cierta discrepancia motivada por la dificultad para clasificar los Programas de Doctorado en Códigos ISCED.

Figura 8. Distribución de los doctorandos estudiados por CC. AA.

DISTRIBUCION DE DOCTORANDOS POR CC AA. CURSO 2018-19



Doctorandos Matemáticas y Estadística 2017-18 (Fuente MEyFP)



Fuente: RSME (arriba) y MEyFP (abajo).

En cuanto al origen de la financiación, que era el principal interés de la encuesta realizada, los datos recogidos muestran que aproximadamente un 45% de las y los estudiantes de doctorado se financian a través de los diversos programas públicos existentes para este fin: Un 12,58%, con contratos predoctorales de formación de profesorado universitario (FPU) del actual Ministerio de Educación y Formación Profesional; un 16,89%, con las ayudas para la contratación de personal investigador en formación (FPI) de la Agencia Estatal de Investigación; y un 15,76%, con contratos predoctorales autonómicos o de las propias universidades. De estos últimos poco podemos añadir, ya que no han entrado en el estudio sistematizado de este trabajo, aunque es importante señalar que existe una descoordinación importante entre convocatorias paralelas o similares de diferentes CC. AA. y distintas administraciones. Un 7,81% de los y las doctorandas están contratados en el departamento en el que realizan la tesis doctoral. Dado el perfil de financiación de las universidades y grupos de investigación en España, muy probablemente, esos contratos sean en el marco de algún proyecto de investigación liderado por el grupo que acoge al doctorando o con cargo a fondos obtenidos a través de contratos de transferencia, consultorías y asesoramientos a instituciones públicas y privadas. Es de señalar que solo un 5,3% de los doctorandos cuentan con financiación privada, mientras que en torno a un 14% tienen otras fuentes de financiación, en algunos casos fuentes extranjeras para realizar tesis en cotutela. Finalmente, un importante 27,81% del alumnado no cuentan con financiación específica que les ayude a sufragar los gastos del doctorado. Dadas las fechas en las que se lanzó el proceso de recogida de datos, es de suponer que buena parte de este estudiantado sin financiación son de primer curso y están en realidad a la espera de alguna convocatoria de ayudas públicas o privadas (o de su resolución) que, en muchos casos, se caracterizan por la falta de sincronía con los ritmos de los cursos académicos. Es importante señalar que no se observan diferencias reseñables en la distribución de las fuentes de financiación por sexos, siendo la diferencia más notable la de los contratos en el departamento, que tienen un peso más importante en las mujeres.

Tabla 4. Distribución de los doctorandos por fuente de financiación y género, curso 2018/2019

Tipo de financiación	Doctorandos	Hombres	Mujeres	% General	% Hombres	% Mujeres
Beca FPU	95	66	29	12,58	12,41	13
Beca FPI	126	94	32	16,69	17,67	14,35
Beca Universidad	58	44	14	7,68	8,27	6,28
Beca regional/autonómica	61	39	22	8,08	7,33	9,87
Beca de entidad privada	40	31	9	5,30	5,83	4,04
Contrato departamento	59	34	25	7,81	6,39	11,21
Sin financiación	210	151	59	27,81	28,38	26,46
Otras fuentes	106	73	33	14,04	13,72	14,80
Total matriculados	755	532	223	100	100	100

Fuente: RSME.

Como conclusiones más importantes del estudio, cabe decir que las becas predoctorales públicas (en el momento actual contratos) para la formación del personal investigador son la principal fuente de financiación de los programas de doctorado de Matemáticas analizados en esta muestra (contratos FPU y FPI, tanto de convocatorias nacionales como regionales o de las propias universidades). La financiación de doctorandos a través de contratos con cargo a departamentos universitarios es en este momento muy baja y supone apenas un 7,81% de las y los matriculados. La financiación privada es muy escasa, suponiendo apenas un 5% de los doctorandos, lo que pone de manifiesto la necesidad de que los grupos de investigación trabajen para identificar fuentes de financiación externas y estables que les permitan contar con ingresos suficientes y de carácter regular para la financiación de la realización de las tesis doctorales del amplio grupo de doctorandos que aparecen sin financiación en el estudio.

2.6. Financiación privada predoctoral en matemáticas-estadística. El programa de la Obra Social “la Caixa”

La financiación de la investigación en España a cargo de entidades privadas no cuenta con muchas aportaciones. El programa de becas de “la Caixa” es el más importante de los que promueven este tipo de entidades, tanto por el número de becas convocadas como por el rigor en el proceso de selección, la variedad de las disciplinas y la dotación económica de las becas. Desde el año 1982, la

Obra Social “la Caixa” convoca anualmente un programa de becas dirigido a estudiantes que quieran ampliar su formación realizando estudios de posgrado. Tiene tres líneas de financiación:

- Becas de posgrado en el extranjero, incluyendo Europa, América del Norte y la zona de Asia-Pacífico. Estas becas están destinadas a financiar estudios de máster e investigación predoctoral.
- Becas de doctorado en España y Portugal: Doctorado INPhINIT.
 - Incoming: becas de doctorado para personal investigador que quiera llevar a cabo su proyecto de doctorado en centros de investigación acreditados con el sello de excelencia español Severo Ochoa o María de Maeztu o en el Instituto de Salud Carlos III y unidades portuguesas acreditadas como “excelentes” o “excepcionales”, según la evaluación de la Fundação de Ciência e Tecnologia.
 - Retaining: becas de doctorado para personal investigador que quiera llevar a cabo su proyecto de doctorado en cualquier ámbito de investigación y cualquier universidad o centro de investigación en España o Portugal.

De acuerdo con la información remitida por la Fundación La Caixa, en el área de matemáticas se presentaron en el periodo 2013/2018 un total de 334 solicitudes entre todos los programas, de las que 311 corresponden a los programas predoctorales objeto de esta sección. Del total de las 334 solicitudes presentadas en el periodo, casi un 53% de las solicitudes fueron presentadas para realizar estudios de posgrado, un 40% para estudios de doctorado en centros españoles o portugueses y apenas un 6,89% para contratos posdoctorales. Esta desigual distribución por tipo de beca se debe fundamentalmente a que el programa posdoctoral es muy reciente, ya que estas ayudas posdoctorales comenzaron a convocarse en el año 2017.

Centrándonos en las ayudas predoctorales, como se muestra en la tabla 5, el total de solicitudes presentadas en el periodo fueron 311, de las que casi un 57% corresponden a posgrado y el restante 43%, a doctorado. El número de solicitudes se ha incrementado sensiblemente desde la convocatoria 2017 al incorporarse el programa específico para los centros de excelencia. En las dos últimas convocatorias, el total de solicitudes se acerca a las 70 anuales.

Tabla 5. Evolución de las ayudas predoctorales solicitadas a la Caixa y concedidas, por tipo de programa

Ayudas solicitadas	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	%
Postgraduate studies in European universities								
Ayudas solicitadas	23	15	28	27	18	24	135	43,41%
Ayudas concedidas	4	3	4	4	3	2	20	46,51%
Postgraduate studies in N. America and Asia-Pacific								
Ayudas solicitadas	8	6	7	3	10	8	42	13,50%
Ayudas concedidas	3	3	1		1	2	10	23,26%
Total Ayudas Postgrado								
Ayudas solicitadas	31	21	35	30	28	32	177	56,91%
Ayudas concedidas	7	6	5	4	4	4	30	69,77%
INPhINIT_Incoming: Doctorate in Spanish Research Centers of Excellence								
Ayudas solicitadas					21	18	39	12,54%
Ayudas concedidas					3	5	8	18,60%
INPhINIT_Retaining: Doctorate at Spanish universities and research centers								
Ayudas solicitadas	20	13	22	3	18	19	95	30,55%
Ayudas concedidas	2		1		2		5	11,63%
Total Ayudas Doctorado								
Ayudas solicitadas	20	13	22	3	39	37	134	43,09%
Ayudas concedidas	2		1		5	5	13	30,23%
Total general								
Ayudas solicitadas	51	34	57	33	67	69	311	100%
Ayudas concedidas	9	6	6	4	9	9	43	100%
Tasa de éxito	17,65%	17,65%	10,53%	12,12%	13,43%	13,04%	14,47%	

Del total de las 43 ayudas predoctorales concedidas en el área de matemáticas en el periodo, casi un 70% fueron destinadas a financiar *Ayudas de postgrado*, un 30%, a *Ayudas para la realización del doctorado* en centros españoles o portugueses. Esta desigual distribución de becas conseguidas en los dos niveles en estudio en este apartado se debe en parte al número de becas que se convocan en cada programa, así como al hecho de que parte del programa de ayudas doctorales, el correspondiente a los centros de excelencia, comenzó en 2017. Así, en la última convocatoria de *Ayudas para Estudios de Postgrado*, la Fundación la Caixa convocó 75 becas para cursar estudios de posgrado durante el curso

2019/2020, de las que 4 recayeron en Matemáticas y 65 becas de doctorado, de las que 5 recayeron en Matemáticas.

La tasa de éxito promedio en el global del periodo y en el conjunto de las convocatorias se sitúa en el 14,47%, con oscilaciones anuales del 10% al 17%.

La tónica general en cuanto a la distribución por géneros mantiene un patrón similar al de otros programas de financiación pública: del total de solicitudes presentadas, un 75,45% fueron hombres, frente a un 24,25% de solicitantes femeninas. En cuanto a las becas concedidas, un 71,11% fueron otorgadas a hombres y un 28,89%, a mujeres.

2.7. Tesis doctorales en Matemáticas-Estadística

El estudio realizado sobre las tesis doctorales en Matemáticas y Estadística en este informe se nutre de datos oficiales ofrecidos en abierto por dos organismos estatales: el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el actual Ministerio de Educación y Formación Profesional. El INE fue el organismo encargado de recoger y organizar estos datos hasta el curso 2010/2011, cuando tomó el relevo el Ministerio de Educación, que comenzó realmente a recoger y organizar estos datos desde el año 2008. Así pues, hay varios años en los que se solapan las dos fuentes estadísticas. Desgraciadamente, el cambio de organismo encargado de la estadística supuso también un cambio de metodología en cuanto a las fuentes y criterios de recogida de los datos, por lo que podemos hablar de dos series de datos muy diferentes y, como veremos, difícilmente conciliables.

En efecto, el INE confeccionaba esta estadística de tesis doctorales con los datos obtenidos mediante cuestionario remitido a las universidades cada curso académico, dentro de un programa de recogida de datos llamado Estadística de la Enseñanza Universitaria, Titulaciones oficiales de Tercer Ciclo, por el que se recababan, entre otros, los datos de “Tesis doctorales leídas”. Los datos se ofrecen en el sitio web del INE aportado en las referencias. El relevo en la elaboración de esta estadística en 2008 por el Ministerio de Educación y Formación Profesional supuso un cambio radical de metodología, al pasar a extraer la información de la Base de Datos de Tesis Doctorales TESEO, que recoge información de las tesis que se leen en las universidades españolas (“Tesis Doctorales Aprobadas”). Las tesis doctorales se clasifican por “Ámbito de estudio” según la clasificación internacional de educación (ISCED). Como en

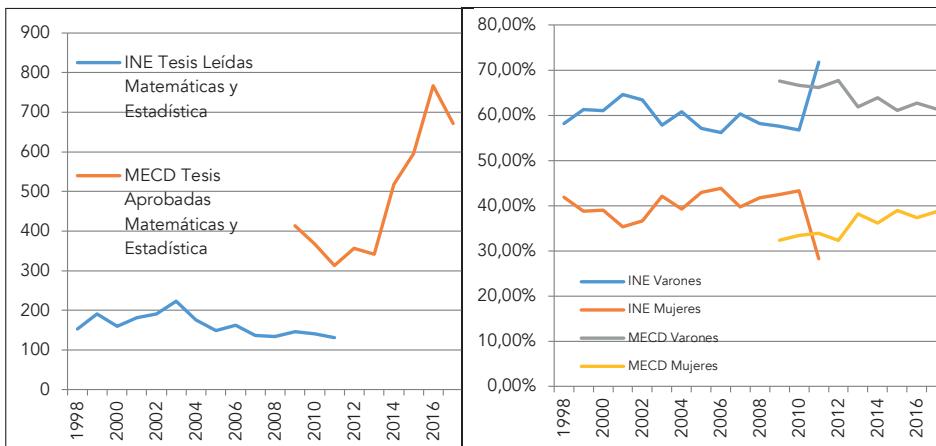
otras partes de este informe, se han considerado los códigos 0541-Matemáticas, 0542-Estadística y 0549-Matemáticas y Estadística (otros estudios). Como una tesis puede tener asociados distintos ámbitos de estudio, el ministerio informa de que cada tesis se ha relacionado con el ámbito principal. En realidad, ofrece datos de tesis doctorales desde el año 2008, si bien ese año las tesis se clasifican por la licenciatura de origen de los y las doctorandas y son poco homologables a los de los siguientes años, por lo que no se han incluido en el estudio. Los datos se ofrecen en el sitio web del ministerio, aportado en las referencias.

Como se puede ver en la tabla y los gráficos que se aportan, llama mucho la atención la disparidad de los datos según las dos fuentes, lo que se hace especialmente patente en el corto periodo en el que se solapan las informaciones ofrecidas por ambas. Ante la imposibilidad de obtener una explicación a estas discrepancias desde los organismos correspondientes, nos inclinamos por imaginar una realidad diferente de la que reflejan ambas fuentes y seguramente situada entre ambas. Da la sensación de que el sistema de recogida de datos de la época INE podría haber estado dejando fuera del recuento una parte importante de las tesis por una respuesta incompleta de las universidades, ya que un número anual de tesis doctorales en Matemáticas y Estadística, en torno a 150, en buena parte del periodo, parece poco creíble por insuficiente. Por otra parte, el sistema de recogida de datos actual del ministerio a través de TESEO puede estar imputando a matemáticas/estadística un número importante de tesis que no se corresponden realmente a ese perfil, ya que, a todas luces, el panorama que dibujan, con un número de tesis doctorales en torno a 700 en los últimos años, no parece creíble por excesivo, pues no concuerda ni siquiera con los números de matrícula de los Programas de Doctorado con los códigos ISCED de Matemáticas y Estadística. No obstante, hay que tener en cuenta que el periodo 2013/2017 está afectado por el efecto del ultimátum establecido para defender las tesis doctorales procedentes de programas en extinción tras la entrada en vigor del Real Decreto sobre estos estudios en 2011. Esta discrepancia entre las fuentes de datos es verdaderamente lamentable, ya que se trata de datos “oficiales” ofrecidos en abierto por la propia Administración General del Estado y al objeto de que sirvan de base no solo para el análisis, la investigación y la reflexión, sino también para la toma de decisiones en política educativa, política científica, etc. Por terciar en esta discrepancia, queremos aportar también datos de una estadística que elabora anualmente la Real Sociedad de Matemáticas y que se publica en la Gaceta de la RSME desde el año 2011 (datos entre los años 2000 y 2017) con datos recogidos a través de

los delegados de la RSME en las distintas universidades y algunos responsables de programas de doctorado. Este recuento incluye también tesis de Didáctica de la Matemática recopiladas a través de la información recogida por la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática. En los años para los que existe información de esta fuente, el número de tesis doctorales ha ido creciendo desde 144 (año 2010) hasta 230 (año 2016), para disminuir a 200 en 2017. Las universidades que aportan datos para el estudio han ido creciendo desde 34 en 2010, hasta 41 en los dos últimos años. Así pues, estos números se sitúan a caballo entre las dos fuentes oficiales en los dos años, 2010 y 2011, en los que contamos con las tres fuentes. A partir de ahí, los datos se alejan mucho de las fuentes oficiales del ministerio.

Lo que sí que puede analizarse, suponiendo que el sesgo de los datos sea propio de la metodología y razonablemente común a toda la serie de datos, es la tendencia que muestran los mismos, con un cierto estancamiento hasta el año 2003, momento en que comienza un declive paulatino que coincide con la crisis de vocaciones en el ámbito de las matemáticas, que se traslada en ese momento desde los estudios de licenciatura a los de doctorado. Este declive se muestra en las dos series hasta 2013, para comenzar un despegue importante en 2014. Este despegue no es aún achacable a la revitalización de la afluencia de estudiantes a las titulaciones universitarias de grado y máster en Matemáticas o Estadística, ya que esta comienza a tener cierta entidad en el curso 2014/2015 en cuanto al número de personas egresadas, con lo que su efecto en el doctorado está aún por llegar dado el desfase de 4-5 años entre la finalización de ambas etapas formativas. Así pues, aparte del sesgo al alza que parecen tener estructuralmente los datos, los elevados números del periodo 2014/2017 solo pueden explicarse a partir del aluvión de tesis doctorales que produjo el ultimátum que se dio a los estudiantes con tesis iniciadas en programas de doctorado en extinción al entrar en vigor la actual legislación (Real Decreto 99/2011) que rige los estudios de doctorado. El dato de 2017, algo más bajo, parece concordar con el final de dicho periodo y habrá que esperar a los datos de 2018 para valorar la situación real del momento actual con datos de tesis procedentes exclusivamente de los programas adaptados a la normativa actual.

Figura 9. Tesis doctorales en Matemáticas/Estadística y distribución por género



Si cruzamos los datos de estudiantes de doctorado con los de tesis leídas en la etapa donde la fuente es el INE, observamos valores entre el 16% y el 26% para la ratio de tesis leídas por año sobre alumnado matriculado ese mismo año, con una cierta tendencia creciente. Esta ratio no tiene interés en el periodo en el que la fuente es el ministerio, ya que unos años faltan los datos del estudiantado matriculado y otros están afectados por el aluvión de tesis de programas a extinguir. Así pues, habrá que esperar algunos cursos para poder valorar la tasa de éxito de estas enseñanzas en matemáticas y estadística. También se puede observar en los datos disponibles de ambas fuentes un importante desequilibrio de género, con en torno a un 60% de hombres y un 40% de mujeres, desequilibrio que se ve ligeramente agudizado en los últimos años.

Como conclusión, cabe señalar el despegue en los últimos años del número de tesis doctorales, duplicándose prácticamente los números desde el año 2013 a la actualidad, si bien los números absolutos pueden estar incluyendo un porcentaje de tesis doctorales, importante pero indeterminado, mal clasificadas en los códigos ISCED de Matemáticas y Estadística. También cabe señalar el desequilibrio de género de los nuevos doctores y doctoras, a favor de los hombres.

3. ETAPA POSDOCTORAL

La etapa posdoctoral del personal investigador más joven podemos dividirla en dos o incluso tres fases. La primera comprende los dos o tres años desde la lectura de la tesis y es quizás la etapa donde se observan mayor escasez de

convocatorias. Es realmente una debilidad de nuestro sistema pues contribuye enormemente a la pérdida de talento. Las convocatorias que hemos analizado de esta primera etapa son: Programa Juan de la Cierva-Formación, Programas Severo Ochoa y María de Maeztu y convocatorias a través de las ayudas ERC obtenidas por investigadores e investigadoras españolas.

En la segunda etapa incluimos las anteriormente mencionadas, excepto el programa Juan de la Cierva-Formación, que es sustituido por Juan de la Cierva-Incorporación.

Finalmente, en la tercera etapa hemos analizado en profundidad el programa Ramón y Cajal.

Como ocurre en el ámbito predoctoral, la financiación de la investigación en España a cargo de entidades privadas también es escasa en el posdoctoral, siendo una excepción el programa de la Obra Social "la Caixa", que es el más importante de los que promueven este tipo de entidades, tanto en el número de becas convocadas como por el rigor en el proceso de selección, la variedad de disciplinas y la dotación económica de cada beca. Se trata de un programa reciente, iniciado en 2018, denominado Posdoctorado Junior Leader y por eso no aparece en este estudio. Sí nos interesa señalar que en ambos subprogramas se ha concurrido desde el área de matemáticas y se ha conseguido obtener algún contrato posdoctoral, lo cual es indicativo de que el área de matemáticas interesa desde el punto de vista científico a La Caixa.

3.1. Programa Juan de la Cierva

En 2004 (BOE de 17 de febrero) se establecieron las bases de concesión de ayudas del Programa Juan de la Cierva, en el marco del Programa Nacional de Potenciación de Recursos Humanos del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004/2007.

Desde el año 2004 al 2014, las ayudas Juan de la Cierva fueron de tres años de duración, y tenían como objetivo principal responder a un mejor diseño de la carrera científica y potenciar la competencia y selección de las mejores candidaturas. A partir del 2014, se transformaron en dos nuevas actuaciones consecutivas de dos años de duración cada una de ellas y dirigidas a jóvenes con el doctorado: las ayudas para contratos Juan de la Cierva-formación que ya se convocaron en 2013, bajo la denominación ayudas para contratos para

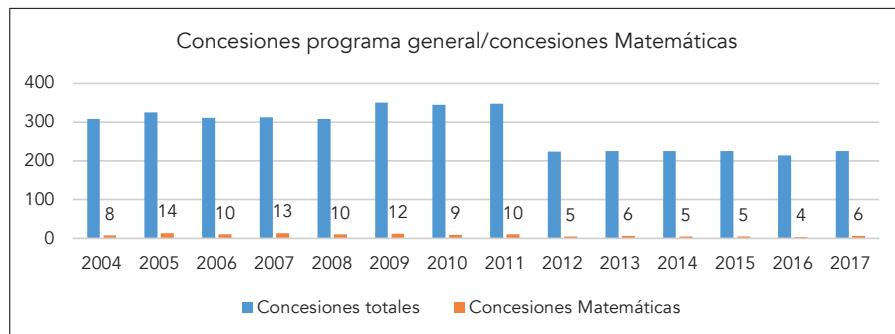
la Formación Posdoctoral, y las ayudas para contratos Juan de la Cierva-incorporación que se convocan por primera vez en 2014.

a) Programa Juan de la Cierva-Formación

En particular, y tal y como figura en la página web del ministerio¹, las ayudas Juan de la Cierva-formación tienen como objetivo fomentar la contratación laboral de jóvenes doctores y doctoras por un periodo de dos años con objeto de que los mismos completen su formación investigadora posdoctoral en centros de I+D españoles distintos a aquellos en los que realizaron su formación predoctoral. Los candidatos, salvo excepciones, deben cumplir el requisito de ser doctor o doctora con una antigüedad máxima de 2 años.

