

## TransMATH: Mapas i-MATH de Oferta y Demanda de Tecnología Matemática

por

Peregrina Quintela

El proyecto Consolider Ingenio Mathematica (i-MATH, 2006–2011, <http://www.i-math.org>) es un proyecto de investigación singular, que propone un programa de actividad investigadora integral para la Matemática española, con el objetivo básico de promover y ejecutar actuaciones estratégicas de ámbito estatal que incrementen cualitativa y cuantitativamente el peso de las Matemáticas en el panorama internacional y en el sistema español de ciencia, tecnología, empresa y sociedad.

Con la mirada puesta en este ambicioso objetivo, desde i-MATH se han puesto en marcha diversas iniciativas dirigidas a conocer cuál es la situación actual de la Matemática española y a detectar sus debilidades y fortalezas, para poder así incidir en los aspectos en los que se encuentra a un nivel inferior respecto al que le debería corresponder con su desarrollo económico actual, y a su vez seguir favoreciendo aquellas áreas o temáticas en las que ya existe una posición internacional relevante o consolidada.

En particular, con el objetivo de aumentar y promover actividades de transferencia del conocimiento de los matemáticos españoles al sector productivo, dos iniciativas singulares fueron promovidas desde i-MATH: El *Mapa i-MATH de Oferta de Tecnología Matemática* (TransMATH Oferta) y el *Mapa i-MATH de Demanda de Tecnología Matemática* (TransMATH Demanda). El propósito de ambos mapas queda recogido en el siguiente punto del *Convenio de ejecución* firmado con el Ministerio de Educación y Ciencia para marcar el inicio del proyecto i-MATH:

*Diseño y actualización anual, junto con la validación por un panel externo al proyecto i-MATH, de un mapa que muestre las interacciones y conexiones (existentes y posibles) de la investigación matemática con la transferencia de tecnología a sectores empresariales e industriales. El mapa prestará una especial atención a la detección de carencias en ámbitos emergentes, a la potenciación de las temáticas o al descubrimiento de oportunidades científico-tecnológicas latentes.*

### 1. MAPA I-MATH DE OFERTA TECNOLÓGICA

El *Mapa i-MATH de Oferta de Tecnología Matemática* (TransMATH Oferta, [http://www.i-math.org/mapa\\_consulting](http://www.i-math.org/mapa_consulting)) presenta un análisis de la experiencia en transferencia de tecnología a sectores empresariales e industriales de los grupos

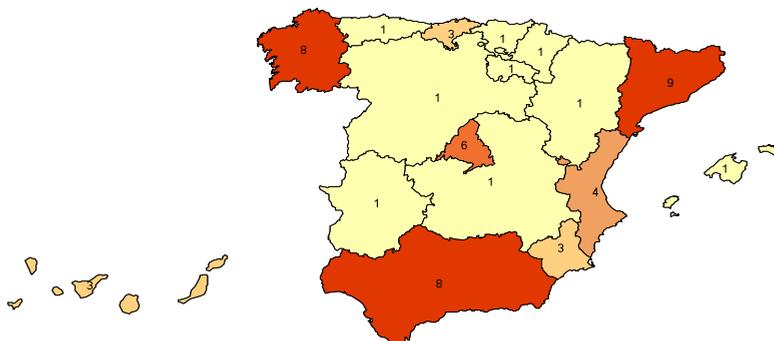


Figura 1: Distribución de los grupos de investigación i-MATH con oferta en Consulting, por Comunidad Autónoma.

de investigación integrados en el proyecto i-MATH; en particular, este mapa permite visualizar, desde el exterior, la capacidad y experiencia en transferencia de tecnología matemática y aunar sinergias, entre los grupos de investigación implicados en el proyecto, para poner en marcha nuevas iniciativas. En este apartado tan solo queremos mostrar una radiografía rápida del documento finalmente publicado que se encuentra ya en su tercera actualización [3].