En la figura 10 se puede observar la relación entre las solicitudes y concesiones comparando lo ocurrido en el total de las áreas y en matemáticas en este programa desde el año 2004 hasta el año 2017:

Figura 10. Relación concesiones totales-concesiones en matemáticas



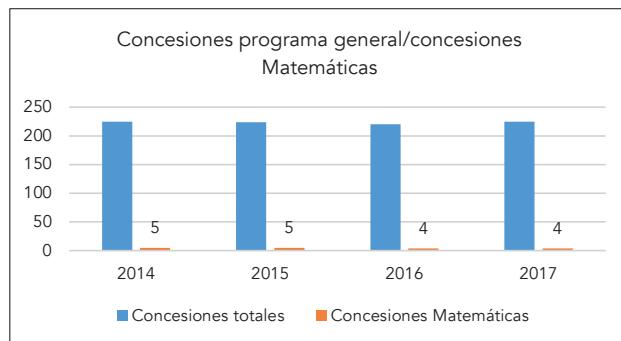
b) Programa Juan de la Cierva-Incorporación

Las ayudas Juan de la Cierva-incorporación tienen como objetivo fomentar la contratación laboral, por parte de organismos de investigación o centros de I+D españoles, de jóvenes doctores y doctoras por un periodo de dos años con objeto de que los mismos afiancen las capacidades adquiridas durante una primera etapa de formación posdoctoral.

¹ <https://bit.ly/2YBJCIU>

En la figura 11 se puede observar la relación entre las solicitudes y concesiones comparando lo ocurrido en el total de las áreas y en matemáticas en este programa desde el año 2014 hasta el año 2017:

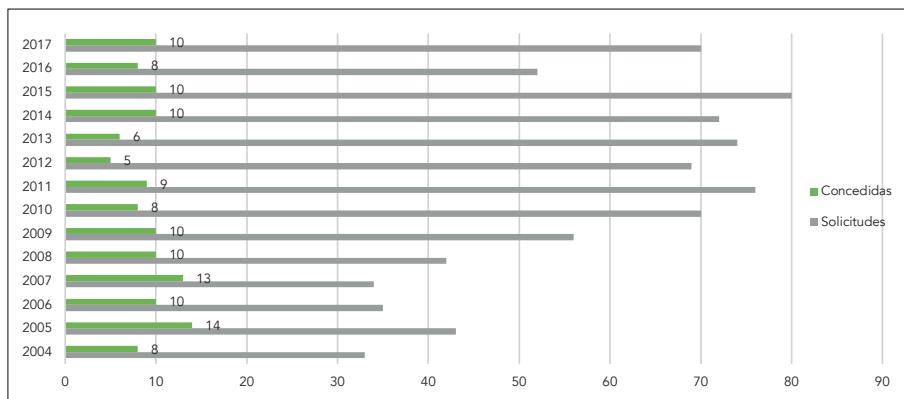
Figura 11. Concesiones Juan de la Cierva Incorporación



En ambos casos, tanto en el programa Juan de la Cierva Formación como Incorporación, las solicitudes de participación las presentan los centros de I+D incluyendo en ellas al personal investigador candidato para su incorporación a los equipos de investigación. La selección se fundamenta en un proceso de concurrencia competitiva de los y las candidatas en base a sus méritos curriculares y en el historial científico-técnico del equipo de investigación en el que se quiere integrar.

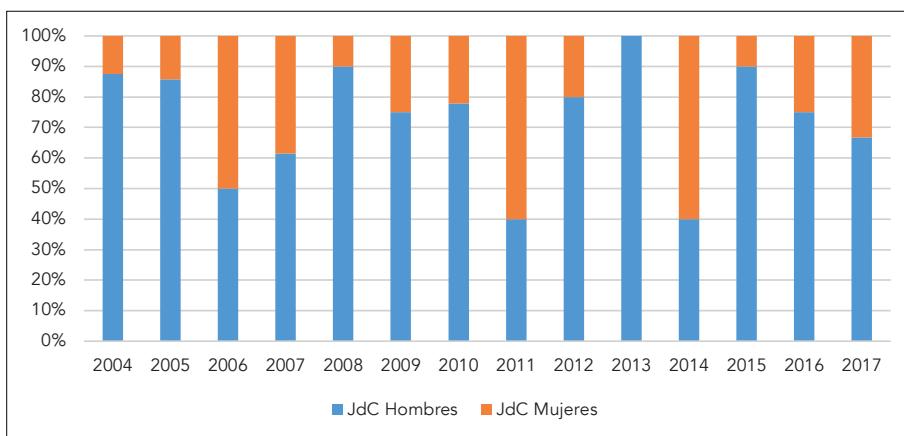
En la figura 12, presentamos el número de solicitudes recibidas cada año (sin distinguir las dos modalidades del programa en los últimos años), así como el número de contratos recibidos.

Figura 12. Solicitudes y concesiones JdC en matemáticas



La distribución entre hombres y mujeres entre las plazas concedidas puede observarse en la figura 13:

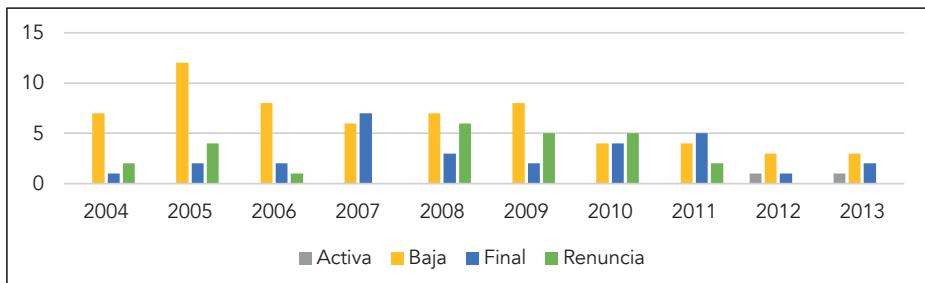
Figura 13. Distribución de contratos JdC por género



Resulta interesante señalar que, en esta primera etapa de Juan de la Cierva, en cuanto al género, en el programa general, un 46,14% de las concesiones son para mujeres, mientras que cuando observamos lo que ocurre en el área de las matemáticas, este porcentaje baja drásticamente al 28,2%. En la segunda etapa del programa Juan de la Cierva se observa que mientras que el 47,31% de las solicitudes del programa en su conjunto son mujeres, en el caso de las matemáticas, aunque baja, la caída es algo menor que en la primera etapa: un 33,33% del total de las concedidas son mujeres.

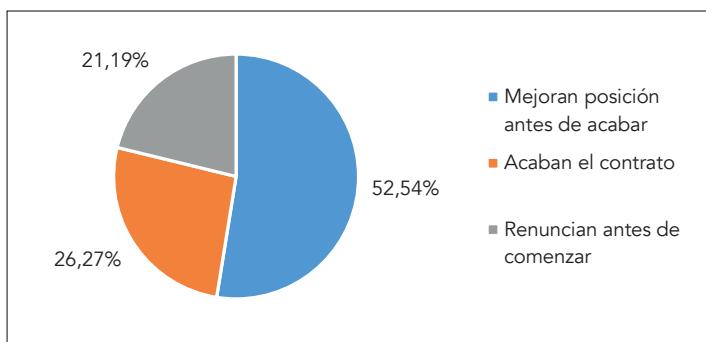
También se ha analizado el número de personas contratadas que agotan el contrato como Juan de la Cierva o si por el contrario renuncia a este para mejorar sus condiciones laborales. Las que aparecen como activas son las que no habían finalizado en el momento del análisis, las que aparecen como baja son en las que ha habido renuncia para optar a una posición mejor; las que aparecen como renuncia son las que no llegaron a incorporarse al contrato y las que aparecen englobadas dentro de final son las que el candidato ha finalizado por completo el contrato.

Figura 14. Estado de las JdC concedidas por año



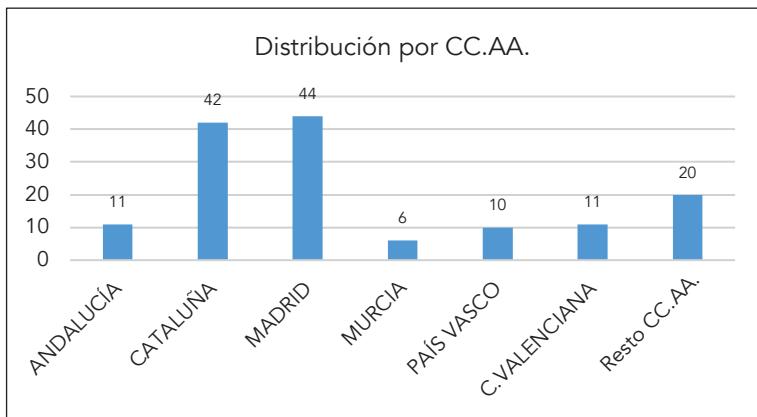
Es interesante observar cómo en este caso algo más de 5 de cada 10 investigadores e investigadoras que consiguen un contrato Juan de la Cierva mejoran sus condiciones laborales antes de su finalización (observar figura 14) y cómo se ve el efecto de la crisis en los últimos años, donde el número de bajas disminuye. La figura 15 muestra el promedio de estos datos en los años estudiados.

Figura 15. Porcentaje de JdC que acaban, mejoran o finalizan contrato



En la figura 16 podemos observar cuáles son las CC. AA. que obtienen un mayor número de contratos de este tipo.

Figura 16. Distribución de contratos JdC en las CC. AA.

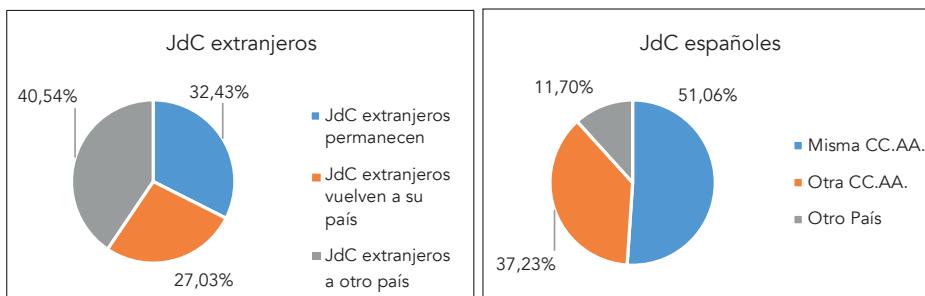


Es destacable que son seis (Asturias, Castilla-La Mancha, Extremadura, Islas Baleares, La Rioja y Navarra) las CC. AA. en las que no se ha disfrutado ninguno de ellos en el tiempo de vida de este programa.

Por otra parte, el programa JdC es una de las vías para la captación de personal investigador joven y extranjero. Desde 2004 hasta 2017, el 28,24% de los JdC provienen de otros países, mayoritariamente de países de la Unión Europea (cabe destacar que Italia, con 13 seleccionados, es el país del que más se nutre este programa), en menor medida de América (EE. UU., Cuba, Argentina y Perú) y de manera simplemente testimonial de países como Rusia, China y Vietnam.

También es interesante observar el comportamiento de los JdC una vez que finalizan su contrato. En la figura 17 se contrastan los datos sobre candidaturas de personas extranjeras que permanecen en nuestro país, personas extranjeras que vuelven a su país de origen, o incluso personas extranjeras que marchan a otros países, y se observa que se obtienen tasas muy cercanas al tercio en cada categoría. Sobre los JdC españoles, el 51,06% permanecen en la misma comunidad autónoma donde obtuvieron el contrato y un 11,70% marcha al extranjero.

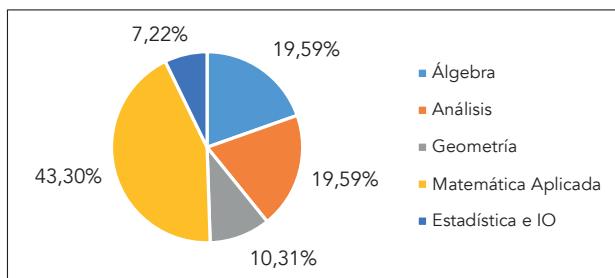
Figura 17. Destino final de los JdC al finalizar contrato



Un dato interesante, que queremos resaltar, es que en los años estudiados en este aspecto (2004/2013), el 15,46% de las y los jóvenes investigadores que han disfrutado de un contrato JdC han evolucionado en su carrera profesional con un contrato Ramón y Cajal.

Para finalizar este apartado, damos un pequeño apunte sobre la distribución de los contratos JdC en las distintas grandes áreas de investigación. En general, la distribución sigue el porcentaje de personal investigador en las universidades públicas españolas, a excepción del área de estadística e investigación operativa, donde el número de JdC cae sin una razón evidente. La figura 18 muestra este hecho:

Figura 18. Distribución de los contratos JdC en áreas de conocimiento



3.2. Ayudas financiadas por las ERC

La actividad fundamental del programa European Research Council (ERC) es proporcionar financiación atractiva a largo plazo para apoyar a investigadores e investigadoras excelentes y sus equipos de investigación para

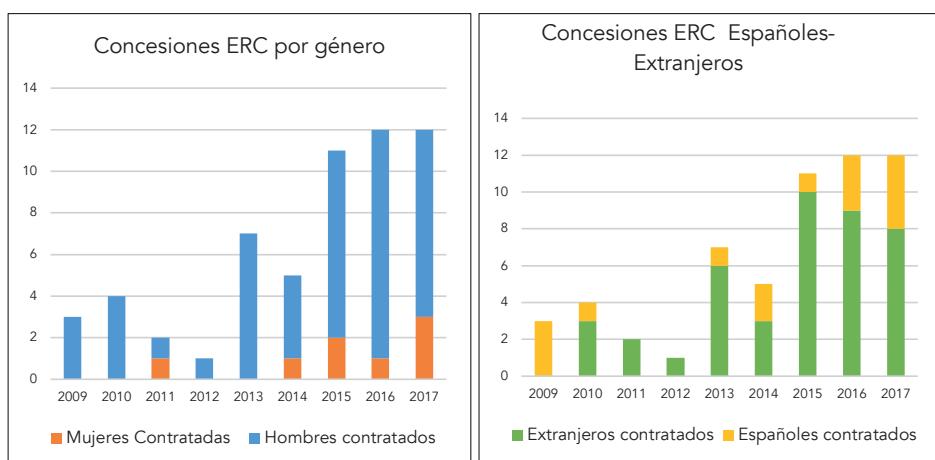
realizar investigaciones innovadoras. Entre las acciones que pueden desarrollarse subvencionadas por la financiación obtenida es importante destacar la oferta de puestos en los estadios de iniciación posdoctoral. En España hay 19 investigadores con una ayuda del programa ERC y las ayudas posdoctorales ofertadas con su financiación se recogen en la siguiente figura 19.

Figura 19. Solicitudes y concesiones dentro de las ERC



En cuanto a la distribución por género se observa una importante brecha entre hombres y mujeres que continuará siendo característica a lo largo de todo este capítulo. Por otro lado, vemos que la inmensa mayoría de ayudas son concedidas a personal investigador extranjero.

Figura 20. Distribución de las ayudas de ERC por género y por país de origen

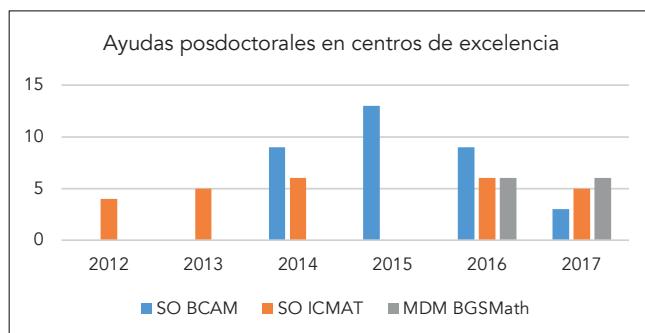


Es importante señalar que siendo la primera etapa posdoctoral la más desprotegida en nuestro país, los contratos posdoctorales con financiación proveniente de ERC para esta primera etapa son un 67% del total, quedando el 33% restante para posdoctorales con experiencia.

3.3. Programas Severo Ochoa y María de Maeztu

Los Centros de Excelencia Severo Ochoa y la Unidad de Excelencia María de Maeztu comparten como objetivo incentivar la investigación de las y los jóvenes científicos ofertando diversos programas tanto predoctorales como posdoctorales. A continuación, en la figura 21 se presenta la evolución de las ayudas posdoctorales en los tres centros de los que hemos hablado: ICMAT, BCAM y BGSMATH.

Figura 21. Plazas predoctorales y posdoctorales centros y unidades de excelencia



a) SO ICMAT

Dentro del Programa Severo Ochoa, el ICMAT ha realizado 7 convocatorias posdoctorales recogidas en la siguiente tabla (consultar la tabla 6 para más información). El índice de participación femenina en las convocatorias entre los años 2012/2014 fue del 22% en las solicitudes, concediéndose, sin embargo, un 27% de las ayudas a mujeres. Estos porcentajes bajan sustancialmente al 17% en las convocatorias de 2016 y 2017 en cuanto a solicitudes y al 18% en concesiones. Respecto a la procedencia de las personas seleccionadas, el 46% del total son extranjeros o extranjeras.

Tabla 6. Programa SO en el ICMAT

Convocatorias Posdoctorales Programa SO	Plazas	Solicitudes	% Mujeres contratadas	% Mujeres solicitantes	% Solicitantes internacional		% Contratados/as internacional	
					EU	No EU	EU	No EU
Call 2012	4	82	25%	23%	29%	22%	0%	25%
Call 2013 posdoc Laboratorios	5	89	20%	13%	43%	35%	20%	40%
Call 2014	6	71	33%	32%	25%	21%	17%	0%
TOTAL POSTDOC CALLS 1 ST SO (SEV-2011-0087)	15	242	27%	22%	33%	26%	13%	20%
Call 2016	6	144	17%	15%	42%	39%	50%	17%
Call 2017	5	117	20%	18,80%	42,8%	26,5%	60%	40%
Call 2018	10	67	0%	19%	39%	37%	30%	20%
TOTAL POSTDOC CALLS 2 ND SO (SEV-2015-0554)	21	328	10%	17%	41%	34%	33%	24%

b) SO BCAM

Respecto al BCAM, se han realizado 2 convocatorias predoctorales y 9 posdoctorales desde el 2014 al 2017. En cuanto a las posdoctorales, el índice de participación femenina en las convocatorias fue del 22% en cuanto a solicitudes femeninas llegando a más del 35% respecto a las concesiones a mujeres, siendo por lo tanto la tasa de éxito mayor entre las investigadoras que entre los investigadores. En cuanto a la procedencia de las personas seleccionadas, casi un 65% del total son extranjeras. Los datos de este programa aparecen recogidos en la tabla 7, que se muestra a continuación:

Tabla 7. Programa Posdoctoral SO en el BCAM

Conv. POSDOC	Nº Plazas	Nº Solic.	% Mujeres contratadas	% Mujeres solicitantes	% Solicitantes internacional		% Contratados internacional		
					EU+ES	No EU	ES	EU (No ES)	No EU
2014	9	156	33,33%	17,95%	35,90%	64,10%	44,44%	33,33%	22,22%
2015	13	219	58,33%	38,95%	43,38%	56,62%	23,08%	46,15%	30,77%
2016	9	294	11,11%	25,85%	27,55%	72,45%	33,33%	33,33%	33,33%
2017	3	48	33,33%	16,67%	29,17%	70,83%	66,67%	33,33%	0%
TOTAL POSDOCS	34	717	35,29%	22,04%	34,31%	65,69%	35,29%	38,24%	26,47%

c) *María de Maeztu BGSMath*

En el período de junio 2015 a junio 2018, la BGSMath ha realizado 5 convocatorias postdoctorales. El índice de participación femenina en cada convocatoria ha estado en torno al 22,5%, reduciéndose este porcentaje a un 8,5% en las concesiones. Respecto a la procedencia de los solicitantes y los seleccionados, el porcentaje de solicitudes es principalmente extranjero (entre el 75% y 85%), siendo un 58% de las concesiones para solicitantes extranjeros. Los datos de ambos programas aparecen recogidos en la tabla 8.

Tabla 8. Programa Posdoctoral María de Maeztu en la BGSMath

Convocatorias Posdoctorales	Plazas	Solicitudes	% Mujeres solicitantes	% Mujeres contratadas	% Solicitantes internacional		%Contratados internacional	
					EU	No EU	EU	No EU
2016	6	277	25%	0%	49%	35%	50%	0%
2017	6	93	20%	17%	48%	33%	67%	0%
TOTAL POSTDOCS	12	370	22,50%	8,50%	49%	35%	58%	0%

3.4. Programa Ramón y Cajal

Tal y como figura en el BOE núm. 94 del 19 de abril de 2001, “el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) (2000/2003), aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 12

de noviembre de 1999, tuvo como uno de sus objetivos estratégicos, a través del Programa Nacional de Potenciación de Recursos Humanos, el incremento de recursos humanos cualificados tanto en el sector público como en el privado, así como aumentar la movilidad de investigadores entre los distintos centros. Teniendo en cuenta dicho objetivo, el propósito del Programa Ramón y Cajal es fortalecer la capacidad investigadora de los grupos e instituciones de investigación y desarrollo (I+D), tanto del sector público como del privado, mediante la incorporación de investigadores que hayan obtenido el grado de doctor”.

Así mismo, la descripción general del programa que figura en la página web del ministerio destaca lo siguiente: “Estas ayudas van dirigidas a promover la incorporación de investigadores nacionales y extranjeros con una trayectoria destacada en centros de I+D mediante, por una parte, la concesión de ayudas para su contratación laboral y, por otra parte, la concesión de ayudas para la creación de puestos de trabajo de carácter permanente para su posterior incorporación en los agentes del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación beneficiarios de estas ayudas”.

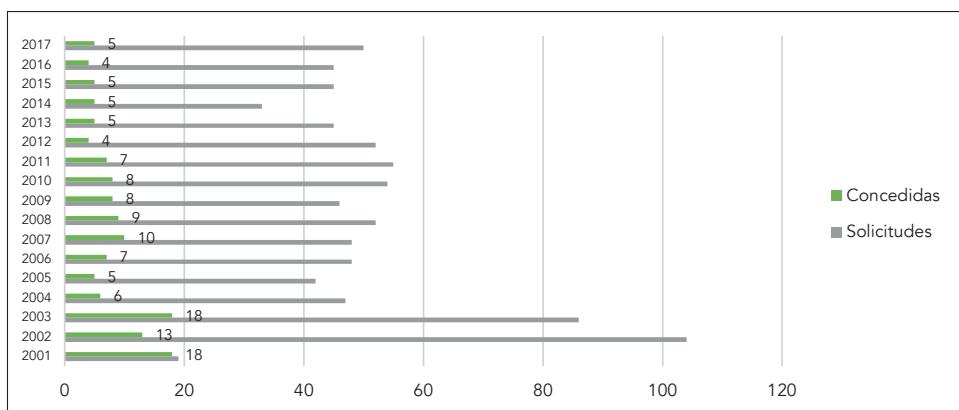
La selección se fundamenta en un riguroso proceso de concurrencia competitiva de los candidatos y candidatas en base a sus méritos curriculares y en base a su capacidad para liderar una línea de investigación, en función de la experiencia científica y profesional, así como de la independencia de su trayectoria.

El programa Ramón y Cajal (RyC) ha jugado, sin lugar a duda, un papel muy importante en la formación de posgrado y posdoctoral en nuestro país en los últimos casi veinte años. Los datos que se han conseguido recabar demuestran que ha sido una herramienta de un éxito indiscutible. Esto significa, además de la riqueza en sí que supone contar con tales investigadores e investigadoras jóvenes que se han formado en nuestro país, que el retorno de la inversión en términos estrictamente utilitaristas ha sido altísimo. Las personas que han pasado por dicho programa constituyen, en estos momentos, una parte esencial del mejor personal investigador en matemáticas. A ellas se deben algunas de las mejores publicaciones en matemáticas, destacando, asimismo, por su reconocimiento internacional y éxito en convocatorias europeas o en las aplicaciones de las matemáticas en diferentes ámbitos.

Adicionalmente, este programa ha permitido que matemáticos y matemáticas extranjeras se incorporen al sistema científico español, algo notablemente difícil de conseguir en el sistema universitario español. Lógicamente esta afirmación hay que apoyarla con los datos disponibles y, por supuesto, matizarla para descubrir aquellos aspectos que son susceptibles de mejora o de corrección.

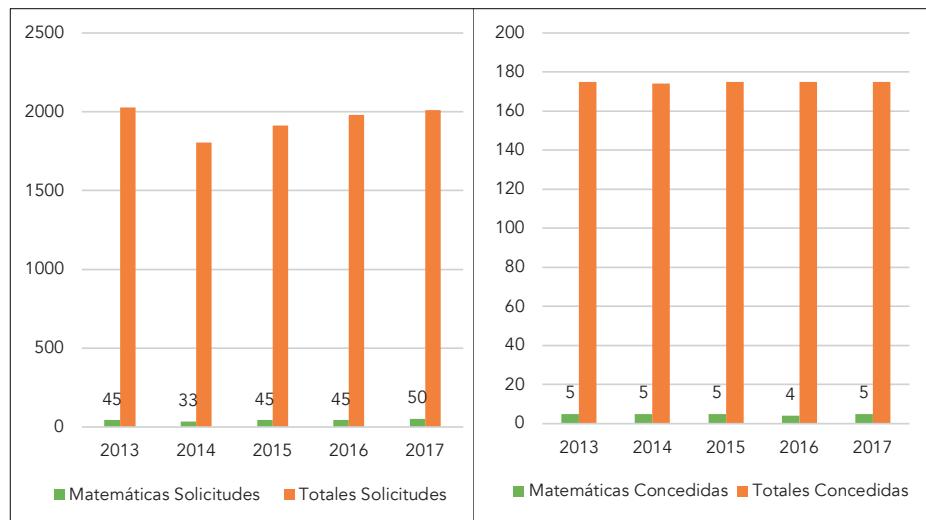
La siguiente figura 22 muestra la evolución de las solicitudes y las concesiones al programa MTM de contratos RyC desde el 2001 al 2017:

Figura 22. Solicitudes y concesiones RyC



Por otra parte, es imprescindible, para conseguir una perspectiva de conjunto, disponer de datos que nos permitan situar nuestro programa MTM en un contexto global sobre las solicitudes y concesiones dentro del programa RyC en matemáticas comparándolos con los datos totales de todas las áreas en su conjunto.

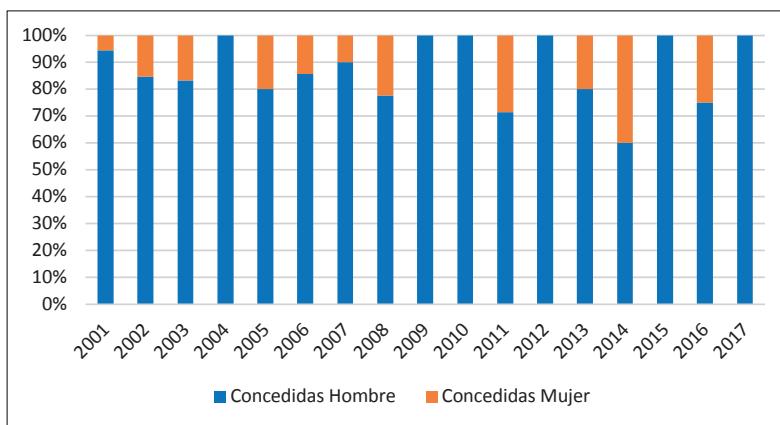
Figura 23. Solicitudes y concesiones en RyC en el programa global y en el de matemáticas



En estos cinco años, la tasa de éxito del programa RyC en global es del 8,97%, mientras que la tasa de éxito en matemáticas es del 11%, sustancialmente superior.

La distribución entre hombres y mujeres entre las plazas concedidas puede observarse en la siguiente figura 24:

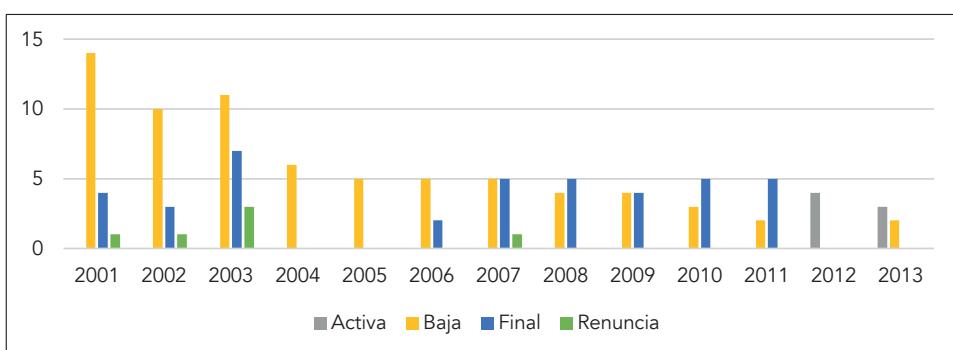
Figura 24. Distribución de contratos RyC por género



Comprobamos, una vez más, cómo la brecha de género aumenta a medida que mejora la relación contractual con la universidad o centro de investigación.

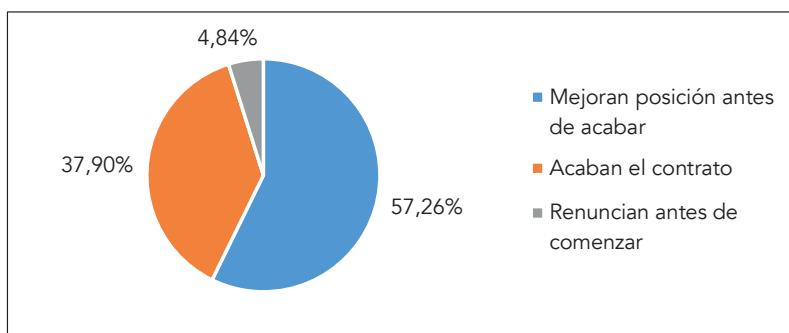
Se ha analizado también el número de investigadores e investigadoras que agotan su contrato como Ramón y Cajal o si, por el contrario, renuncian a este para mejorar sus condiciones laborales. Siguiendo las mismas indicaciones que en la figura 14 del programa JdC, la situación en RyC queda indicado en la figura 25, poniéndose de manifiesto también el efecto de la crisis, como se ha mencionado anteriormente.

Figura 25. Estado de las RyC concedidas por año



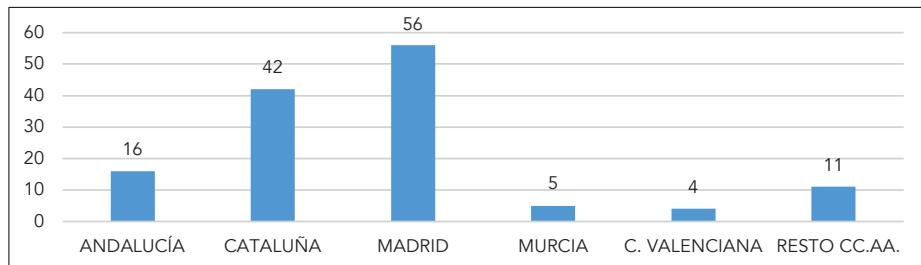
Es interesante observar cómo en este caso casi 6 de cada 10 investigadores o investigadoras que consiguen un contrato Ramón y Cajal mejoran sus condiciones laborales antes de su finalización (observar figura 26).

Figura 26. Porcentaje de RyC que acaban, mejoran o finalizan contrato



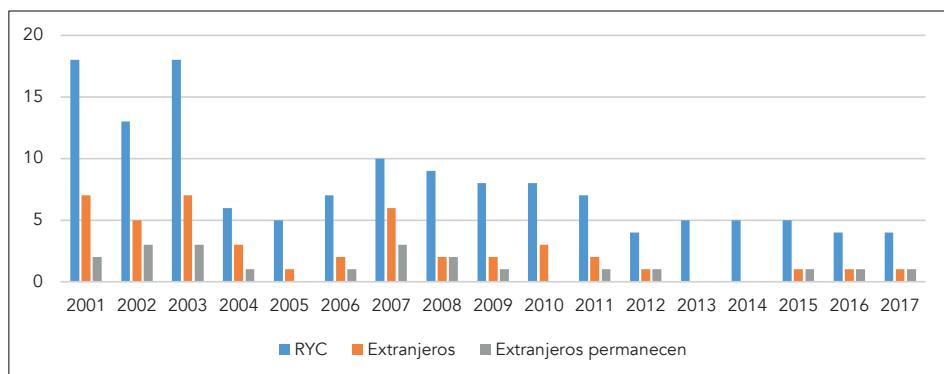
En la figura 27 podemos observar cuáles son las CC. AA. que obtienen un mayor número de contratos de este tipo. Es destacable que son cinco (Aragón, Principado de Asturias, Extremadura, Islas Baleares y Navarra) las CC. AA. en las que no se ha disfrutado ninguno de ellos en el tiempo de vida de este programa.

Figura 27. Distribución de contratos RyC en las CC. AA.



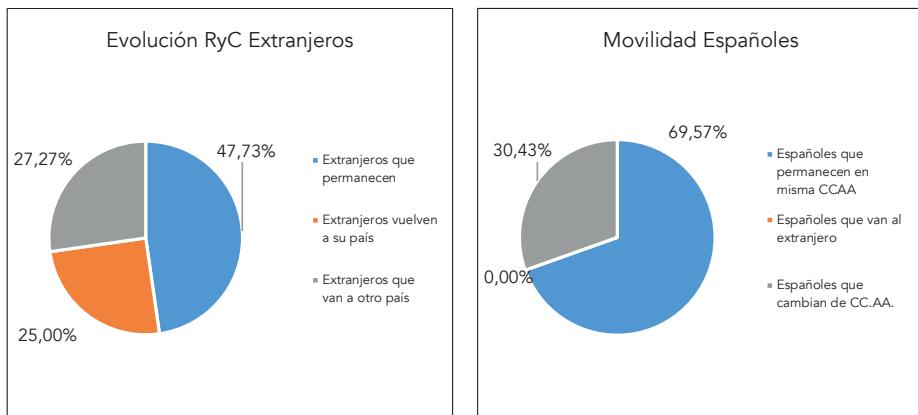
Por otra parte, el programa RyC es una de las vías para la captación de personal investigador extranjero. Desde 2001 hasta 2017, el 32,35% de los RyC provienen de otros países, mayoritariamente de países de la Unión Europea (cabe destacar que Italia con 16 seleccionados es el país del que más se nutre este programa), en menor medida de América (Argentina y Venezuela) y de manera simplemente testimonial de países como China y Nueva Zelanda.

Figura 28. RyC distribución personal investigador español/extranjero



Es interesante observar el comportamiento de los investigadores e investigadoras RyC una vez que finalizan su contrato, que ya se adelanta en la gráfica anterior. Este varía dependiendo de su procedencia tal y como puede observarse en la siguiente figura 29.

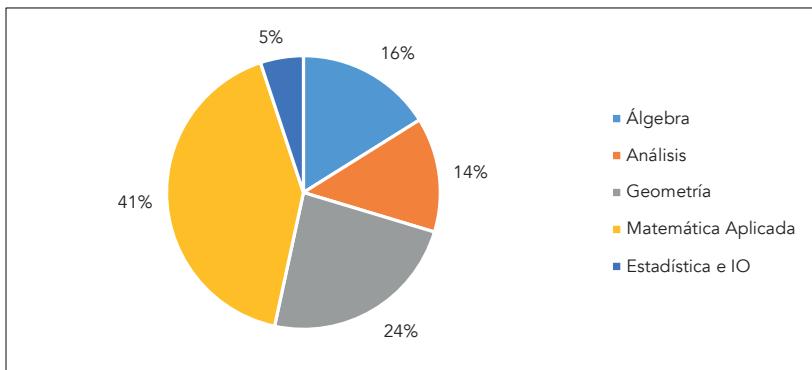
Figura 29. Destino final de los RyC al finalizar contrato



El número de personal investigador extranjero que ha permanecido en nuestro sistema es casi del 50%, lo que indica un éxito absoluto del programa en cuanto a captación de investigadores e investigadoras de calidad. El comportamiento de las y los contratados españoles es, sin embargo, mucho más conservador: casi 7 de cada 10 no se mueven de su comunidad autónoma y ninguno ha optado por seguir con su carrera fuera de nuestro país. Globalmente, de cada 3 contratados, 2 han permanecido en la institución que los acogió, frente a 1 que se marchó a un centro distinto.

A continuación, se da un pequeño apunte sobre la distribución de los contratos RyC en las distintas grandes áreas de investigación. En general, la distribución sigue el porcentaje de personal investigador en las universidades públicas españolas, a excepción del área de estadística e investigación operativa, donde el número de investigadores e investigadoras RyC es muy bajo.

Figura 30. Distribución de los contratos RyC en áreas de conocimiento



Acabamos este apartado con indicadores sobre la calidad de estos investigadores e investigadoras. De los 20 proyectos del ERC en matemáticas, 14 han sido conseguidos por personas que han pasado por el programa Ramón y Cajal, es decir, el 70%. Destaca que han sido el 83% de las Consolidators Grants y el 89% de las Starting Grants. El 10% de las personas con contrato Ramón y Cajal han obtenido un proyecto del ERC, cifra que debería ser comparada con otras áreas del conocimiento.

Se han obtenido, entre otros, los siguientes reconocimientos entre quienes obtuvieron un contrato Ramón y Cajal:

- Premio de la European Mathematical Society.
- Salem Prize del Institute of Advanced Study y Princeton University.
- IEEE Fellow y IEEE Control Systems Society Distinguished Lecturer.
- 2 Premios Miguel Catalán de la Comunidad de Madrid.
- Premio FPdGi Investigación Científica 2014.
- 5 Premios Rubio de Francia.
- 4 premios SEMA.
- Premio Barcelona Dynamical Systems.
- Premio “Houssay” en Física, Matemática, Ciencias de la Computación.
- NSF CAREER award.

En cuanto al número y calidad de las publicaciones del personal investigador en matemáticas con contrato Ramón y Cajal, hay que señalar que han sido autores

y autoras de una parte significativa de ellas, en las revistas más importantes del área, como señalan, por ejemplo, las siguientes cifras:

- De las 29 publicaciones en la revista *Annals of Mathematics* con filiación en España publicadas en el periodo 2001/2017, encontramos que 12 tienen como coautoras personas que han sido contratadas por el programa Ramón y Cajal.
- De las 6 publicaciones en la revista *Acta Mathematica* con filiación en España publicadas en el periodo 2001/2017, encontramos que 4 tienen como coautoras personas que han sido contratadas por el programa Ramón y Cajal.
- De las 21 publicaciones en la revista *Inventiones Mathematicae* con filiación en España publicadas en el periodo 2001/2017, encontramos que 5 tienen como coautoras personas que han sido contratadas por el programa Ramón y Cajal.
- De las 8 publicaciones en la revista *Journal of the American Mathematical Society* con filiación en España publicadas en el periodo 2001/2017, encontramos que 2 tienen como coautoras personas que han sido contratadas por el programa Ramón y Cajal.
- De las 31 publicaciones en la revista *Duke Mathematical Journal* con filiación en España publicadas en el periodo 2001/2017, encontramos que 16 tienen como coautoras personas que han sido contratadas por el programa Ramón y Cajal.
- De las 18 publicaciones en la revista *Communications on Pure and Applied Mathematics* con filiación en España publicadas en el periodo 2001/2017, encontramos que 5 tienen como coautoras personas que han sido contratadas por el programa Ramón y Cajal.

Cualitativamente hablando, un aspecto que se debe reseñar es que algunos de los resultados matemáticos más importantes de los últimos diez años han involucrado a personas seleccionadas por el programa Ramón y Cajal. Por citar algunos de esos logros: solución de una conjetura de Nash, solución al problema de Painlevé en términos de la curvatura de Menger, solución al problema de Kelvin, solución del problema de Bernstein en Nil3, existencia de singularidades de tipo *splash*, conjetura de modularidad de Serre, entre otros muchos otros.

También han hecho grandes aportaciones en matemática aplicada como, por ejemplo, en el diseño y análisis de estrategias de movimiento y coordinación de múltiples vehículos autónomos, métodos numéricos para fluidos en geofísica, métodos en econometría, etc.

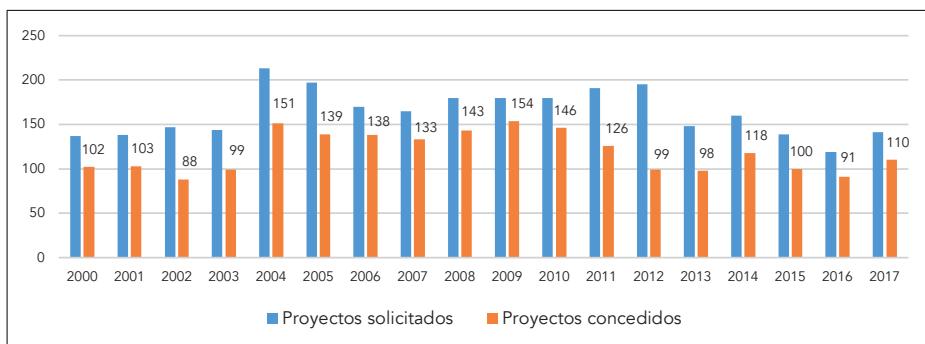
4. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Uno de los pilares básicos de la investigación en nuestro país está constituido por los proyectos de investigación que, en el caso de las matemáticas, casi siempre se han integrado en programas de generación de conocimiento o ciencia básica. Si bien es verdad que nuestra ciencia ha disfrutado de programa propio evitando así la competencia con otros campos cercanos que, muy presumiblemente, nos hubiera perjudicado. Además, es de justicia remarcar que el personal de gestión en los diversos ministerios de los que ha dependido el programa de proyectos de investigación siempre, hasta ahora, ha mostrado una comprensión sincera hacia la idiosincrasia propia de las matemáticas.

Es importante resaltar que se han obtenido resultados importantes y un avance espectacular en todos los frentes a pesar de la escasez de recursos. El tejido investigador matemático, actualmente en este país, puede considerarse sin miedo a caer en la autocomplacencia que demuestra seriedad y madurez y es el caldo de cultivo de una excelencia investigadora notable.

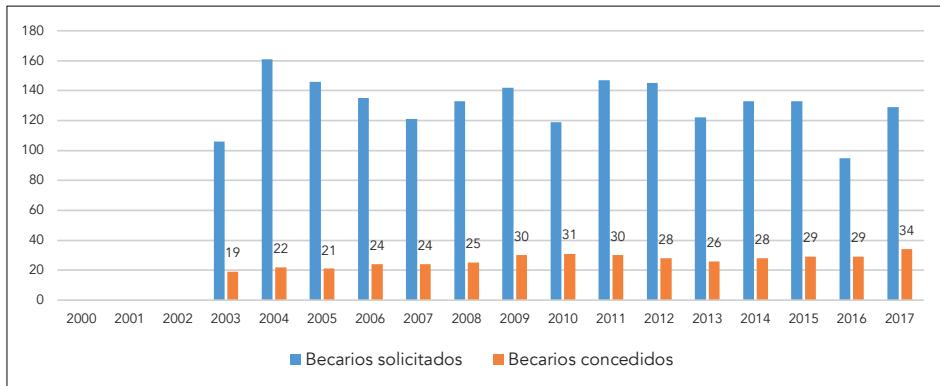
Los siguientes gráficos pretenden apoyar, de manera cuantitativa, una reflexión colectiva que nos permita orientarnos de cara al futuro a corto y medio plazo sobre el mejor modo de aprovechar los recursos que se nos destinen, sean cuales sean.

Figura 31. Proyectos solicitados y concedidos



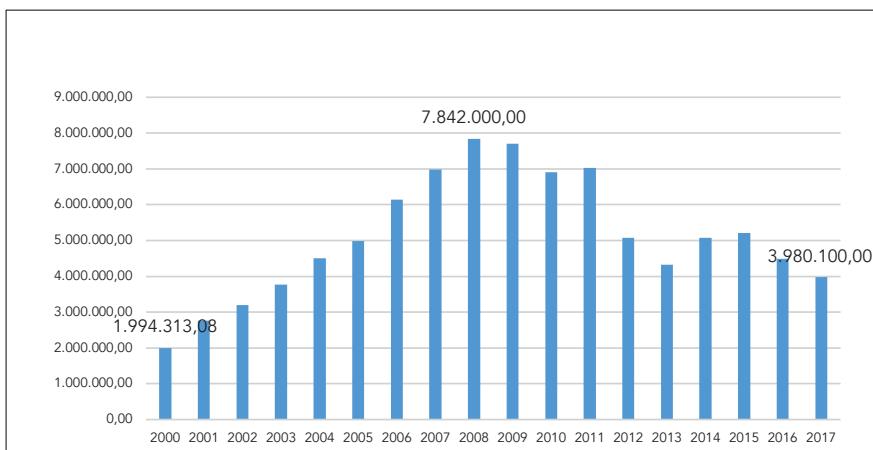
La tasa de éxito (proyectos concedidos/proyectos solicitados) suele ser en nuestro programa muy alta en comparación con otros programas y casi siempre superior al 70% salvo en contadas excepciones. Teniendo en cuenta los resultados a nivel de publicaciones analizados en el epígrafe 5, así como el impulso que han tenido las matemáticas españolas en los últimos años, se considera, sin lugar a duda, una buena estrategia.