En TransMATH Oferta presentan su oferta de tecnología matemática 49 grupos de investigación, casi el 15 % de los grupos que participan en el proyecto i-MATH. Respecto a su distribución geográfica, las Comunidades Autónomas en las que se encuentran el mayor volumen de grupos son Cataluña con un 18,4 % de participación, Andalucía y Galicia con un 16,3 %, y Madrid con un 12,2 %. Cabe destacar también el número de grupos en la Comunidad Valenciana (8,1 %), Cantabria (6,1 %) y Murcia (6,1 %) (ver Figura 1).

Si se analizan los recursos humanos, un total de 494 investigadores integran estos grupos con oferta en Consulting, de cuales el 73 % son miembros estables, el 16 % becarios y el 11 % personal contratado. En concreto, el 65,3 % de estos grupos de investigación incorporan algún becario y el 42,8 % tienen personal contratado, lo que parece indicar que la realización de transferencia facilita en cierta medida la incorporación de jóvenes investigadores a los grupos.

Los 49 grupos de investigación de i-MATH con oferta en Consulting han desarrollado un total de 364 proyectos de investigación competitivos en los últimos ocho años, lo que ha permitido una captación de recursos procedentes de organismos o instituciones públicas de más de diez millones y medio de euros, cifra alcanzada con los 191 proyectos para los que se ha podido recabar la correspondiente información económica (el 52,4 % del total). Además, prácticamente una cuarta parte de los proyectos competitivos han sido apoyados de alguna forma por una empresa.

Es significativo el elevado número de contratos directos con empresas, 221, además de los 94 cursos de formación impartidos para centros tecnológicos o empresas.

De los 221 contratos directos con empresas, el 43 % se han llevado a cabo en Galicia, el 11 % en Cataluña y el 10 % en Navarra. Tan sólo se dispone de información económica para el 71 % de ellos, que han supuesto una captación de recursos externos en torno a los cinco millones de euros; su duración media ha sido de 409 días. Respecto a los cursos, el 52 % fueron impartidos por grupos de Galicia, el 12 % por grupos de Madrid y el 7 % por grupos de la Comunidad Valenciana.

Es muy amplia la lista de técnicas matemáticas que han permitido realizar actividades de transferencia. A modo de resumen se han catalogado los proyectos y contratos desarrollados por los grupos con oferta en i-MATH Consulting, atendiendo a la Mathematics Subject Classification (<http://www.ams.org/msc/classification.pdf>). En la Figura 2 se presenta, para cada área MSC, el número de grupos que han desarrollado proyectos competitivos, contratos directos con empresas, impartido cursos de formación o realizado otras actividades de transferencia (se han omitido las áreas en las que no aparecen actividades asignadas). Hay un total de 30 áreas MSC en las que los grupos con oferta en Consulting encuadran su actividad investigadora, destacando con más grupos activos *Estadística* (62-xx) con 14 grupos, 7 de los cuales han llevado a cabo contratos con empresas y otros 7 cursos de formación; *Investigación operativa y programación matemática* (90-xx) con 17 grupos activos, 10 de los cuales han desarrollado contratos directos con empresas; *Análisis numérico* (65-xx) con 16 grupos, de los que 10 acreditan contratos; y *Ecuaciones en derivadas parciales* (35-xx) con 8 grupos activos. Obsérvese que desde áreas menos tradicionales, en términos de transferencia a la empresa, como pueden ser *Teoría de números* (11-xx) o *Geometría algebraica* (14-xx), también se llevan a cabo actividades de transferencia.

Desde los grupos de i-MATH Consulting se han desarrollado 73 paquetes de software propio, de los cuales el 53 % se han transferido a la empresa. Además, hay una amplia experiencia en el manejo de casi un centenar de paquetes de software libre o comercial para la resolución de problemas en Ciencias Aplicadas o Ingeniería.

Las actividades de transferencia, con una cartera de alrededor de 200 clientes entre administraciones públicas y empresas privadas, son especialmente relevantes en sectores como *Administraciones públicas*, *Materiales*, *Energía*, *Sanidad*, *Informática y comunicaciones*, *Medio ambiente*, *Economía y finanzas*, y *Turismo y ocio*, con más de 15 actividades en cada uno de ellos (ver Figura 3). Estos resultados indican que los grupos participantes en i-MATH desarrollan una parte importante de su actividad en asuntos de interés social en la actualidad, siguiendo las expectativas del Plan Nacional de I+D+i.