Figura 32. Tasa de éxito en concesión de becas asociadas a proyectos



En cuanto a las personas que han sido becadas (figura 32), se puede afirmar que el número de contratos concedidos se ha mantenido, con una ligera tendencia al alza, a lo largo de los años. En todo caso, dicho número siempre ha estado muy por debajo de la necesidad medida a partir del número global solicitado.

Figura 33. Cantidad global destinada a MTM por años



Probablemente, uno de los datos que mejor refleja el apoyo público a la investigación en matemáticas en nuestro país es la cantidad global destinada a proyectos competitivos de investigación en el programa MTM. La figura 33 permite captar cuál ha sido dicho apoyo, y, sobre todo, cómo ha ido evolucionando en el periodo estudiado.

a) Redes y acciones especiales

En general, estas acciones especiales siempre han jugado un papel importante, aunque complementario. Típicamente se han usado para atender dos necesidades que son de máxima importancia y actualidad: por un lado, la financiación de eventos científicos de calidad en nuestro país; y por otro, el apoyo a las redes temáticas de ámbito nacional. Este último apoyo en la mayoría de los casos se ha traducido en destinar los fondos a atraer personal investigador joven y bien motivado a los diversos temas actuales de trabajo en cada campo de las matemáticas. Desgraciadamente, los dos gráficos que se presentan en este apartado muestran claramente la decadencia, con algunas variaciones al alza, de estas convocatorias en los últimos años. Es un sentimiento de pesar generalizado que esto sea así, pues este programa de ayudas supone un índice de aprovechamiento muy alto al gastarse en el apoyo a la asistencia a eventos de interés de jóvenes talentos.

Es importante tener presente para interpretar adecuadamente estos datos que, hasta el año 2011 aproximadamente, el programa aceptaba peticiones para la organización de eventos mientras que, a partir de ese año, las peticiones se centraron en redes temáticas. Por ello, la media por acción sale más baja antes del 2010, aunque se disponían de más fondos globalmente, mientras que tal media sale mucho más alta después. De todos modos, en los últimos años la tendencia es claramente a la baja.

Figura 34. Cuantías concedidas por años

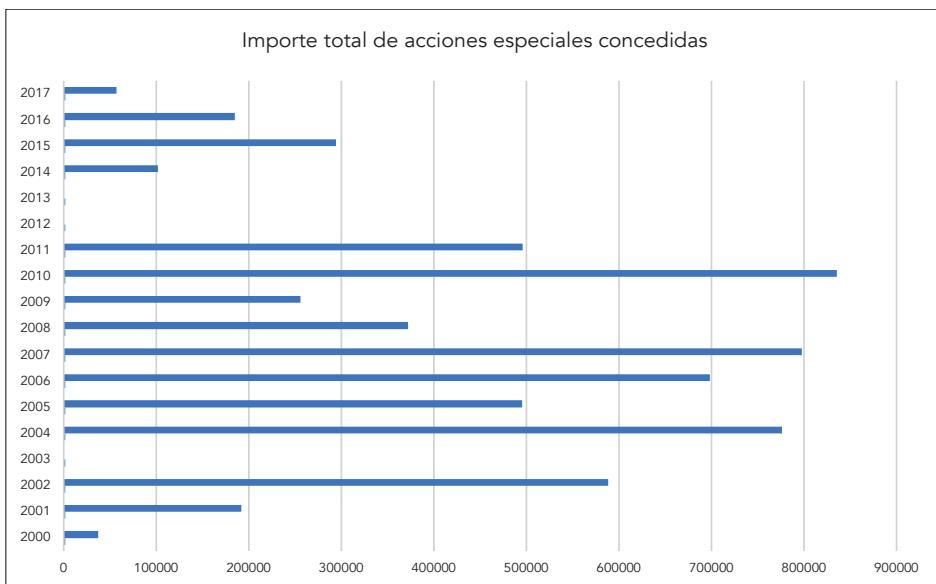
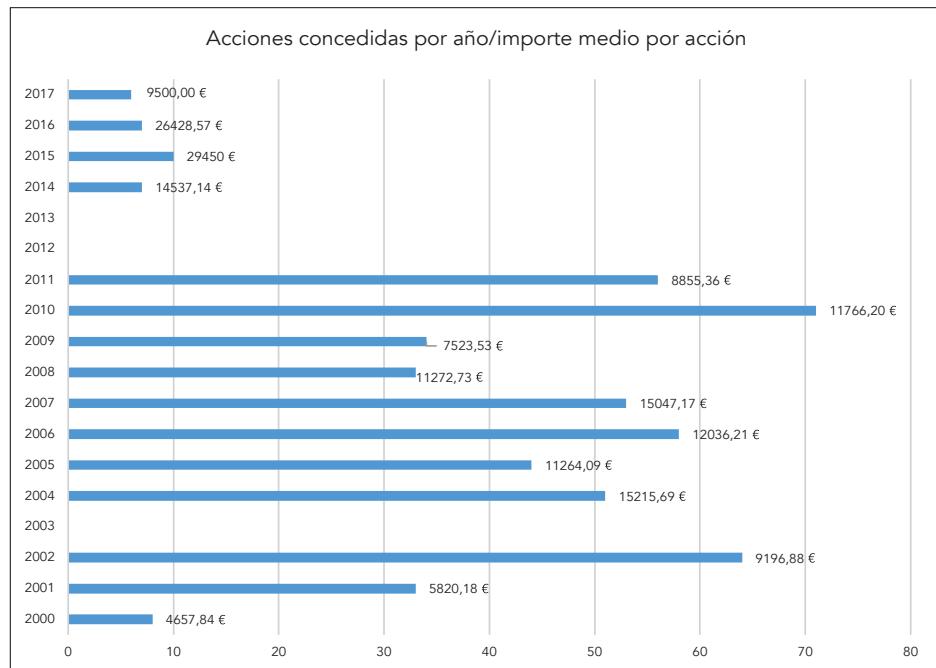


Figura 35. Número de acciones ejecutadas por año y media por acción



5. INSTITUCIONES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo, analizaremos diferentes instituciones y centros de investigación en España que destacan por su contribución al fortalecimiento de la matemática española. Los centros analizados son, por orden cronológico de creación, **CRM**, **BCAM**, **ICMAT** e **ITMATI**.

Es importante señalar que el CRM, BCAM e ICMAT son centros de investigación con un objetivo claro de mejorar la investigación y la formación avanzada en matemáticas (doctoral y posdoctoral), la atracción de personal científico de reconocido prestigio a nivel internacional y estimular la investigación inter y multidisciplinar, así como la transferencia de las matemáticas y sus usos a la sociedad. Sin embargo, el objetivo de ITMATI es contribuir al fortalecimiento y potenciación de la competitividad en el entorno industrial y empresarial y apoyar la innovación en el sector productivo, mediante el logro de la excelencia en la investigación y el desarrollo de tecnología matemática orientada a la transferencia a la industria; proporcionando soluciones innovadoras a los sectores productivos de la sociedad, especialmente a empresas, industrias y administraciones públicas.

Presentaremos datos de personal propio y adscrito con especial énfasis en el colectivo de jóvenes investigadores e investigadoras y el papel de formación que cada uno de estos centros tiene. No se trata de hacer una comparativa entre ellos, sino de destacar las especificidades de cada uno y aquellas características que los distinguen de los demás. En particular, presentaremos sus fortalezas, debilidades y algunas propuestas de mejora.

Tanto el **BCAM** como el **ICMAT** han sido galardonados como Centros de Excelencia Severo Ochoa (SO). Junto con la BGSMATH, que obtuvo la acreditación como Unidad de Excelencia María de Maeztu (MDM), son los únicos tres centros de matemáticas con este sello de excelencia.

También presentaremos datos de las dos instituciones principales de captación de talento investigador senior, que actualmente existen en el sistema español, fuera del sistema público de las Universidades y CSIC: ICREA e IKERBASQUE.

Y finalmente haremos un breve análisis de la Red REDIUM de Institutos Universitarios.

Sobre la metodología, en el mes de octubre de 2018, se envió el siguiente cuestionario a la dirección de centros e institutos de investigación sobre el periodo 2000/2017:

1. Evolución del personal propio y adscrito en el periodo 2000/2017. Distribución por área. Grupos de investigación. Distribución por género. Distribución por edades (25-35, 35-45, 45-55, 55-70).
2. Evolución de la financiación en dicho periodo. Distribución por fuente de financiación (estatal, autonómica, europea, privada...)
3. ¿Cómo se ha distribuido la financiación? (personal, semestres temáticos, programas de investigación...)
4. Objetivos del instituto.
5. Líneas prioritarias. Áreas estratégicas.
6. Política de jóvenes investigadores: posibilidad de contratos posdoctorales, captación de talento joven, programas de formación...
7. Programa de captación de talento sénior.
8. Matemática interdisciplinar y matemática industrial: ¿qué tipo de acciones tiene el instituto en estas líneas? ¿Tenéis contratos con empresas?...
9. Ejemplos de éxito del instituto.
10. Fortalezas y debilidades.
11. Plan de internacionalización. Contactos con otros institutos españoles y europeos. ¿Qué tipo de acciones tenéis? ¿Con qué instituto europeo os compararíais? ¿En qué os parecéis y en qué os diferenciáis?
12. Retos de excelencia científicas.
13. Propuestas de mejora y retos de futuro.

Una vez recibidas las respuestas a este cuestionario, se procesaron todos los datos y se realizó una propuesta de informe de cada centro e instituto, los cuales fueron enviados a los centros para su revisión y modificación de los datos que consideraron oportunos. En mayo de 2019, se cerró cada informe con el visto bueno de cada institución.

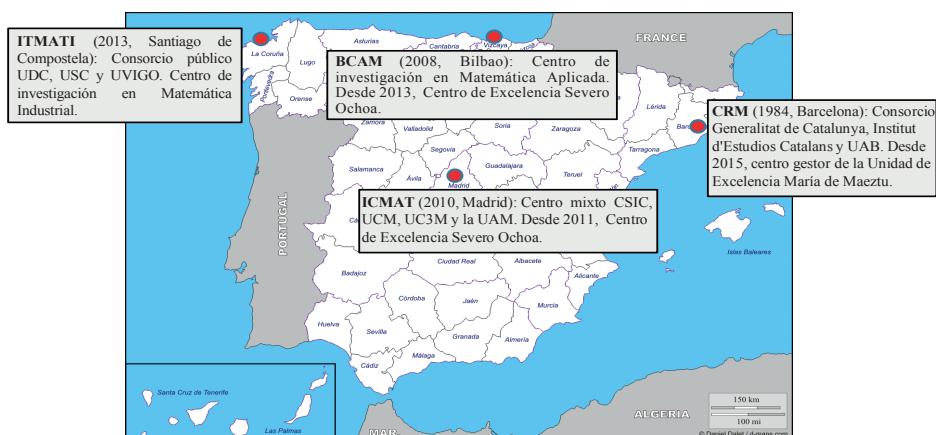
Posteriormente, se realizó un resumen de la situación de cada institución que es lo que aparece reflejado en este documento.

5.1. Centros de investigación

Cada uno de los centros que analizaremos en esta sección ha expresado sus objetivos principales de forma diferente, pero podemos decir que tienen el denominador común de promover acciones que permitan generar valor añadido a la sociedad a través de los siguientes mecanismos:

- Mejorar la investigación y la formación avanzada en matemáticas.
- Proporcionar formación doctoral y posdoctoral competitiva a nivel internacional.
- Estimular la investigación interdisciplinaria y explorar nuevos contextos para su uso en la ciencia básica y en la industria, con miras a sus aplicaciones en la sociedad.
- Promover avances científicos y tecnológicos en todo el mundo a través de la investigación interdisciplinaria en matemáticas y la capacitación y atracción de científicos talentosos.
- Divulgar y comunicar los usos de las matemáticas estableciendo un diálogo con la sociedad.

Figura 36. Centros de investigación en matemáticas



Actualmente, en el CRM se pueden destacar cinco líneas prioritarias en investigación:

- Biología matemática y computacional.

- Matemática industrial.
- Sistemas complejos.
- Neurociencia computacional.
- Análisis armónico y teoría de aproximación.

Figura 37. Plataformas científicas del BCAM



Por su lado, BCAM está organizado en tres plataformas científicas con cinco áreas estratégicas:

- Computación matemática.
- Modelización con aplicaciones multidisciplinares.
- Matemática física.
- Ecuaciones en derivadas parciales.
- Ciencia de datos.

En el ICMAT las líneas corresponden a los grupos de investigación del centro:

- Geometría algebraica y física matemática.
- Geometría diferencial, geometría simpléctica y mecánica geométrica.
- Análisis matemático, ecuaciones diferenciales y aplicaciones.
- Teoría de números.
- Teoría de grupos.
- Estadística, probabilidad e investigación operativa.

- Matemáticas e información cuántica.
- Modelización matemática y simulación.

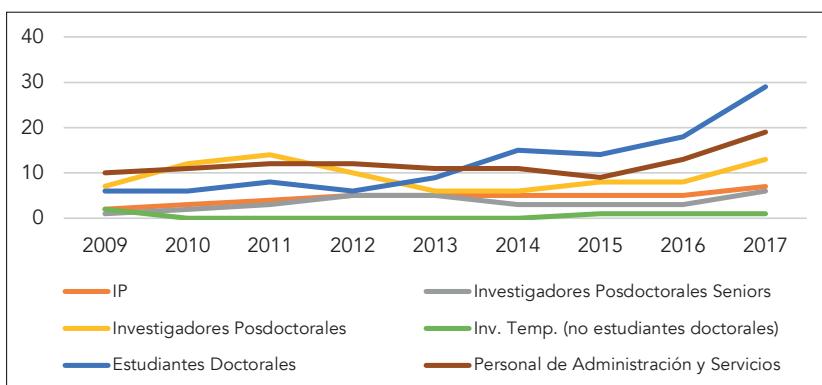
Y, finalmente, el **ITMATI** tiene cuatro líneas diferenciadas:

- Computación.
- Estadística y *big data*.
- Optimización.
- Simulación numérica.

Observamos que, claramente, hay un interés generalizado en los cuatro centros en el fortalecimiento de aquellas líneas más actuales como es, en particular, la computación matemática, así como hacia el enfoque de la investigación en matemática fundamental hacia las aplicaciones reales que la sociedad reclama.

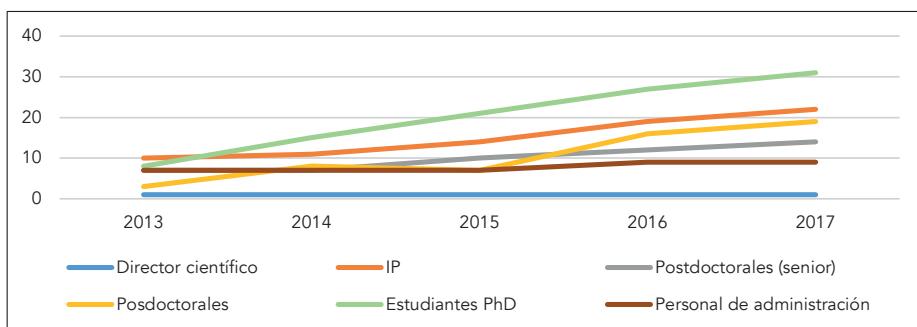
Respecto al **personal**, cada centro tiene una tipología distinta. Así, por ejemplo, desde sus inicios en 1984 hasta 2007 el CRM fue un “centro de servicios” a la comunidad matemática en un sentido amplio. No tuvo personal de investigación propio y concentró su actividad en la organización de congresos, cursos avanzados y en hospedar visitantes de media y larga duración y personal investigador posdoctoral que colaboró con el personal investigador local de las universidades. En 2007 se inicia la elaboración de un plan estratégico de futuro que implementa la introducción de personal y grupos de investigación en el CRM con un enfoque hacia la matemática aplicada y la transferencia de tecnología.

Figura 38. Evolución del personal del CRM



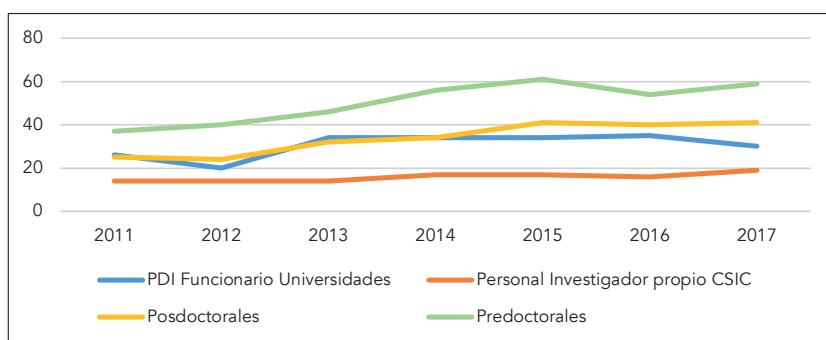
En el BCAM el personal investigador es, en su totalidad, personal propio conseguido a través de las diversas convocatorias de Ikerbasque.

Figura 39. Evolución del personal del BCAM (2013/2017)



Finalmente, tanto en el ICMAT como en el ITMATI, hay personal propio y personal adscrito de las universidades que participan en el centro.

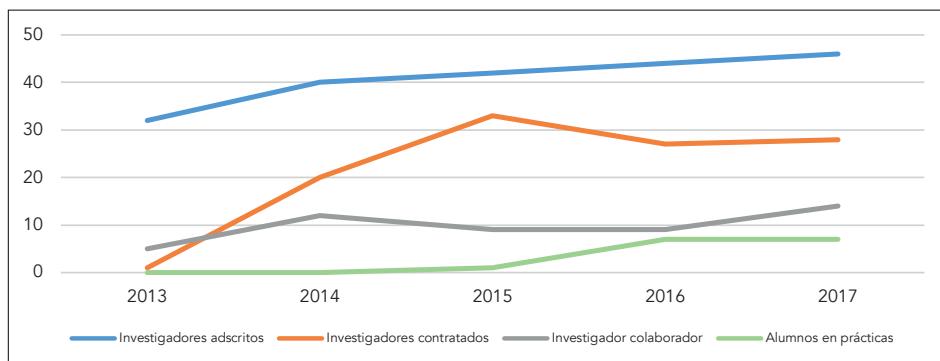
Figura 40. Personal investigador ICMAT por categorías



Ahora bien, se ha de mencionar que ITMATI no cuenta con personal propio permanente, ya que sus fuentes de financiación dependen, en su mayoría, de los convenios y los contratos que se firman con empresas y administraciones, siendo algunos de ellos proyectos competitivos en el marco de convocatorias públicas. Por ello, el personal investigador propio está contratado por obra y servicio a cargo de estos proyectos o convenios. Por otra parte, también cuenta con una unidad de gestoras y gestores de transferencia contratados a cargo de convenios con las universidades gallegas y, puntualmente, con la Xunta de Galicia. Además,

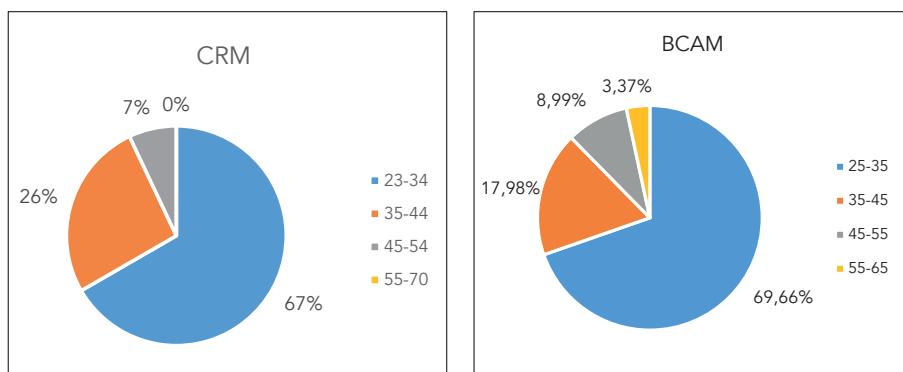
el ITMATI cuenta con una red de investigadoras a investigadores adscritos y colaboradores procedentes de las universidades gallegas miembros del Consorcio (UDC, USC, UVigo).

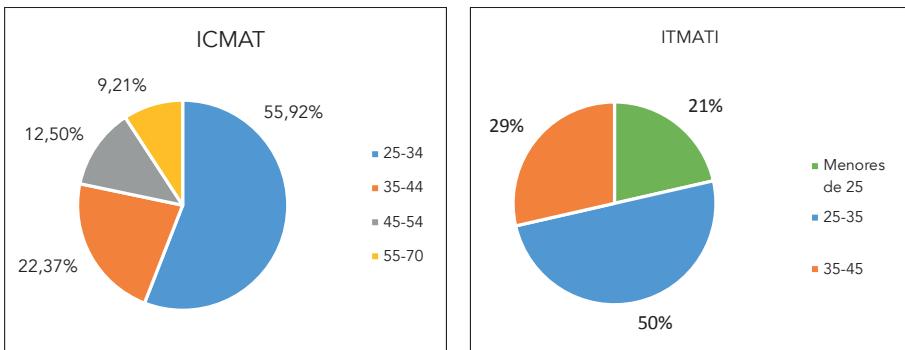
Figura 41. Evolución del personal investigador ITMATI



La distribución del personal por edades en 2017, aparece representada en los siguientes gráficos, quedando constatada, en los cuatro centros estudiados, la juventud en dichas plantillas.