A continuación se resume, agrupada por sectores empresariales, la experiencia contrastada de los grupos de i-MATH:

- **Administraciones públicas, estudios sociales, turismo y ocio:** Asesoramiento estadístico. Diseño, procesado y depuración de encuestas. Muestreo. Validación y corrección de errores en bases de datos. Sistemas de información sobre población y asuntos sociales. Logística y planificación. Estudios de inserción laboral.
- **Recursos marinos y Acuicultura. Agricultura, Ganadería y Alimentación:** Logística de máquinas agrícolas. Mapas de concentración parcelaria.

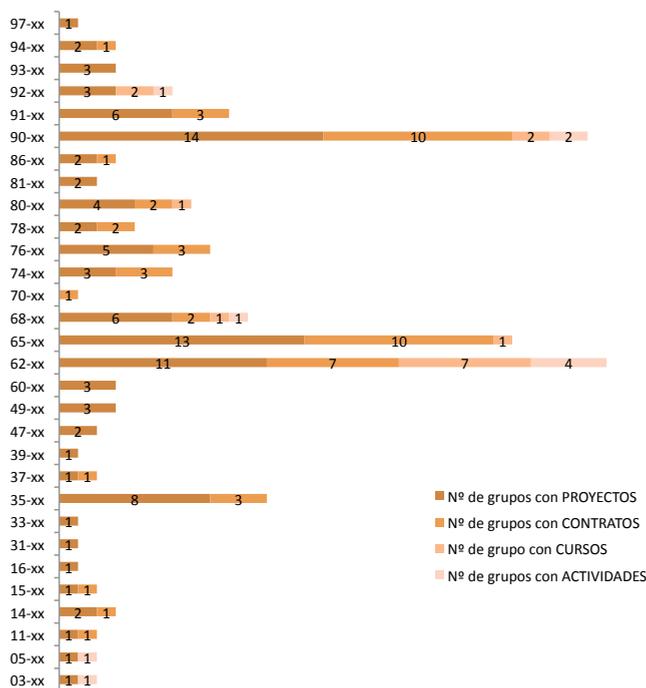


Figura 2: Número de grupos con oferta en Consulting para cada área MSC.

Mapas de riesgos epidemiológicos. Sistemas de control integrado de variables agroclimáticas con tratamiento de residuos. Simulación de esterilización de alimentos. Optimización de envases. Análisis sensorial.

- **Biomedicina, Farmacia y Sanidad:** Análisis Estadístico en Epidemiología. Estudios de eficacia y seguridad de tratamientos. Caracterización de residuos. Análisis estadístico de calidad. Simulación numérica en biomecánica.
- **Economía y Finanzas:** Análisis y predicción de tipos de interés. Desarrollo de software de carteras de cobertura. Medición de riesgos. Valoración de productos financieros. Estudios de calidad de servicios. Caracterización de trayectorias dinámicas por sectores de mercado.
- **Informática y Comunicaciones:** Desarrollo de aplicaciones de software a la carta con soluciones matemáticas, estadísticas y de simulación numérica. Simulación del comportamiento de dispositivos electrónicos. Asesoramiento científico-técnico sobre bases de datos. Sistemas de protección de la información.
- **Logística:** Sistemas de protección de datos. Logística y planificación del trabajo. Análisis de contadores de inducción de energía. Optimización para la planificación del transporte.