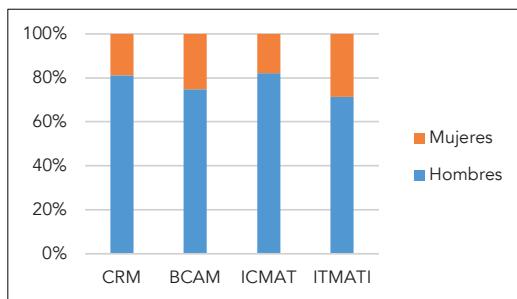
Figura 42. Distribución por edades en 2017





Respecto al **género**, debemos señalar la amplia presencia masculina en estos centros de investigación entre el personal investigador propio en todos los estadios. La siguiente figura muestra la distribución por géneros en el año 2017:

Figura 43. Distribución por género del personal investigador en 2017



Más concretamente, en el **CRM** la femenina es del 19,76% y hemos de señalar que nunca han tenido una mujer dentro del personal investigador permanente en su plantilla. **BCAM** sigue la misma trayectoria, siendo únicamente el área de administración en el que se observa un mayor número de mujeres que de hombres. Por su parte, en 2017, del total de los 47 miembros dentro del personal investigador permanente del **ICMAT**, solo un 6,38% son mujeres, y no hay ninguna mujer en las categorías de Catedrática, Profesora de Investigación o Investigadora Científica. En porcentaje, el número mayor de mujeres se da en las categorías de formación, aunque sigue percibiéndose en ellas una diferencia notable. Finalmente, centrándonos en el personal propio investigador del **ITMATI**, la evolución del total y su distribución por género ha sido hasta ahora totalmente semejante a la del resto de los centros de investigación matemática.

Quizás el dato más preocupante de los anteriormente reseñados respecto a la brecha género sea que se siga percibiendo esa diferencia a nivel de personal en formación.

En los cuatro centros analizados se observa un especial énfasis en la **formación de personal investigador joven** a través de las diferentes convocatorias destinadas para ello. En particular, se realiza un gran esfuerzo en:

- Atracción de estudiantes de doctorado: becas FPI y FPI Severo Ochoa, FPU, Fundación La Caixa, Banco de Santander...
- Atraer a jóvenes investigadores e investigadoras, a través del programa Juan de la Cierva, Ramón y Cajal o las becas Marie Curie.

En año 2012 el CRM inició un programa de estancias de investigación con el objetivo de atraer el interés de jóvenes hacia la investigación en matemáticas. Dentro del marco del programa, el CRM acoge, por períodos mínimos de dos meses, estudiantes de grado o máster para desarrollar una etapa formativa en alguno de los grupos de investigación del CRM. También está dotado de una Unidad de Formación Doctoral (UFD-CRM) con especial énfasis en la formación de estudiantes de doctorado en las áreas colaborativas. En la figura 44 se puede ver la evolución de la captación del personal investigador joven en el periodo 2009/2017.

Por otro lado, el centro ha tenido una gran evolución en los investigadores e investigadoras posdoctorales a través de diferentes organismos autonómicos, estatales y europeos.

Figura 44. Captación estudiantes de doctorado del CRM

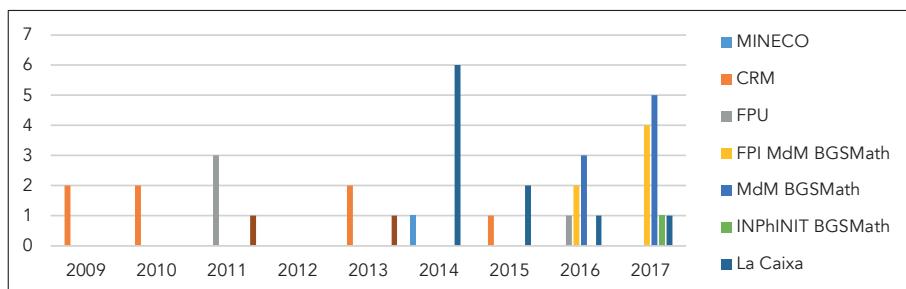
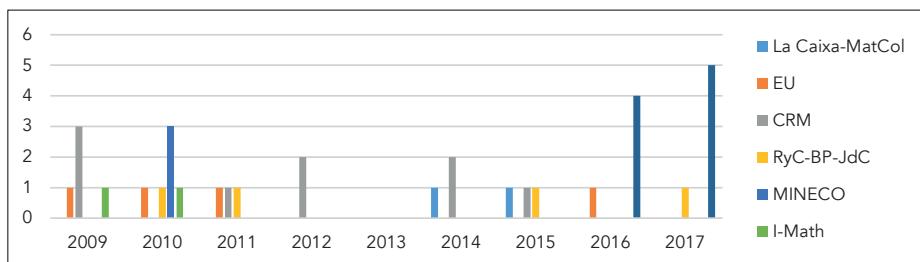


Figura 45. Captación contratos posdoctorales del CRM



BCAM hace un amplio uso del programa de *internship* y las escuelas de verano. Además, en las siguientes gráficas podemos observar la captación tanto de estudiantes predoctorales como de personal posdoctoral.

Figura 46. Captación predoctoral del BCAM

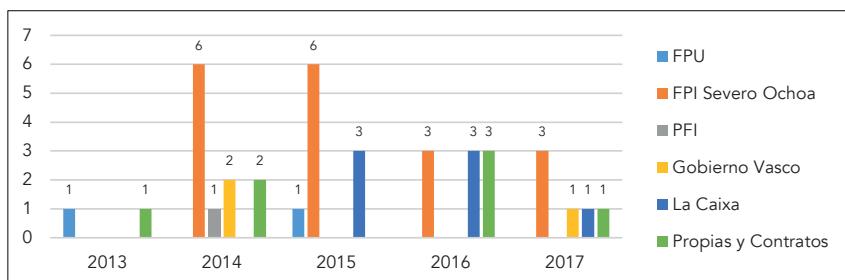
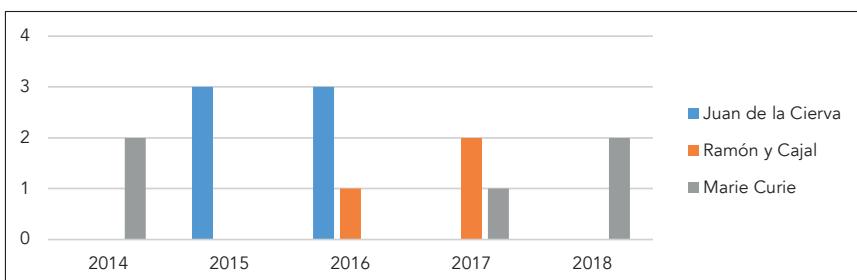


Figura 47. Captación posdoctoral BCAM



ICMAT tiene convocatorias de becas para estudiantes de másteres, así como los Programa INTRO SO y JAE Intro y organiza cinco escuelas temáticas

además de la Escuela JAE. El número de becas concedidas, así como la evolución del personal predoctoral y posdoctoral puede verse a continuación.

Figura 48. Becas ICMAT

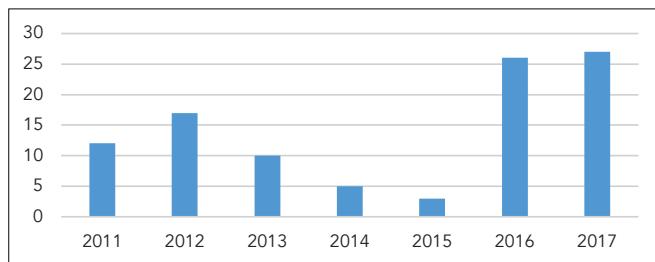


Figura 49. Captación personal predoctoral ICMAT

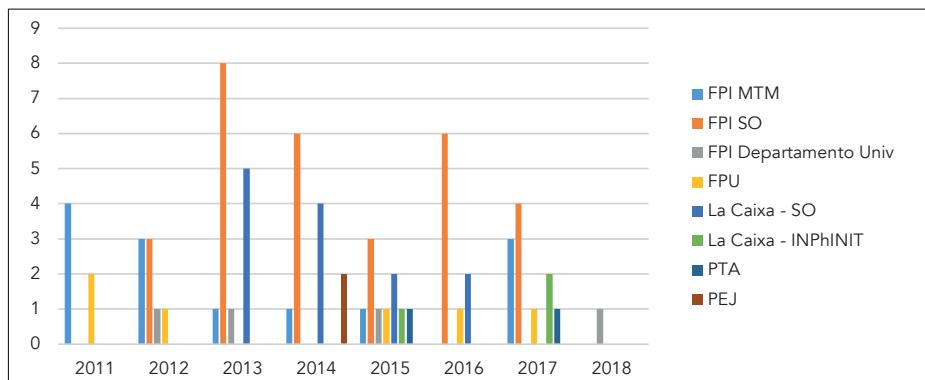
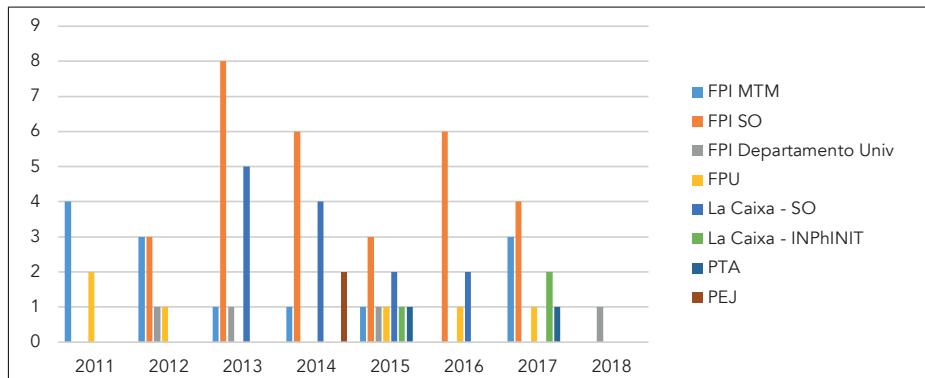


Figura 50. Captación personal posdoctoral en el ICMAT

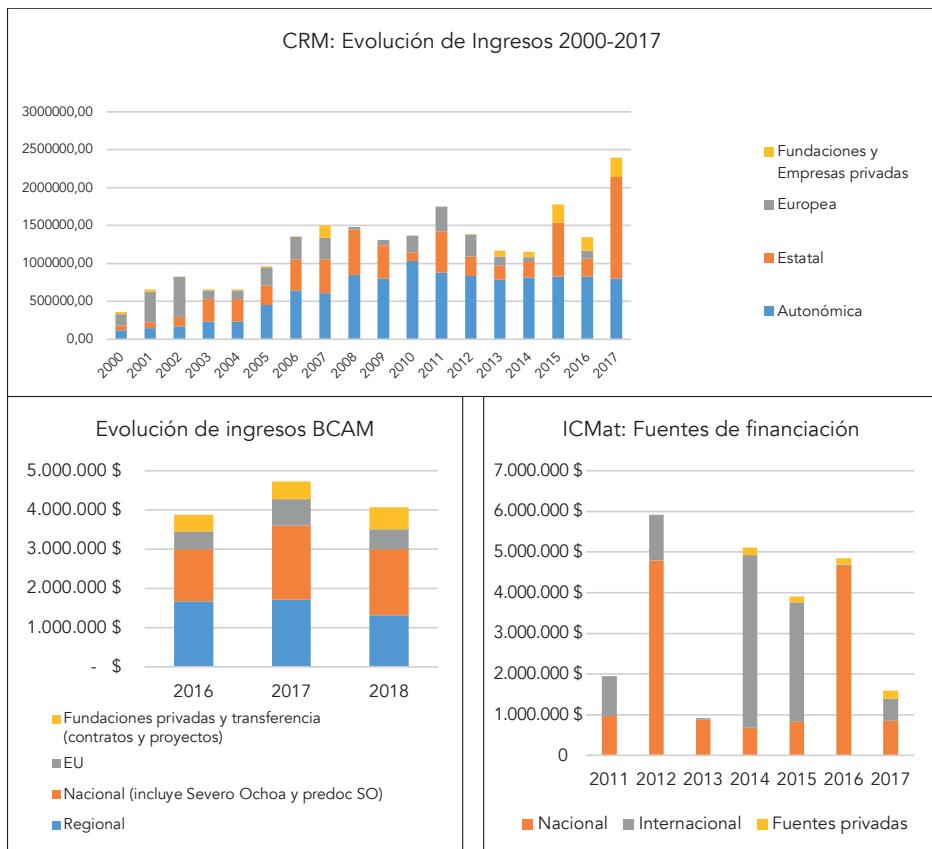


Como dato, recibido del ICMAT y no tan positivo, señalar que este comenzó en 2011 con un 16,22% del personal en formación extranjero, habiendo caído este porcentaje a niveles del 8,47% en el año 2017.

ITMATI participa en el Proyecto ROMSOC, en el marco del programa Marie Skłodowska-Curie del H2020 para Doctorandos Europeos Industriales y cuenta con un programa de alumnado en prácticas en el marco de varios convenios que el centro ha firmado con diversas instituciones educativas.

Las fuentes de financiación en el CRM, BCAM e ICMAT están distribuidas como indica la siguiente figura:

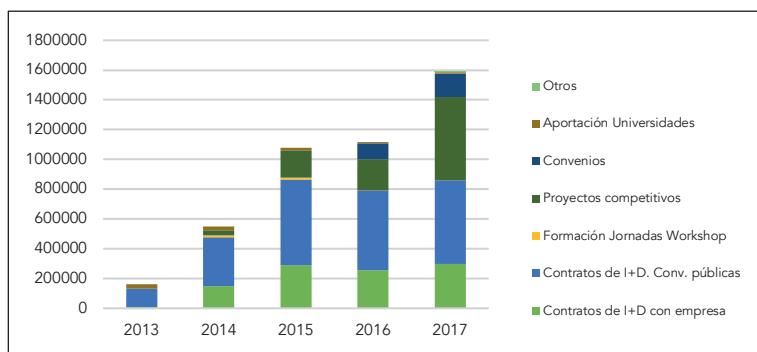
Figura 51. Ingresos CRM-BCAM-ICMAT



Creemos importante destacar la baja financiación proveniente en estos tres centros de fuentes privadas, así como que el ICMAT no recibe financiación autonómica, frente al compromiso claro tanto de Cataluña y del País Vasco en este aspecto.

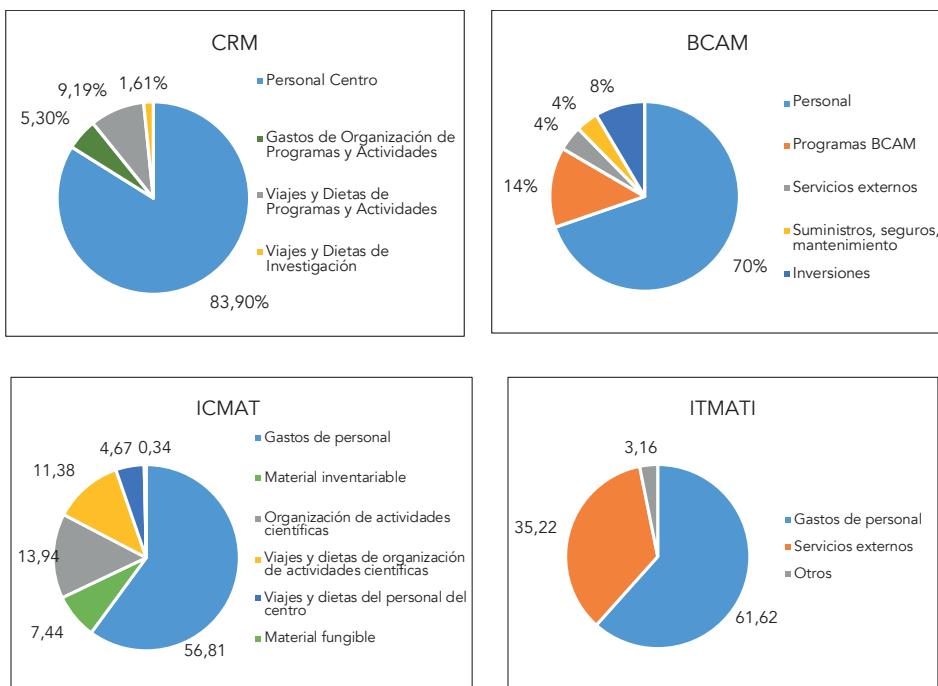
En cuanto al ITMATI, su financiación procede de contratos y proyectos de I+D con empresas o administraciones públicas, así como del convenio que el centro tiene firmado con las tres universidades gallegas y, en los últimos años, con la Xunta de Galicia. Hay que remarcar que en ITMATI no se ejecutan proyectos de investigación básica, como los proyectos competitivos del plan nacional, en los que pueda participar el personal investigador adscrito a través de sus universidades.

Figura 52. Fuentes de financiación del ITMATI



La distribución del gasto del año 2017 que puede observarse en la gráfica siguiente refleja claramente que la mayor parte del gasto en todos los centros de investigación se dirige al pago del personal propio del centro. Señalar, también, que tanto BCAM como sobre todo ITMATI reservan parte de su presupuesto a pagos por servicios que contratan a empresas externas.

Figura 53. Gasto en los centros de investigación en 2017



Es difícil resaltar las **fortalezas** de los centros de manera global. Quizás hay unos temas comunes en el caso del **BCAM, CRM e ICMAT** como son:

- Éxito en los programas Severo Ochoa y María de Maeztu.
- Participación institucional activa a nivel europeo a través de ERCOM y la EMS.
- Visibilidad internacional.
- Excelente personal de gestión.

Además, CRM e ICMAT mencionan la excelencia de sus instalaciones. Así mismo, de manera más individualizada:

- BCAM destaca a sus equipos de investigación multidisciplinarios en matemáticas, física, ingeniería y ciencias de la computación.
- CRM, su dinamismo y capacidad de adaptación a las nuevas interfaces.

- ICMAT, su gran experiencia en comunicación y divulgación de las matemáticas.

Mientras que en el caso del **ITMATI** destacamos su experiencia de 30 años previa en actividades de transferencia, dinamismo y adaptabilidad con las empresas en la transferencia de tecnología y la implicación y motivación de su personal del área de transferencia.

Algunas de las **debilidades** mencionadas no lo son realmente de los centros, sino del sistema de financiación y contratación español:

- Dificultades administrativas para contratar personal investigador extranjero, con el añadido de que los salarios españoles no son competitivos en comparación con otros países.
- La crisis económica ha hecho difícil la consolidación de los miembros jóvenes.
- Necesidad de una financiación estable.
- La financiación depende demasiado del sector público.
- Hay pocos recursos eficientes para el cálculo científico intensivo.
- El sector empresarial no es completamente consciente de los beneficios de las matemáticas.
- Experiencia limitada en la transferencia de conocimiento.

De manera conjunta, las **propuestas de mejora** recibidas fueron:

- Aumentar la participación en proyectos públicos competitivos a nivel regional, nacional e internacional.
- Impulsar la transferencia hacia la industria y la sociedad, especialmente en sectores como telecomunicaciones, salud, transporte, energía y aeronáutica.
- Flexibilización de la contratación de personal investigador incorporando extranjero.
- Incentivar la participación de mujeres matemáticas.
- Mejorar la obtención de recursos del sector privado.

Y de manera más individualizada:

- CRM ha de encontrar financiación estable para sus programas de investigación temáticos fuera del sector público.

- **BCAM**, consolidar, en investigación fundamental, el promedio de publicaciones de los investigadores e investigadoras que ya tienen, pero con un aumento sustancial de la calidad.
- **ICMAT**, una Escuela de Doctorado en Madrid y mejorar la gobernanza del ICMAT desde las instituciones que lo conforman.
- **ITMATI**, consolidación como un centro de referencia de investigación y transferencia en el ámbito de la matemática industrial a nivel nacional e internacional.

5.2. Centros y Unidades de Excelencia

El distintivo Centro de Excelencia Severo Ochoa y Unidad de Excelencia María de Maeztu, dentro del subprograma de Fortalecimiento Institucional del Plan Estatal de Investigación Científica Técnica y de Innovación, tiene como objetivo financiar y acreditar los centros y unidades públicas de investigación, en cualquier área científica, que demuestran impacto y liderazgo científico a nivel internacional y que colaboran activamente con su entorno social y empresarial. En matemáticas han sido galardonados con el distintivo de Centro de Excelencia Severo Ochoa los centros ICMAT y BCAM (ya analizados previamente en este capítulo en gran medida) y como Unidad de Excelencia María de Maeztu, la Barcelona Graduate School of Mathemtacis, BGSMATH.

La única Unidad de Excelencia María de Maeztu en la actualidad, la BGSMATH, agrupa unos 300 investigadores e investigadoras afiliadas, de los cuales, 60 son estudiantes de doctorado y unos 25 posdoctorales, financiados además de por los programas propios, por becas competitivas como IF Marie Curie, Juan de la Cierva, Beatriu de Pinós y contratos a cargo de proyectos H2020 en su mayoría. Los IP (investigadores principales) son profesorado de las universidades asociadas, así como líderes de grupo del CRM.

En el período de junio 2015 a junio 2018, la BGSMATH ha realizado dos convocatorias predoctorales y cinco posdoctorales (ya estudiadas y analizadas en el epígrafe 3.4 de este capítulo). Si nos fijamos en la concesión, en el caso de las posiciones predoctorales, un 37,5% fueron para mujeres. Respecto a la procedencia de las personas solicitantes y seleccionadas, el porcentaje de solicitudes es principalmente extranjero (entre el 75% y 85%). En el caso de las ayudas predoctorales, la mitad de las y los que obtienen la beca son de España. Los datos de estas convocatorias aparecen recogidos en la tabla 9.

Tabla 9. Programa María de Maeztu predoctoral en la BGSMATH

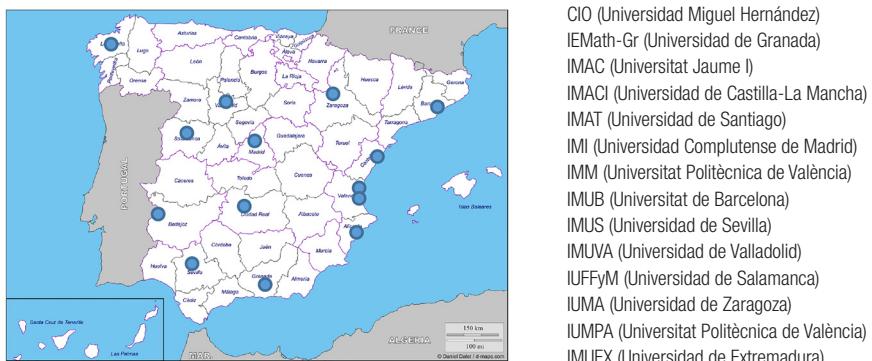
Convocatorias Doctorales	Plazas	Solicitudes	% Mujeres solicitantes	% Mujeres contratadas	% Solicitantes Internacional		% Contratados internacional	
					EU	No EU	EU	No EU
MDM-2016	4	81	22%	50%	21%	38%	25%	50%
MDM-2017	4	41	24%	25%	15%	34%	25%	0%
TOTAL DOCS	8	122	23%	33%	19%	37%	25%	50%

5.3. Red de Institutos Universitarios

La Red de Institutos Universitarios de Matemáticas (RedIUM) se gestó en 2007 y se constituyó formalmente en abril de 2013. Está formada por catorce Institutos Universitarios de Investigación creados al amparo de la Ley Orgánica de Universidades de 2001, los cuales acogen y representan a la mayoría de los grupos de investigación en matemáticas de las universidades de Barcelona, Castellón, Castilla-La Mancha, Complutense de Madrid, Elche, Extremadura, Granada, Politécnica de Valencia, Salamanca, Santiago de Compostela, Sevilla, Valladolid y Zaragoza.

Dichos institutos están repartidos por toda España de la siguiente manera:

Figura 54. Institutos de Investigación Redium



Los catorce Institutos Universitarios de Investigación que componen la RedIUM acogen la mayoría del personal investigador en matemáticas de nuestro país en todas las áreas de conocimiento. Este hecho confiere a la red una capacidad

de coordinación privilegiada y representatividad legítima ante sus interlocutores en la ciencia española y en ciertos sectores de la arena internacional.

Los Institutos Universitarios de Investigación están contribuyendo, mediante la adopción de usos y procedimientos propios de los centros de investigación de referencia internacional, a la modernización de la gestión de la investigación en el sistema universitario español. Su influencia está siendo esencial para la necesaria evolución de los sistemas de acceso de personal investigador joven a puestos temporales o indefinidos en las universidades, que es uno de los grandes desafíos en el momento actual y lo seguirá siendo en los próximos años. En el caso de las matemáticas, los institutos que integran la RedIUM han mostrado su voluntad de actuar coordinadamente y avanzar ideas que puedan guiar y afianzar los cambios que el sistema va requiriendo.

Los objetivos principales de la red son:

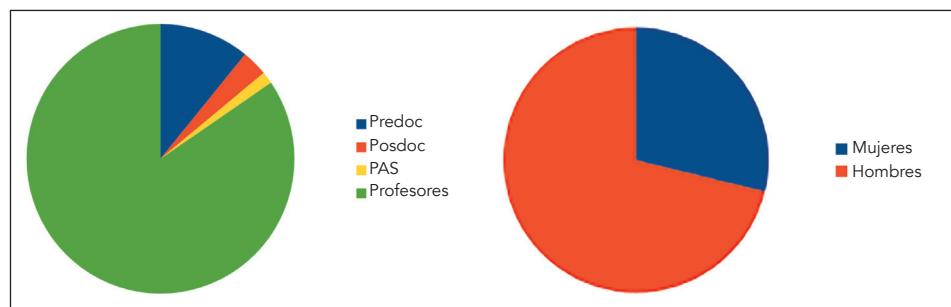
- Apoyar a los grupos de investigación con el propósito de reforzar la infraestructura de la matemática española, poniendo a su disposición personal y recursos para facilitar la movilidad de personal investigador y la organización de actividades.
- Conseguir una mayor visibilidad de las acciones y resultados de los grupos de investigación tanto en el ámbito nacional como internacional.
- Organizar conjuntamente actividades científicas (cursos, encuentros, debates, etc.) en temas relevantes que no estén incluidos en los planes de actuación de otras redes existentes o que sean de carácter interdisciplinar.
- Aunar esfuerzos y financiación para posibilitar acciones que vayan más allá del entorno de cada instituto, como la oferta de becas posdoctorales para estancias repartidas entre dos o más institutos de la red o las oportunidades de transferencia de conocimiento a otros ámbitos.
- Emprender de manera coordinada actuaciones de representación institucional que influyan en el progreso de las matemáticas.
- Estudiar y promocionar diversos aspectos de las matemáticas a través de la colaboración entre los institutos que componen la red.

Todos los institutos de la RedIUM poseen en común la voluntad de actuar conjuntamente en la formación de jóvenes investigadores e investigadoras, así como de buscar vías para facilitarles la incorporación laboral.

El personal investigador adscrito a los institutos es, en general, activo en investigación de las universidades que los acogen (aunque cuentan también con investigadores e investigadoras de otras universidades, a través de convenios bilaterales), junto con otro personal contratado. Su financiación es muy variable y surge en parte de los proyectos de investigación competitivos obtenidos por sus miembros, de contratos de investigación con empresas y por dotación anual fija (y/o por resultados) proveniente de sus propias universidades u otros organismos.

Al recoger los datos relativos al personal, hay que tener en cuenta que, fundamentalmente, está formado por el profesorado universitario adscrito a cada instituto. Resulta muy complicado hacer un análisis evolutivo del personal de los institutos de RedIUM, dada la diversidad característica de cada uno de ellos, que cada uno ha sido generado en distintos años (por ejemplo, del IMUEX no ofrecemos datos al ser de reciente creación), etc. Otros aspectos que cabe mencionar es que, en algunos casos, los contratos predoctorales y posdoctorales están adscritos a los departamentos y no a los institutos, y es por ello que los números reflejados son inferiores a los que realmente están dirigidos por IP de institutos. Presentamos a en la figura 55 la situación de personal de RedIUM en el año 2017.

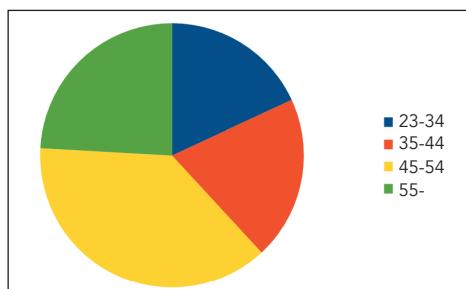
Figura 55. Distribución del personal de RedIUM en 2017



Sobre un total de 900 personas, el profesorado universitario son 761, lo que representa más de un 84%. El colectivo de personas contratadas predoctorales le sigue, con 98, casi un 11%. También obtenemos que las mujeres son 259, lo que representa algo menos de un 29%. La distribución del personal por edades en 2017 aparece representada en la figura 56, donde se observa una escasez de plantilla joven en RedIUM, motivado por el hecho comentado anteriormente,

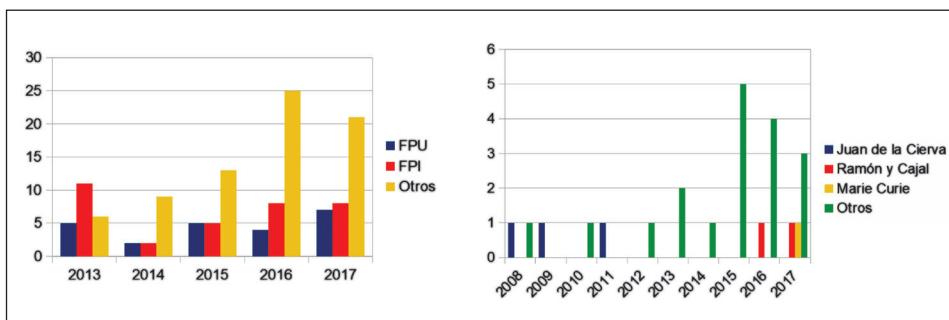
que el personal predoctoral y posdoctoral está adscrito en varios casos a departamentos y no a institutos.

Figura 56. Distribución por tramos de edad del personal de RedIUM en 2017



En lo que concierne a la contratación de personal joven investigador, una vez más los datos vienen sesgados por las adscripciones a departamentos. En la captación de contratos predoctorales hemos recogido los datos del último quinquenio, 2013/2017, del periodo de estudio y para los posdoctorales, el decenio 2008/2017, tal y como aparecen en la figura 57:

Figura 57. Evolución de la captación de contratados predoctorales (2013/2017) y posdoctorales (2008/2017)



Los datos de las fuentes de financiación en RedIUM vienen igualmente sesgados por la diferente situación de los institutos, donde en algunos casos (IEMath-Gr, IMI, IMUB, IMUS, IUFFyM y IUMA) los institutos no gestionan directamente proyectos competitivos ni convenios. Las fuentes y el gasto en 2017 están distribuidos como aparece en la figura 58:

Figura 58. Fuentes de financiación y distribución del gasto en 2017



Podemos, por tanto, observar que el grueso de la financiación proviene de los proyectos nacionales, a pesar de la situación indicada de los institutos que no gestionan proyectos. La distribución del gasto del año 2017 que puede observarse en la gráfica siguiente, refleja también que la mayor parte del gasto se dedica al pago del personal propio, seguido de viajes y dietas.

REDIUM es la estructura que aglutina el mayor porcentaje de investigadores e investigadoras en matemáticas. En consecuencia, presenta una gran diversidad y resulta complicado resaltar las fortalezas de los institutos de RedIUM globalmente. Los temas comunes los podríamos resumir en:

- Gran agilidad de puesta en marcha de iniciativas y nuevos programas.
- Excelente actividad generada en términos de publicaciones, proyectos, contratos con empresas y formación de personal investigador.
- Óptimo rendimiento y eficacia en resultados científicos y de formación de personal investigador relativo a la financiación recibida.
- Contar con un sólido apoyo institucional por parte de las respectivas universidades y, a su vez, disponer de mejores posibilidades de acceso a becas y ayudas de las propias universidades.

Algunas de las debilidades mencionadas no lo son realmente de los institutos de RedIUM, sino del sistema de financiación y contratación español:

- Dificultades administrativas para contratar personal investigador del extranjero, con el añadido de que los salarios españoles no son competitivos en comparación con otros países.
- La crisis económica ha hecho difícil la consolidación de los miembros jóvenes.
- La financiación depende demasiado del sector público.

- Hay pocos recursos eficientes para el cálculo científico intensivo.
- El sector empresarial no es completamente consciente de los beneficios de las matemáticas.
- Dificultades para acceder a las distinciones de excelencia María de Maeztu o Severo Ochoa, dado el modelo actual tan restrictivo de las normativas reguladoras.

Las propuestas de mejora consistirían en:

- Aumentar la participación en proyectos públicos competitivos a nivel regional, nacional e internacional.
- Impulsar la transferencia hacia la industria y la sociedad, especialmente en sectores como telecomunicaciones, salud, transporte, energía y aeronáutica.
- Flexibilización de la contratación de personal investigador incorporando a personas del extranjero.
- Incentivar la participación de mujeres matemáticas.
- Mejorar la obtención de recursos del sector privado.

5.4. ICREA e IKERBASQUE

Las dos instituciones por excelencia que tienen programas de captación de talento sénior son ICREA e IKERBASQUE.

En particular, BCAM se nutre de personal consolidado exclusivamente a través de IKERBASQUE, mientras que ICREA proporciona talento no solo al CRM, sino también a las universidades catalanas.

IKERBASQUE: en 2007, el Gobierno Vasco lanzó IKERBASQUE para ayudar a desarrollar la investigación científica mediante la atracción y recuperación de investigadoras e investigadores excepcionales. Su misión es reforzar la ciencia en Euskadi en cooperación con los centros de investigación y universidades comprometidos con la excelencia.

En el análisis de los datos recibidos no es posible hacer una separación entre matemáticas e ingeniería, pues en las convocatorias de Ikerbasque ambas van juntas. Ahora bien, el personal contratado sí ha sido separado por áreas y, por tanto, se ha podido analizar al matemático. En esta convocatoria, la media de

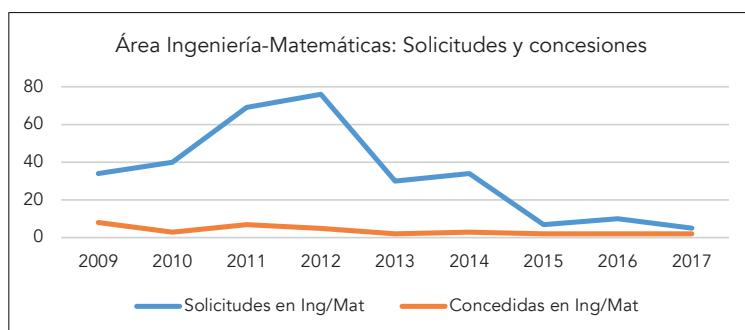
solicitudes de matemáticas e ingeniería está en el 12,8% de las solicitudes totales y la tasa de éxito media de los evaluados en esta área está en el 15,9%.

Tabla 10. Distribución solicitudes Ikerbasque por áreas

Research Professors -Senior		Total solicitudes 2007/2017
Áreas	Número de ayudas solicitadas	Porcentaje solicitudes
Física	1.414	51,32
Ciencias médicas y de la vida	629	22,82
Ciencias sociales y humanidades	357	12,98
Matemáticas e ingeniería	355	12,88
Total solicitudes	2.755	

Además, es importante indicar que ha habido un descenso muy grande en el número de solicitantes de todas las áreas pasando de 445 solicitudes en el año 2011 hasta 42 solicitudes en 2018. Con respecto a matemáticas hubo alrededor de 65 solicitudes en 2011 y en 2012 hasta tan solo 5 solicitudes en 2018. Esto puede observarse en la figura 59. La razón por la que esto sucede es porque en los últimos años se ha puesto una condición de cofinanciación por parte de los centros de acogida y una condición imprescindible para poderse presentar es la emisión de una carta de aceptación del centro. Por otro lado, los centros comienzan a saturarse de personal y no aceptan tantas candidaturas como antes.

Figura 59. Solicitudes y concesiones en Ikerbasque



Desde 2009 se han contratado 11 investigadores e investigadoras de matemáticas con una edad media, en el momento del contrato, de 41 años y una

edad media actual de 46. El 91% son hombres y el 36% proceden de España. La captación de talento extranjero es fundamentalmente de Europa. El 64 % de los contratados son del área de matemática aplicada, lo cual es razonable pues el 73% es personal del BCAM.

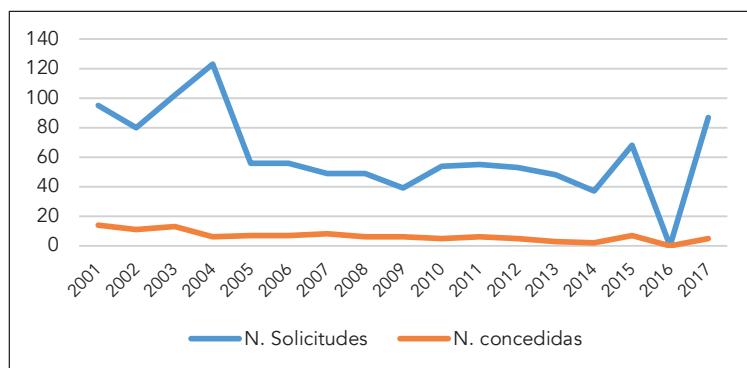
Se ha de mencionar que, desde 2012, Ikerbasque tiene también una convocatoria de captación de talento joven. Se han contratado 7 personas con una edad media en el momento de empezar el contrato de 36,9 años y una edad media actual de 40 años. El 57% es de nacionalidad española y el 43% restante, ciudadanía europea. El 71% son hombres.

En esta convocatoria, la media de solicitudes de matemáticas e ingeniería está en el 12% de las solicitudes totales y la tasa de éxito de las y los evaluados en esta macroárea está en el 9,7%.

ICREA (Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados): *es una fundación que trabaja de la mano de las universidades y centros de investigación catalanes para integrar al profesorado de investigación ICREA en el sistema de investigación catalán.*

La convocatoria de captación de talento sénior comenzó en el año 2001 a razón de una convocatoria por año, si bien desde 2015 se van intercalando los diferentes paneles. Desde 2001, el total de solicitudes recibidas han sido 3.736, de las cuales el panel de Ciencias Experimentales y Matemáticas recibió 1.051 distribuidas anualmente como puede observarse en la figura 60:

Figura 60. Solicitudes/concesiones ICREA



La tasa de éxito del panel de Ciencias Experimentales y Matemáticas fue del 11%. Ahora bien, hemos de mencionar que en la actualidad la tasa de éxito global es del 5% debido a que el volumen de plazas que se ofrecen anualmente ha disminuido (ahora son solamente 10), mientras que el número de solicitantes no lo ha hecho.

En lo que respecta al área exclusivamente de matemáticas, se han contratado 15 investigadores e investigadoras con una edad media en el momento del contrato de 40,4 años y una edad media actual de 50,1.

Solo hay una mujer ICREA en matemáticas, es decir, un 6% de los ICREA del área.

6. ANÁLISIS DE LAS PUBLICACIONES

El estudio se ha realizado utilizando como fuentes de información las bases de datos de MathSciNet y de Clarivate Analytics (fundamentalmente, InCites). MathSciNet es una base de datos online especializada en matemáticas que reúne a nivel internacional la literatura matemática publicada desde 1940 hasta la actualidad. InCites es una herramienta de análisis bibliométrico que recoge toda la producción científica de una institución incluida en la base de datos Web of Science desde 1981 hasta el momento actual.

En la base de datos MathSciNet se ha conseguido la producción científica matemática en España mediante la búsqueda de documentos con firma española publicados durante el periodo 2000/2017. En InCites, por otro lado, se ha recuperado la producción científica matemática en España mediante la búsqueda de artículos publicados en revistas JCR y también en revistas indexadas en Web of Science con alguna firma española durante el periodo 2000/2017.

Entre los distintos tipos de documentos o publicaciones que distinguen las distintas bases de datos, en este estudio nos centraremos en los artículos.

6.1. Producción matemática en MathSciNet

En la tabla 11 se recogen exclusivamente los artículos en revistas que contiene la base de datos MathSciNet por tres décadas (la anterior al estudio, la primera y la última del periodo estudiado).

Tabla 11. Producción de artículos en revistas de matemáticas por décadas

Década	España	UE	% España/UE	Mundial	% España/Mundial
1990-1999	11117	140175	7,93 %	481504	2,31 %
2000-2009	23789	217739	10,93 %	709043	3,36 %
2008-2017	31821	275105	11,57 %	921104	3,35 %

Se puede observar que la aportación relativa (en porcentaje) respecto a la Unión Europea ha ido creciendo en cada una de las décadas, y respecto a la mundial ha habido un muy ligero descenso porcentual en la última, debido sin duda a la reciente pujanza productiva de países como China.

La distribución de la producción matemática según el tipo de publicación, recogida en la base de datos MathSciNet, distingue tres tipos de publicaciones: artículos en revistas, libros y actas de congresos. La aportación española correspondiente al periodo 1990/1999 respecto a la mundial (UE) fue, respectivamente, de 2,31% (7,93%), 0,64% (3,63%) y 2,8% (7,83%). En el decenio 2008/2017 pasó a ser de 3,35% (11,57%), 1,63% (7,11%) y 3,36% (7,79%), respectivamente.

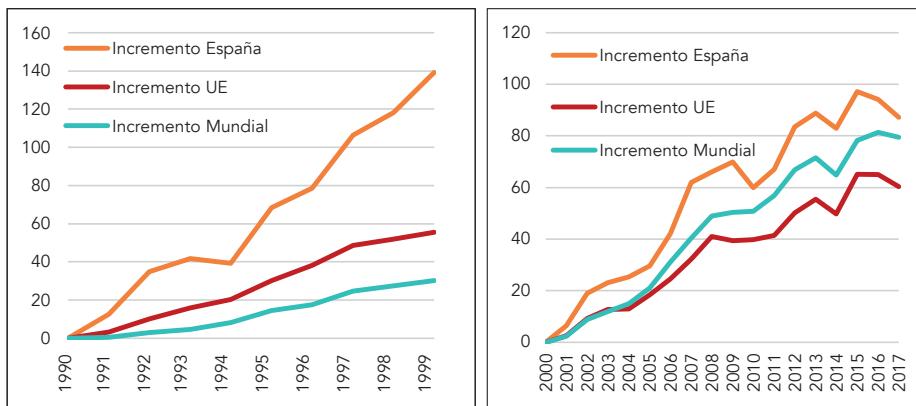
Es importante destacar también cómo se distribuye internamente la producción española en cada uno de los dos decenios mencionados, siendo de 73%, 1%, 26% en 1990/1999 para pasar a 89%, 1% y 10% en 2008/2017, respectivamente, de artículos en revistas, libros y actas de congresos. Esta diferencia en el reparto se puede deber, en gran parte, a los criterios para la obtención de tramos de investigación, de acreditaciones nacionales, etc.

a) Comparación entre la producción matemática mundial y la española

A continuación, analizamos la evolución anual de la producción matemática de artículos (española, europea y mundial) durante los periodos 1990/1999 y 2000/2017, según MathSciNet.

La producción española se incrementó en aproximadamente un 139% durante la década de los 90, mientras que la producción de la UE lo hizo en un 56% y la mundial, en un 30%. En comparación, la producción española se ha incrementado en aproximadamente un 87% en el periodo 2000/2017, la producción de la UE lo ha hecho en un 60% y la mundial, en un 80%.

Figura 61. Evolución porcentual de la producción matemática en 1990/1999 y 2000/2017



6.2. Bases de datos de Clarivate Analytics

Para obtener la producción matemática en España durante el periodo 2000/2017 de la base de datos InCites, se ha limitado la búsqueda de resultados solo a artículos, con algún firmante en entidad española, publicados en revistas JCR durante el periodo 2000/2017 del área “Mathematics”, según el esquema “Essential Science Indicators”. Se obtienen 24.581 artículos.

En primer lugar, se estudia la evolución de la producción matemática en España con la producción matemática mundial durante los períodos 1990/1999 y 2000/2017 según InCites. En el primer periodo, pasamos de 264 artículos en 1990 en España, siendo 14.126 el mundial, lo que representa un 1,87%, a 826 sobre 19.598 (4,21%) en 1999, luego la producción española se incrementó en un 213% y la producción mundial lo hizo en un 39% en esa década.

La aportación matemática española ha pasado de representar el 3,03% de la producción matemática mundial en la década de los 90 al 4,38% en el periodo 2000/2017. A pesar de ello, en los últimos seis años de este segundo periodo, la producción española se ha quedado esencialmente estabilizada alrededor de los 1.700 artículos por año.