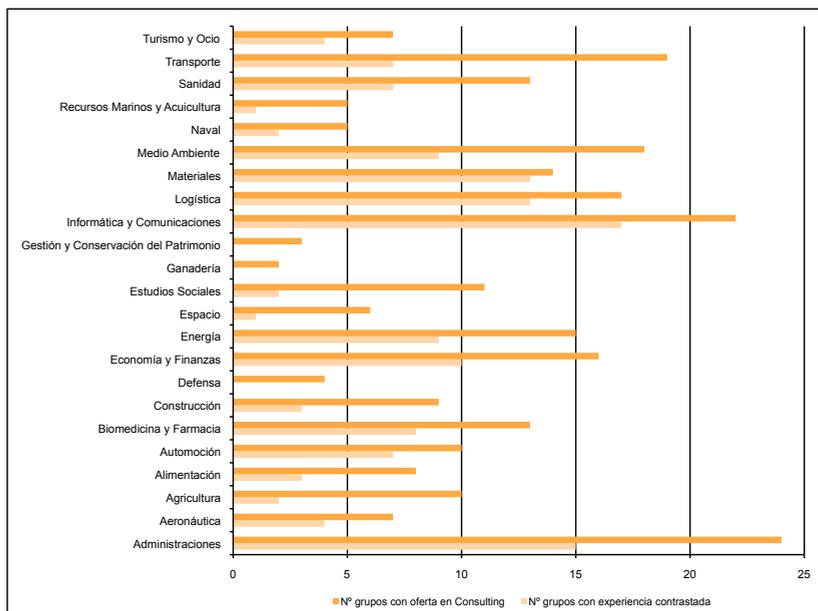


Figura 3: Número de grupos de i-MATH con oferta en Consulting y con experiencia contrastada, por sector empresarial.

- **Energía y Medio Ambiente:** Simulación numérica de procesos en instalaciones de energía. Simulación tridimensional de campos de viento: estudio de potencial eólico. Diseño de parámetros de adquisición sísmica. Caracterización de grupos térmicos. Modelización geoestadística de variables climáticas. Diseño de la muestra para análisis de residuos. Predicción de la calidad de aguas. Cálculo de emisiones de partículas contaminantes, análisis de datos espaciales. Modelización geoestadística de variables climáticas.
- **Materiales y Construcción:** Asesoramiento estadístico para el control de calidad. Modelización y simulación de procesos en la industria del silicio. Modelización y simulación de coladas de ferroaleaciones. Simulación termoeléctrica de electrodos. Caracterización numérica de materiales aislantes y ligeros. Simulación del aislamiento térmico y acústico de viviendas. Software de optimización del corte de piedra.
- **Aeronáutica, Automoción y Naval:** Control activo del ruido. Diseño de volantes. Flujos en cabinas de pintado. Desarrollo de un deshielador de parabrisas. Simulación de quemaduras por airbag. Verificación numérica de normas ISO sobre vuelco de autobuses. Simulación dinámica de cuerpos de rotación. Simulación termomecánica de intercambiadores de calor.

Por último, hay que señalar que para las empresas que deseen abordar innovaciones o nuevos desarrollos en los que los métodos matemáticos, estadísticos o

computacionales jueguen un papel relevante, i-MATH pone a su disposición un punto de encuentro web, [http://www.i-math.org/oferta\\_tecnologica](http://www.i-math.org/oferta_tecnologica), desde el que pueden contactar con investigadores del más alto nivel dispuestos a generar soluciones a su medida. Además, i-MATH dispone de un equipo de técnicos para ayudarles a definir su problema y contactar con especialistas que puedan abordarlo y aportar soluciones.

## 2. MAPA I-MATH DE DEMANDA EMPRESARIAL DE TECNOLOGÍA MATEMÁTICA

El *Mapa i-MATH de Demanda de Tecnología Matemática* (TransMATH Demanda, [http://www.i-math.org/mapa\\_demanda](http://www.i-math.org/mapa_demanda)) recoge una prospectiva nacional sobre el grado de conocimiento, de utilización y de demanda de tecnología matemática en la empresa. El principal objetivo del mapa ha sido detectar problemas empresariales en los que las Matemáticas puedan ser una herramienta complementaria o fundamental, conocer la demanda de formación matemática y definir, en caso necesario, nuevas líneas de investigación en Matemáticas orientadas a resolver estos problemas. Ha sido éste un proyecto pionero y muy ambicioso, único en el ámbito de las Matemáticas, en el que se han encuestado telefónicamente a unas siete mil quinientas empresas de más de diez trabajadores, distribuidas por todo el territorio nacional y con representación de todos los sectores industriales o empresariales. Se ha contado para ello con el asesoramiento de un Panel de Expertos procedentes del ámbito académico, empresarial o industrial, y de centros tecnológicos; en este panel han participado especialistas en Diseño Asistido por Ordenador (CAD), Simulación Numérica, Estadística e Investigación Operativa, y de otras áreas de Matemáticas con experiencia en transferencia a la empresa.