La producción matemática española se ha incrementado en un 91%, mientras que la producción matemática mundial lo ha hecho en un 124%. Para tener una visión más amplia de la contribución de la investigación matemática española a la investigación matemática mundial, así como poder comparar esta contribución

de España con la de otros países con mayor número de artículos en matemáticas, ampliamos el rango de búsqueda a todos los artículos de matemáticas que están indexados en Web of Science (lo cual recoge algunos más que los publicados en revistas JCR) en el periodo 2000/2017 dentro del área “Mathematics”, según el esquema “Essential Science Indicators”, y se han recogido en la tabla 12 los siguientes datos:

- Porcentaje de la producción matemática nacional respecto de la producción matemática mundial, según InCites.
- Posición de la contribución de la investigación matemática nacional a la investigación matemática mundial dentro de las 22 áreas del esquema “Essential Science Indicators”. Entre estas áreas se considera el área “Multidisciplinary” para aquellas revistas que no tienen un área predominante y no se pueden ubicar en alguna de las otras.

Tabla 12. Repercusión producción matemática nacional respecto a la producción matemática mundial en 2000/2017

País	Artículos Matemáticas	"% relativo Nacional - Mundial"	Posición de Matemáticas
Estados Unidos	141.919	23,97 %	17
China	97.248	16,43 %	5
Francia	49.608	8,38 %	2
Alemania	41.250	6,97 %	13
Reino Unido	32.484	5,49 %	19
Italia	30.912	5,22 %	5
Rusia	27.178	4,59 %	5
Japón	27.087	4,58 %	17
España	25.295	4,27 %	7
Canadá	25.059	4,23 %	15
Mundial	59.2051		

A la vista de los resultados, España ocupa la posición 9 mundial en cuanto a producción en ese periodo, y matemáticas es la séptima disciplina en España con mayor repercusión en la producción mundial. Esto es, en España hay seis áreas cuya producción española tiene un peso mayor a 4,27% en la producción mundial.

La tabla 13 recoge el peso de la producción española en la mundial y europea en cada una de las áreas en el periodo 2000/2017. Es un hecho destacable que la matemática española esté en posición 7 entre las 22 áreas científicas, tanto en atención a la producción relativa a la mundial como a la europea (EU-28) en el periodo 2000/2017.

Tabla 13. Comparativa productiva de España con el mundo y con Europa en el periodo 2000/2017. Entre paréntesis, posición relativa a Europa

Posición	Área	España	Mundial	% relativo mundial	EU-28	% relativo EU-28
1	Space Science (2)	17.318	219.962	7,87 %	118.093	14,66 %
2	Agricultural Sciences (1)	33.498	542.029	6,18 %	178.603	18,76 %
3	Environment/Ecology (3)	28.324	590.747	4,79 %	220.556	12,84 %
4	Computer Science (4)	24.474	535.561	4,57 %	193.625	12,64 %
5	Plant & Animal Science (5)	46.128	1.028.217	4,49 %	374.029	12,33 %
6	Economics & Business (8)	15.835	360.640	4,39 %	148.233	10,68 %
7	Mathematics (7)	25.295	592.051	4,27 %	233.112	10,85 %
8	Immunology (11)	12.937	329.191	3,93 %	131.049	9,87 %
9	Microbiology (10)	10.565	271.034	3,90 %	101.889	10,37 %
10	Chemistry (6)	91.661	2.404.360	3,81 %	761.664	12,03 %
11	Neuroscience & Behavior (17)	24.497	682.546	3,59 %	271.941	9,01 %
12	Psychiatry/Psychology (13)	18.772	524.720	3,58 %	196.309	9,56 %
13	Physics (14)	59.798	1.691.697	3,53 %	631.845	9,46 %
14	Geosciences (18)	20.710	610.619	3,39 %	239.999	8,63 %
15	Molecular Biology & Genetics (16)	19.993	603.419	3,31 %	220.835	9,05 %
16	Engineering (9)	52.485	1.653.528	3,17 %	499.191	10,51 %
17	Pharmacology & Toxicology (12)	14.774	471.726	3,13 %	149.937	9,85 %
18	Biology & Biochemistry (20)	30.576	1.007.138	3,04 %	356.422	8,58 %
19	Social Sciences, general (19)	33.537	1.155.559	2,90 %	389.387	8,61 %
20	Clinical Medicine (22)	101.368	3.521.914	2,88 %	1.305.531	7,76 %
21	Materials Science (15)	27.863	1.100.982	2,53 %	306.444	9,09 %
22	Multidisciplinary (21)	621	29.847	2,08 %	7.450	8,34 %

6.3. Impacto científico de la producción matemática española

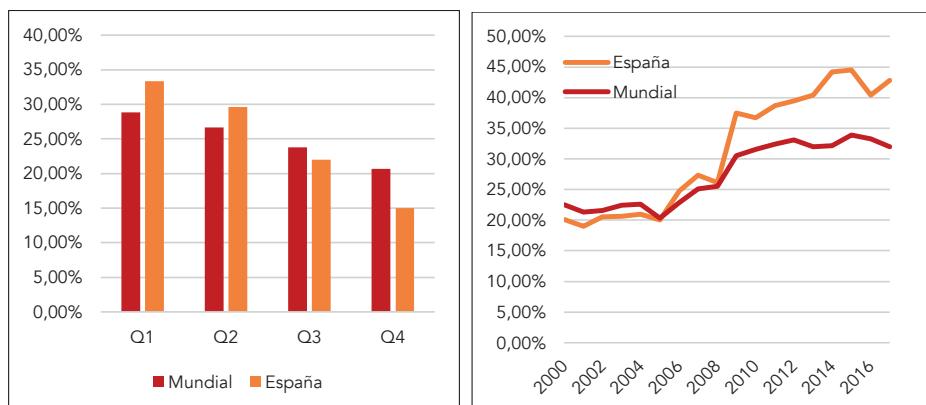
La base de datos InCites permite obtener datos de publicaciones con las revistas clasificadas por cuartiles, respecto al año de publicación. Aquí volvemos a limitar la búsqueda a artículos publicados en revistas JCR durante el periodo 2000/2017 del área “Mathematics”, según el esquema “Essential Science Indicators”. En la tabla 14 se muestra las distribuciones de las producciones española y mundial por cuartiles durante el periodo 2000/2017.

Tabla 14. Distribuciones de las producciones matemática española y mundial por cuartiles

Cuartil	Artículos España	Artículos mundial	% Artículos respecto al total España	% Artículos respecto al total mundial
Q1	8.202	161.821	33,37%	28,82%
Q2	7.279	149.778	29,61%	26,68%
Q3	5.410	133.702	22,01%	23,81%
Q4	3.690	116.140	15,01%	20,69%

Presentamos un gráfico de barras comparando las dos distribuciones anteriores y otro gráfico donde se aprecia la evolución de porcentajes en Q1 española y mundial. Se observa que la distribución española está más desplazada hacia el primer y segundo cuartiles que la distribución mundial:

Figura 62. Distribución por cuartiles de la producción matemática en el periodo 2000/2017 y evolución de la producción matemática en revistas Q1



Por tanto, se puede apreciar claramente cómo las publicaciones en revistas JCR de matemáticas de España se han ido orientando cada vez más hacia el primer cuartil, superando en casi 10 puntos porcentuales a la mundial. Además, junto con Q2, observamos que en el último quinquenio del periodo, más del 70% de las publicaciones se encuentran en la primera mitad, según impacto de revistas JCR.

Tanto o más importante que publicar en revistas de alto impacto es analizar las citas recibidas por las publicaciones españolas, comparándolas con las medias mundiales, o con las citas recibidas por las publicaciones de los países de mayor relevancia mundial en matemáticas.

En primer lugar, analizaremos la evolución de la posición de España en cuanto a impacto científico (citas). Lo haremos comparando el quinquenio 1995/1999 con el 2013/2017:

Tabla 15. Artículos, citas actuales y posición de países según citas en los períodos 1995/1999 y 2013/2017

País	Artículos 1995-99	Citas a artículos en 1995-99	País	Artículos en 2013-17	Citas a artículos en 2013-17
Estados Unidos	28.852	619.125	Estados Unidos	46.091	187.565
Francia	8.827	137.350	China	45.763	161.096
Alemania	7.859	117.029	Francia	16.293	62.447
Reino Unido	5.532	109.739	Alemania	14.429	56.933
Canadá	4.829	78.675	Italia	10.809	49.340
Israel	2.247	71.503	Reino Unido	11.472	47.638
Italia	4.352	60.804	España	8.611	30.112
China	5.394	53.345	Canada	7.978	28.500
Japón	4.759	49.625	Japón	8.723	23.061
España	3.331	43.292	Arabia Saudí	4.123	21.978

Es decir, España ha pasado de estar en posición 10 en el quinquenio 1995/1999 a posición 7 en 2013/2017, según impacto científico, lo cual es una posición muy destacada.

Finalmente ofrecemos unos datos de impacto normalizado (impacto en citas normalizado por año dentro del área), el porcentaje de artículos que han obtenido citas, el percentil medio de todas las publicaciones y el porcentaje de colaboraciones internacionales en el periodo 2000/2017.

Tabla 16. Otros datos bibliométricos de la producción matemática española en el periodo 2000/2017

Artículos	Impacto normalizado	% Artículos citados	Percentil medio	% Colaboraciones internacionales
25.295	1,02	83,47 %	51,8	48,48%

7. ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA MATEMÁTICA EN ESPAÑA

7.1. Objetivos y metodología

Varios informes señalan el impacto significativo de las matemáticas en el empleo y el valor añadido. Se estima que 2,8 millones de empleos en el Reino Unido, el 9% del total, utilizan habilidades matemáticas y su contribución al PIB (producto interior bruto) en 208.000 millones (16%). Cifras que han sido corroboradas por otro estudio reciente en Francia, que estima su impacto en el 15% del PIB francés y el 9% del empleo total. En el caso de España, un reciente informe señala que el impacto de las actividades con intensidad matemática se situó en el 10,1% del total en 2016, en términos de Valor Añadido Bruto (VAB), mientras que generaron un millón de ocupaciones, lo que representó el 6% del empleo total de la economía española. Estas cifras, aun siendo menores que las de otros países europeos de nuestro entorno, deberían hacer que las industrias que aún no han incorporado las matemáticas en toda su estructura reconsideren sus estrategias, ya que el uso de tecnologías matemáticas avanzadas será la clave para su supervivencia y éxito frente a sus competidores.

El objetivo de este estudio es mostrar la capacidad y experiencia que tienen diferentes grupos de investigación españoles para realizar transferencia de conocimiento y tecnología a la industria y cómo se vio afectada por la crisis económica del 2008.

Nos basaremos en la capacidad de los diferentes grupos de captar recursos privados a través de proyectos o contratos con empresas (aun cuando parte del importe total del proyecto o contrato tenga cofinanciación pública).

Sería de desear el poder hacer un estudio dentro del ámbito de todas las matemáticas para medir el impacto de las matemáticas en el empleo y el valor añadido de la economía española, aunque este estudio es hoy por hoy demasiado ambicioso.

Debido a ello, hemos realizado un análisis utilizando diferentes fuentes de información que dividimos en tres partes, siendo conscientes de que, aunque sí podemos decir que todo lo recopilado en este estudio es transferencia matemática a la industria española, no es un estudio exhaustivo de ella y, por lo tanto, no toda la matemática industrial que se desarrolla en España aparece aquí. En la primera parte presentaremos la información obtenida a través de las unidades u oficinas de transferencia de cada una de las universidades, en la segunda parte la información recogida con apoyo de la infraestructura de la Red math-in y en la tercera la recibida por algunos de los centros de investigación analizados en este capítulo.

Finalmente, hemos de comentar que tal y como aparece reflejado en la página web del ministerio, el programa Torres Quevedo recoge ayudas de una duración de tres años a empresas, centros tecnológicos de ámbito estatal, centros de apoyo a la innovación tecnológica de ámbito estatal, asociaciones empresariales y parques científicos y tecnológicos para la contratación laboral de personas doctoradas que desarrollen proyectos de investigación industrial, de desarrollo experimental o estudios de viabilidad previos, a fin de favorecer la carrera profesional de las y los investigadores, así como estimular la demanda en el sector privado de personal suficientemente preparado para acometer planes y proyectos de I+D y ayudar a la consolidación de empresas tecnológicas de reciente creación. (Fuente: <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/>).

Desde el año 2011 hasta el 2017 se han concedido 1.680 ayudas de las cuales únicamente 3 fueron al ámbito de las matemáticas.

Estos datos son claramente una debilidad y se debería apostar por potenciar este programa en el área.

7.2. Transferencia del conocimiento de las universidades a las empresas

Aunque la recogida de información sobre la transferencia que se realiza desde nuestras universidades no es algo en lo que la comunidad matemática tenga una larga tradición. En este documento se han analizado los datos obtenidos a través

de las unidades o servicios de transferencia solicitados a todas y cada una de las universidades españolas. Es importante mencionar que la acogida a esta petición no ha sido completa, si bien la participación ha sido del 72%.

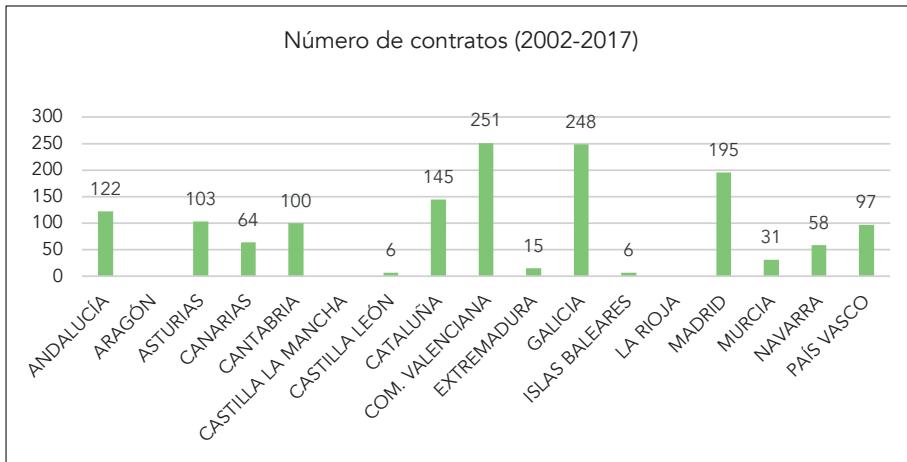
a) Metodología

- Se elaboró un documento en el que se solicitaban a las unidades y oficinas de transferencia el número de contratos y convenios que se hubieran firmado en el seno de cada universidad acogiéndose al artículo 83 de la LOU, así como las patentes en las que el IP fuera matemático o matemática desde enero de 2002.
- Se distribuyó la petición a través de la CRUE con la colaboración del rector de la Universidad de Barcelona, siendo la primera solicitud dirigida directamente a los rectores.
- Posteriormente, se volvió a solicitar la información a través de los vicerrectores de investigación.
- Se han tenido en cuenta todos aquellos casos en los que el IP fuera matemático o matemática, intentando disgregarlos por áreas de conocimiento.
- Se presentan los resultados por comunidades autónomas para poder comparar lo obtenido por este camino con lo presentado en el siguiente apartado. Hay que tener en cuenta que los períodos analizados son diferentes; mientras en el siguiente apartado se utilizan datos del periodo 2008/2018, en este apartado esos datos se refieren al periodo 2002/2018.

b) Resultados

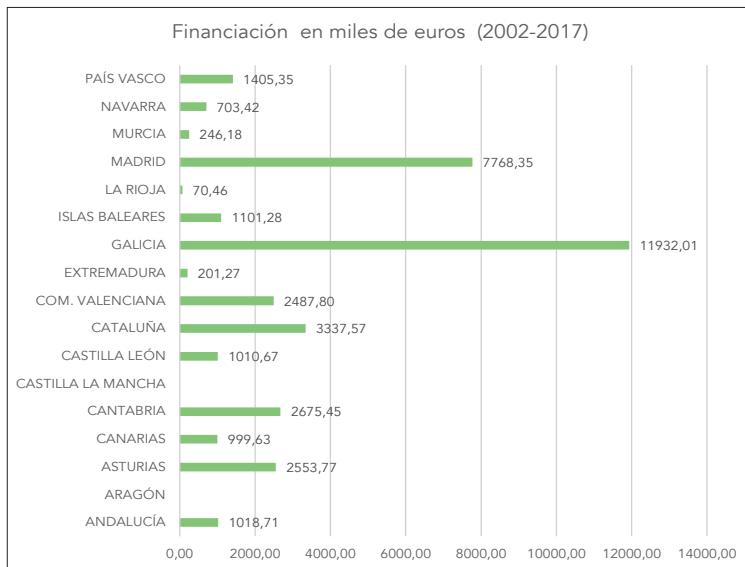
La distribución respecto al número de proyectos/convenios/contratos firmados con empresas bajo el amparo del artículo 83 de la LOU desde el 2002 por comunidades autónomas es el que aparece en la figura 63.

Figura 63. Distribución de contratos/convenios art. 83 LOU por CC. AA.



En cuanto a la captación de fondos proveniente de estos proyectos/convenios/contratos queda reflejada en la figura 64.

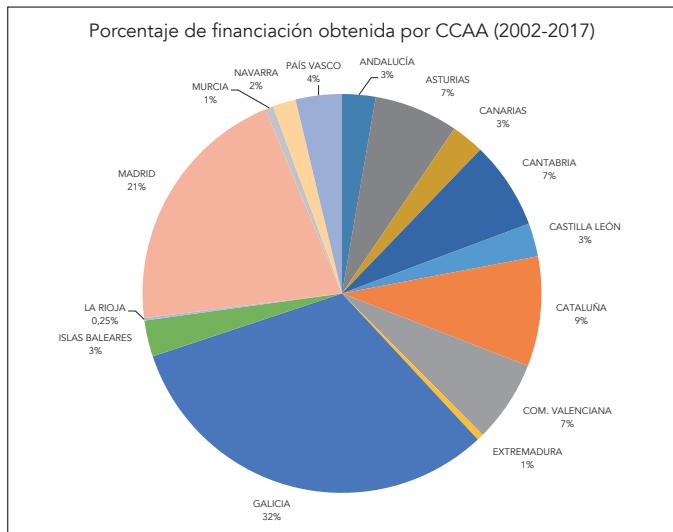
Figura 64. Captación de fondos art. 83 LOU por CC. AA. (en miles de euros)



Si observamos estos datos en cuanto al porcentaje de la captación de fondos que recae en cada comunidad autónoma, vemos que la distribución es irregular y que hay comunidades autónomas como Galicia y Madrid que sobresalen

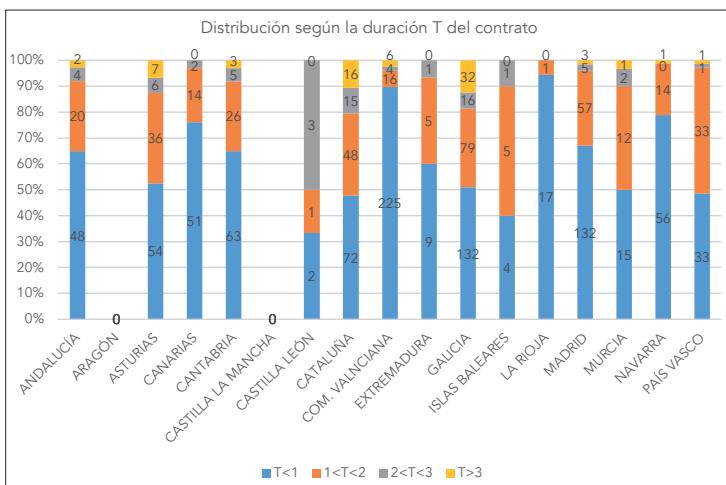
del resto. También es interesante observar los resultados en el Principado de Asturias, Cantabria y País Vasco, las tres con una única universidad pública, que alcanzan niveles más que aceptables.

**Figura 65. Captación de fondos porcentualmente art. 83 LOU por CC. AA.
(en miles de euros)**



La duración media de los contratos varía sustancialmente entre comunidades autónomas tal y como se aprecia en la figura 66.

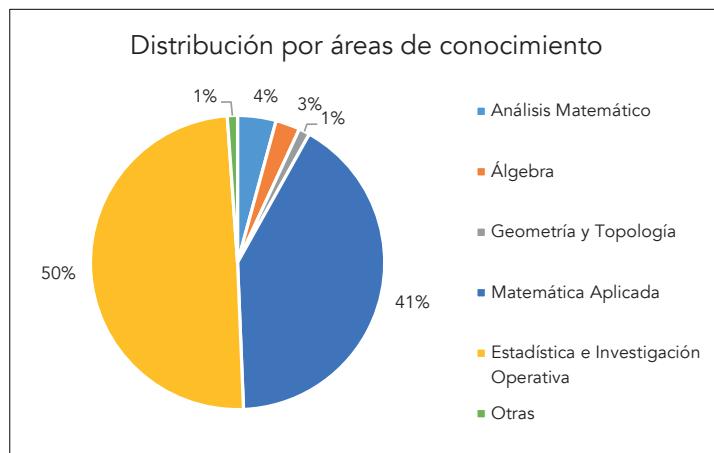
Figura 66. Duración de los contratos y convenios art. 83 LOU



De manera general, en todas las universidades que han respondido a la consulta, son los contratos inferiores a un año los más habituales (un 63% del total), seguidos por los que duran entre uno y dos años (2% del total). Por su parte, los que duran entre dos y tres años representan un 5% del total y siendo un 6% del total los de duración superior a los 3 años.

En cuanto a las áreas de conocimiento, estadística e investigación operativa y matemática aplicada son indiscutiblemente las más importantes tal y como se aprecia en la figura 67:

Figura 67. Distribución según área de conocimiento del IP



Para finalizar, señalar que el 80% de los IP son hombres, cifrándose la participación femenina en un 20%.

En la consulta que se realizó, también se solicitó el número de patentes que se han registrado por personal matemático en cada universidad. Desde el año 2002 hasta la actualidad, se han registrado 35 patentes en España por matemáticos, estando 33 de ellas lideradas por hombres y 2 por mujeres.

7.3. Matemática industrial a través de convenios y contratos con empresas

En la primera parte de este estudio hemos aplicado la siguiente metodología:

- (i) Usar los datos aportados por los diferentes grupos relativos a actividades desarrolladas, total o parcialmente, en el periodo 2008/2018. Con ello se complementa el informe de Quintela et al (2012a).

- (ii) Se ha analizado la transferencia de tecnología matemática, entendiendo que ello supone que el investigador o investigadora principal liderando la actividad pertenece a una de las cinco áreas de matemáticas, a saber, álgebra, análisis matemático, estadística e investigación operativa, geometría y topología o matemática aplicada, que son las encuadradas en el plan MTM nacional de matemáticas.
- (iii) Se ha hecho especial énfasis en todos los grupos de investigación que participaron en la Plataforma Consulting del Proyecto Consolider Ingenio Mathematica (i-MATH).
- (iv) Se han descartado todas aquellas entradas en la base de datos que no aportasen todos los datos; en particular, que no tuviesen cuantía o empresa, puesto que solo se ha considerado que un proyecto, contrato o convenio es de transferencia si hubo una empresa que financiase total o parcialmente el proyecto.
- (v) Dado que el estudio que se presenta corresponde al periodo 2008/2018, únicamente se han considerado, en el análisis presentado en este documento, aquellos cuya vigencia incluyese algún año en ese espacio de tiempo.
- (vi) Como el estudio objeto de este informe es el análisis de la transferencia de tecnología matemática en España, únicamente han sido tenidas en cuenta aquellas contribuciones en las que al menos una empresa tuviese una participación a través de la correspondiente aportación económica, en infraestructuras para la realización de pruebas experimentales o de personal.

Para la elaboración de este estudio se ha utilizado la infraestructura gestionada por math-in (la Red Española Matemática-Industria) a través de una base de datos dedicada a que los diferentes grupos de investigación socios de esta red introduzcan la información de las diferentes actividades de transferencia que llevan a cabo. Para dar una cobertura global a todos los grupos de investigación españoles en el ámbito de las matemáticas, se ha dado acceso a que otros grupos no socios de math-in pudiesen también aportar dicha información para cumplir con los objetivos marcados en este estudio. Para ello se han realizado varias campañas de divulgación de recogida de datos a través de la Red Estratégica de Matemáticas y de la propia Red Española Matemática-Industria.

Para ello, a mediados de abril de 2018, se contactó con los IP de los diferentes grupos, informando de la realización del presente estudio y de la importancia de aportar esa información, y se les asignó un usuario y una contraseña para acceder a la base de datos. Los datos que se tenían que aportar para cada proyecto, contrato o convenio de transferencia y, por tanto, en los que hubiera al menos una empresa implicada, eran: título, investigador o investigadora principal, fecha, sector, empresa y cuantía total de cada proyecto.

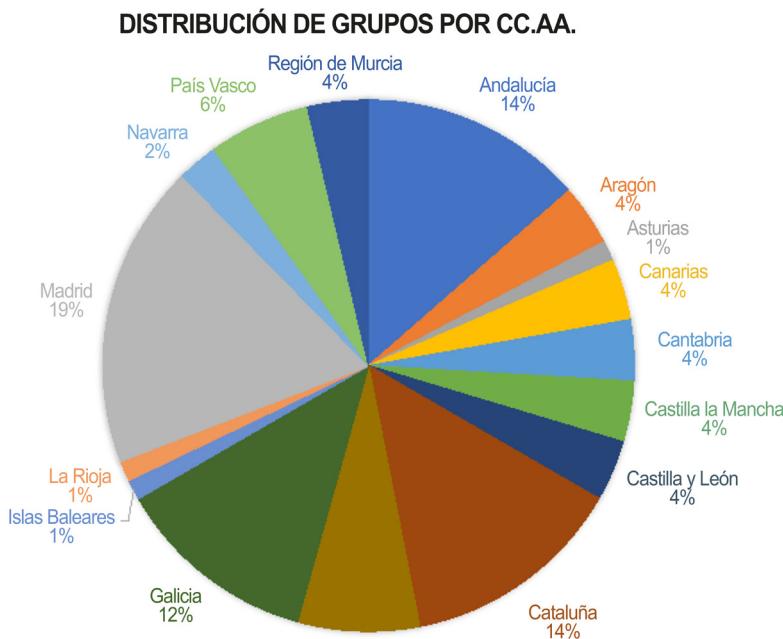
Tras hacer una primera revisión de toda la información que se introdujo en la base de datos de math-in en la campaña general, se realizó una segunda fase de captación de información para completar aquellos proyectos que tuviesen alguno de los campos indicados anteriormente vacíos o erróneos. Tras dar el tiempo suficiente para la subsanación de estos errores por los grupos de investigación implicados, se dio por finalizada esta parte del proceso a finales del mes de octubre de 2018. Todavía, y con el objetivo de facilitar que la información fuese lo más completa posible, se mantuvo abierto el proceso de recogida de información hasta finales de julio de 2019.

a) Mapa de grupos de investigación

En este estudio se han incluido los datos de 81 grupos de investigación pertenecientes a 34 universidades y centros de conocimiento españoles, distribuidos por 16 comunidades autónomas. Para ello se utilizó la base de datos que gestiona math-in, facilitando que dichos grupos, aunque no fuesen socios de esta red, pudiesen introducir la información de sus proyectos y contratos.

En la figura 68 se muestra la distribución de los grupos que realizan transferencia en el ámbito de las matemáticas según la comunidad autónoma en la que está adscrito su investigador o investigadora principal. Excepto en las comunidades de Ceuta, Extremadura y Melilla, en las demás se han registrado grupos de investigación que realizan transferencia efectiva a la industria.

Figura 68. Distribución de los grupos por comunidad autónoma



b) Mapa de sectores de actividad y oferta de capacidades matemáticas y experiencia en transferencia

En este informe se van a distinguir diferentes sectores de actividad. Para ello, se utilizará la clasificación de la European Industrial Activity Classification (NACE Rev.2), de igual modo que se hizo en Quintela et al (2012), de forma que los sectores considerados son los que se muestran en la figura 69. Se puede observar que de los 23 sectores únicamente en 2 de ellos (ganadería y gestión y conservación del patrimonio) no hay ninguna actividad de transferencia registrada.

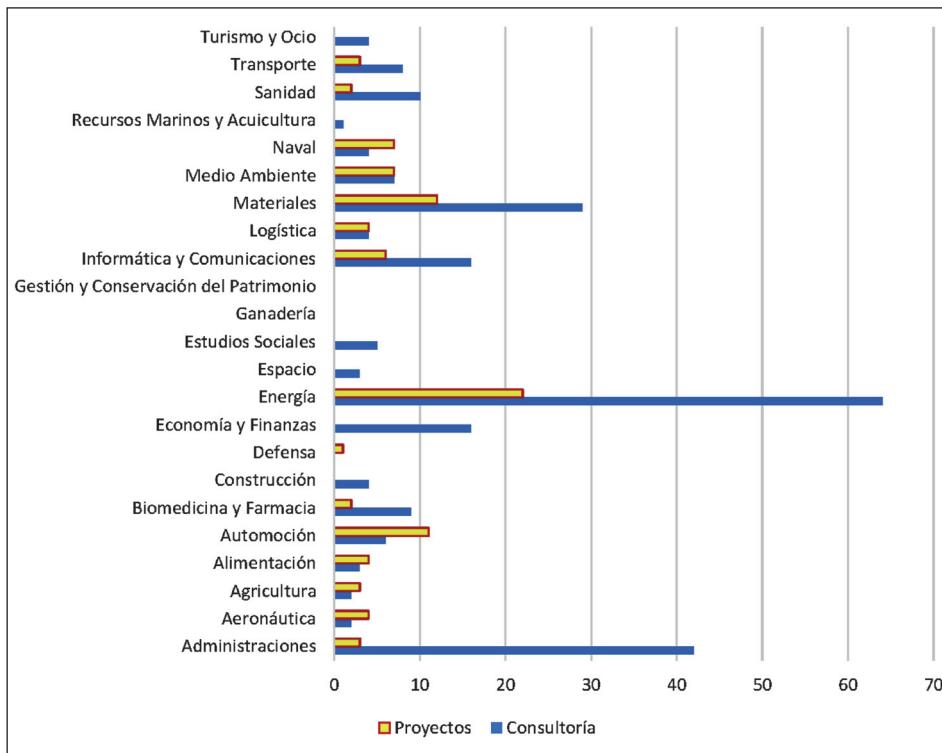
c) Oferta de capacidades matemáticas y experiencia en transferencia

Las matemáticas, y los grupos españoles identificados en este estudio, han demostrado que cubren la mayoría de los sectores de actividad enunciados en la sección anterior. En dicho apartado se muestra la experiencia de transferencia de tecnología matemática de los grupos españoles dependiendo del sector de actividad. Ese análisis lo haremos por sectores y también por grupos.

d) Oferta y experiencia por sectores

En el período 2008/2018 se han contabilizado 330 actividades de transferencia de tecnología matemática a la industria (239 catalogadas como consultoría y 91 como proyectos). En la figura 69 se muestran las experiencias de consultoría y los proyectos en función del sector de actividad en el que se enmarcan.

Figura 69. Número de experiencias y proyectos por sector



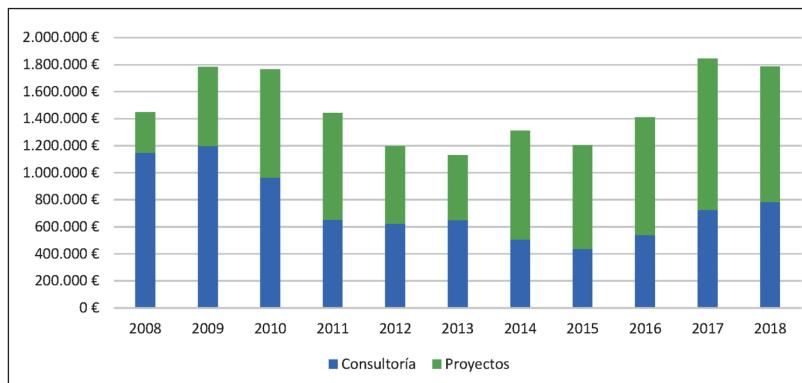
e) Análisis de la experiencia en transferencia

En esta sección se aborda la experiencia de los grupos de investigación incorporados en este estudio en relación con la capacidad de captación de recursos, tanto a través de contratos directos con empresas (consultoría) como a través de proyectos financiados en convocatorias públicas que cuentan con la participación de al menos una empresa (proyectos).

En el período considerado a través de las 330 actividades de transferencia contabilizadas se han captado un total de 16.327.435,93 euros (8.222.420,70 por contratos y 8.105.015,23 por proyectos), que corresponden a un valor medio anual de 1.484.312,36 euros (747.492,79 por contratos y 736.819,57 por proyectos).

En la figura 70 se muestran los recursos totales captados por año de ejecución a través de proyectos y de consultoría. Se observa un descenso en la captación de recursos a partir del año 2009 hasta el año 2013 y cómo, a partir de entonces, se empieza a recuperar.

Figura 70. Recursos totales captados



Entre los años 2008/2018 se han captado aproximadamente 8,2 millones de euros mediante las 239 experiencias de consultoría contabilizadas:

- Algo más de 5,1 millones corresponden a los grupos gallegos.
- Alrededor de 0,5 millones de euros, a los grupos de Castilla y León, País Vasco o Andalucía.

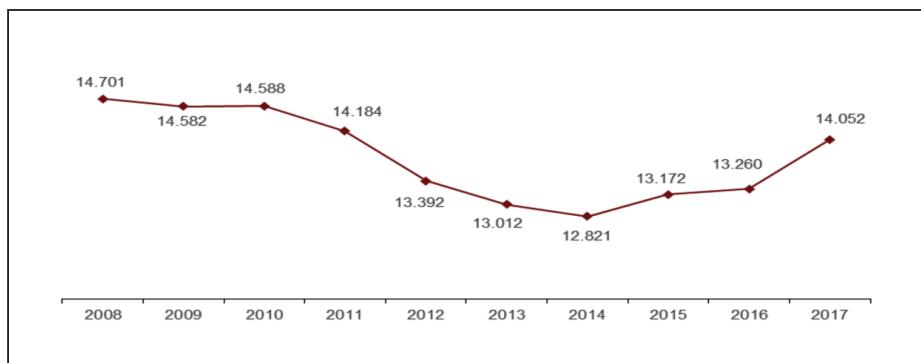
Por otra parte, aproximadamente 8,1 millones de euros han sido captados mediante los 91 proyectos contabilizados:

- 4,35 millones corresponden a los grupos gallegos.
- Casi 1,24 millones, a los grupos de Murcia.
- 0,6 millones de euros, a los grupos de Andalucía.
- Alrededor de 0,5 millones de euros, a los grupos vascos y canarios.

f) Conclusiones

El efecto que la crisis tuvo sobre la transferencia de tecnología matemática, y analizada a lo largo de este informe, se puede ver como una consecuencia directa de la reducción de la inversión total en actividades de I+D. En la figura 71 se muestra la evolución total de la inversión en I+D en España entre los años 2008 a 2017, dada en millones de euros (ver INE), mientras que en la figura 33 aparece la cantidad global destinada a MTM desde el año 2000 al 2017.

Figura 71. Evolución del gasto en I+D interna. Total nacional



7.4. Matemática interdisciplinar y matemática industrial en los centros de investigación

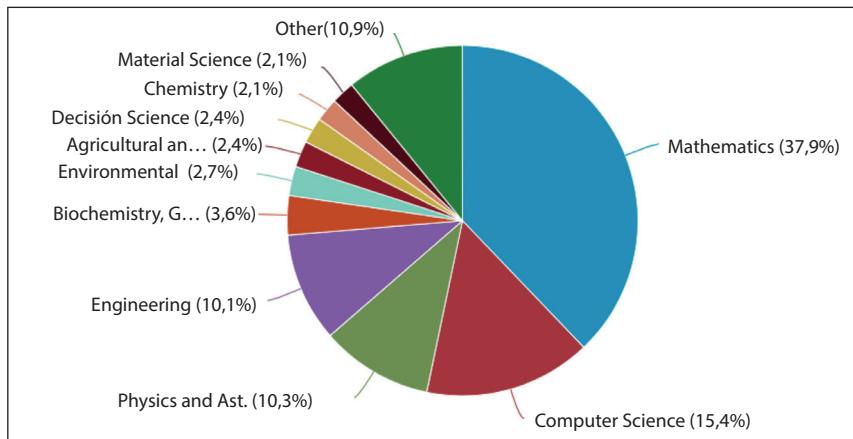
Además de la recogida de información explicada en los apartados anteriores, y en paralelo, se recabó información en los centros de investigación matemática ya analizados en este capítulo: CRM, BCAM, ICMAT e ITMATI. A continuación, presentamos el resumen de la información enviada por cada uno de ellos:

BCAM ofrece experiencia en muchos campos de investigación a PYMES y grandes grupos industriales, y apoya la creación de nuevas empresas. Como consecuencia, y para el desarrollo de soluciones matemáticas para desafíos científicos basadas en aplicaciones de la vida real, recientemente se ha creado la Unidad de Transferencia de Conocimiento (KTU Knowledge Transfer Unit) de BCAM con los siguientes objetivos:

- La KTU se caracteriza por la flexibilidad en términos de modelos de colaboración, trato personalizado, atención a las necesidades específicas de cada agente. Algunos ejemplos:
 - Asociaciones estratégicas.
 - Proyectos colaborativos de I + D + i.
 - Posiciones conjuntas / equipos de investigación.
 - Supervisión de estudiantes de máster y doctorado.
 - Cursos de formación.
 - Organización de actividades de difusión.
- Colaboración de transferencia. BCAM ha tenido colaboraciones con 29 entidades, tanto en contratos con empresas como proyectos con otros centros.

La investigación matemática interdisciplinar del BCAM puede visualizarse en la figura 72.

Figura 72. Matemática interdisciplinar en el BCAM



Prácticamente todos los grupos de investigación del CRM son, por vocación, de naturaleza interdisciplinar. Uno de los grupos está dedicado específicamente a la matemática industrial.

- Acciones en esta línea:

- Tiene una oficina de KTT cuya finalidad es fomentar las colaboraciones con empresas y otros institutos de investigación.
- Colaboración con la red Math-in, el Servicio de Estadística de la UAB y el Servicio de Consultoría Matemática de la UAB.
- Participación en el programa de Doctorados Industriales.
- Creación de una *start-up* (RheoDx) basada en una patente propia.
- Colaboración empresarial con más de 22 entidades.

Los objetivos de la unidad de KTT del CRM son:

- Colaborar en procesos de promoción de talento. Desde acogida a estudiantes de secundaria hasta la dirección de trabajos de grado, máster y tesis.
- Promover la interdisciplinariedad entre el personal investigador, a fin de colaborar al uso adecuado de las matemáticas en los diferentes ámbitos científicos.
- Actuar de promotor de innovación a través de los resultados de la investigación.
- Soluciones a problemas planteados desde la industria.
- Colaboración con proyectos de nuevas empresas en el proceso de valorización y mejora de resultados.

En línea con uno de los objetivos fundacionales, el ICMAT promueve el acercamiento entre los sectores científicos e industriales a través de distintas actividades de transferencia de tecnología matemática. Las áreas en las que personal investigador del ICMAT han transferido soluciones innovadoras hasta el momento incluyen la ciencia de datos, análisis de riesgos, *machine learning*, modelización y mecánica de fluidos. En particular, la colaboración con el sector empresarial/industrial y la interdisciplinariedad han adoptado en el ICMAT diferentes formatos hasta ahora:

- Asesoramiento y evaluación científica. Lanzamiento a principios de 2017 del DataLab: servicios estadísticos a otros institutos y centros de investigación como, por ejemplo, el Instituto de Química Médica y el Instituto de Salud Carlos III de Madrid, así como empresas.
- Personal investigador del ICMAT ha participado en dos proyectos colaborativos (FP7/H2020).

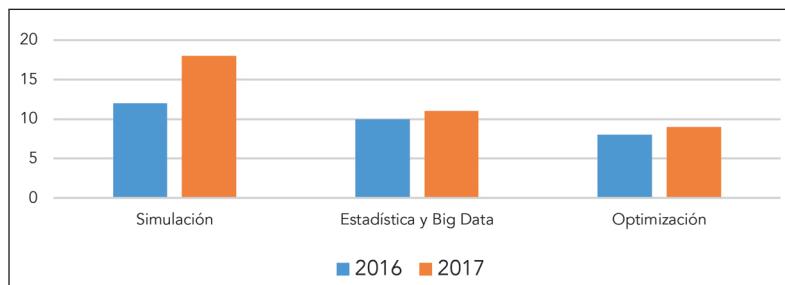
- Desarrollo de proyectos de I+D, a través de contratos y convocatorias financiados por distintas entidades y empresas nacionales e internacionales, para tratar una gran variedad de temas incluyendo el análisis de flujos oceánicos y atmosféricos, evaluación de ciberseguridad (desarrollo de plataforma de calificación), monitoreo de redes o *geoprofiling*.

La oficina de transferencia brinda el apoyo necesario para la preparación de propuestas relevantes, organización de eventos y preparación de reuniones con diferentes empresas y organizaciones y documentación necesaria.

La función de ITMATI es proporcionar soluciones a pequeñas y medianas empresas (PYMES), a grandes empresas, a industrias y a Administraciones públicas para apoyar la innovación y la mejora de la competitividad en el sector productivo, gracias al uso de herramientas desarrolladas desde la matemática industrial. Para ello, el centro cuenta con grandes expertos en los ámbitos de la matemática aplicada y la simulación numérica, la estadística y *big data* y la optimización, todos ellos con amplia experiencia y reconocido prestigio en el desarrollo de soluciones para el mundo de la empresa.

Los contratos y proyectos de transferencia en los años 2016 y 2017 agrupados por áreas estratégicas aparecen recogidos en la figura 73.

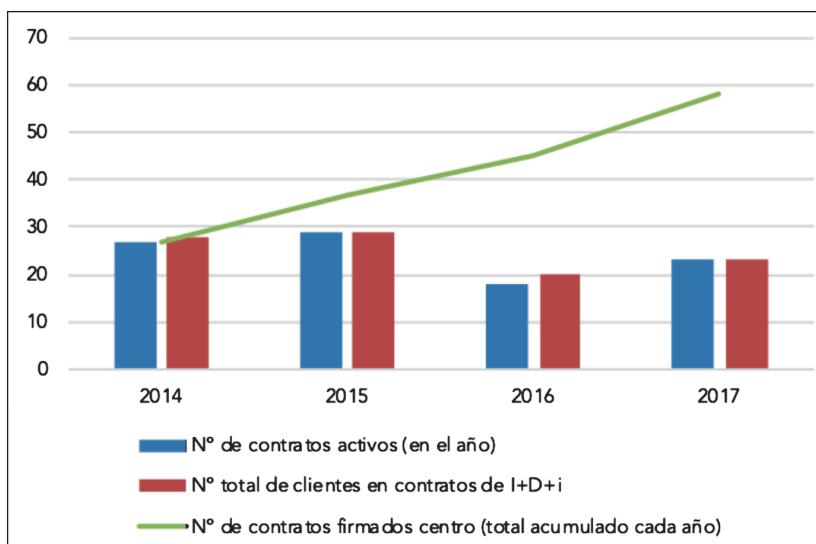
Figura 73. Proyectos y contratos de transferencia en ITMATI



- Acciones en esta línea:
 - Desarrollo de productos y soluciones.
 - Asesoría científica de alto nivel.
 - Colaboración en proyectos de I+D+i.
 - Contratos con más de 40 empresas.

El número de contratos de investigación y transferencia firmados con colaboradores industriales y otro tipo de entidades e instituciones aparece recogido en la figura 74.

Figura 74. Interacción ITMATI con el sector empresarial



8. REFERENCIAS

- Andradas, C., Zuazua, E. “Informe sobre la investigación matemática en España en el periodo 1990-1999”, Comité Español para el Año Mundial de las Matemáticas, 2000.
- Quintela, P., Fernández, A.B., Martínez, A., Parente, G. y Sánchez, M.T. 2012 (a), “TransMath - Innovative Solutions from Mathematical Technology”. Springer-Verlag Italia.
- Quintela, P., Parente, G., Sánchez, M.T. y Fernández, A.B., 2012 (b), “Soluciones matemáticas para empresas innovadoras. Catálogo de servicios ofertados por investigadores españoles. McGraw Hill.”. McGraw Hill.
- INE, “Estadística sobre Actividades en I+D”. Instituto Nacional de Estadística (INE) [En línea].

RSME, “Informe sobre los contratos Ramón y Cajal en matemáticas” <https://www.rsme.es/wp-content/uploads/2018/03/ramon-cajal-estudio-RSME.pdf>.

http://ine.es/dyngs/INEbase/es/operación.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176744&menu=resultados&idp=1254735573113.

<http://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/universitaria.html>.

<https://www.educacion.gob.es/ruct/home>.

<http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitemdbc68b34d11ccbd5d52ffeb801432ea0/?vgnextoid=b96552ab45a7e510VgnVCM1000001d04140aRCRD>.