Para la realización del mapa TransMATH Demanda se ha tomado una muestra amplia de empresas, distribuidas por todo el territorio nacional, con el fin de identificar el grado de conocimiento, utilización, satisfacción y necesidad de formación en:

- *sistemas CAD*, para, por ejemplo, el diseño de piezas, planos, imágenes o gráficos;
- *simulación numérica en las empresas* (habitualmente denominado CAE), para simular, prever o estudiar el comportamiento de productos o de procesos, por ejemplo, para estudios térmicos, de esfuerzos mecánicos, de los procesos de fabricación, etc.;
- *herramientas estadísticas y de Investigación Operativa* (TE/IO), por ejemplo, para análisis de clientes, mercados, productos, calidad, planificación, riesgos, logística, asignación y optimización de recursos y procesos;
- *otras técnicas matemáticas aplicables a la industria* (OTM), distintas a las antes citadas, en temas tales como localización geográfica, tratamiento de imágenes o señales, geometría, diseño o visualización, bio-informática o bio-matemática, búsqueda y codificación de la información, o computación.

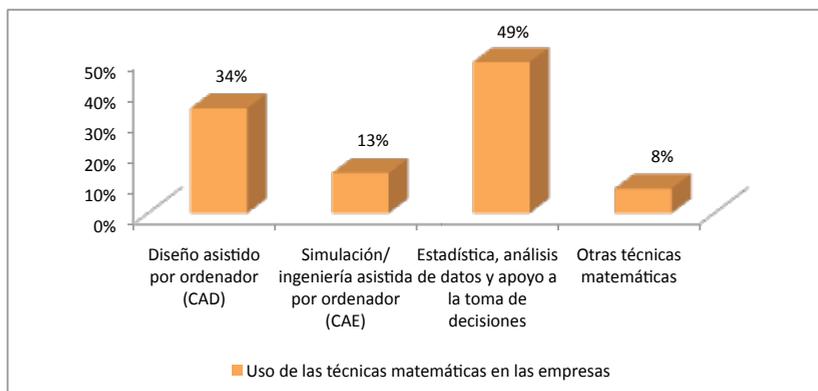


Figura 4: Uso de las distintas técnicas matemáticas en las empresas encuestadas.

Además, se han analizado las preferencias empresariales en cuanto a la formalización de colaboraciones empresa-universidad y empresa-centro de investigación.

El postproceso de las encuestas realizadas está disponible en formato electrónico en la dirección web [http://www.i-math.org/mapa\\_demanda](http://www.i-math.org/mapa_demanda), y en formato papel [1, 2], tanto en castellano como en inglés.

Gracias a este estudio hemos podido conocer el grado de implantación de las técnicas matemáticas en las empresas (ver Figura 4):

1. En primera posición está el uso de *Técnicas estadísticas, de análisis de datos o de apoyo para tomar decisiones* en un 49% de las empresas consultadas, y que tienen su mayor implantación en el sector *Comercio* (65%), si bien las diferencias entre sectores no es muy acusada. El 94% de las empresas que aplican TE/IO lo hacen internamente y, de ellas, el 71% tienen programas o módulos desarrollados a medida para su empresa. Estas técnicas se usan más frecuentemente para el *Análisis de clientes y estudios de mercado o producto* con un 66% de las empresas encuestadas, le sigue el *Control de Calidad* con un 48%, *Estrategia, decisión, logística y planificación* (43%), *Control y optimización de procesos de producción* (34%), *Control y optimización de stocks* (30%), *Análisis de riesgos o productos financieros* (28%), y en valores mucho más bajos aparecen *Explotación de la información interna* (minería de datos, inteligencia de negocio) con un 17%, y en último lugar el *Diseño de experimentos, análisis clínicos, etc.* con sólo un 2%. Además, sólo el 7% de los encuestados manifiestan tener necesidades en TE/IO y, curiosamente, la mayor demanda es también para realizar *Análisis de clientes y estudios de mercado o producto*. Llama la atención que un 38% de las empresas de más de 200 empleados manifiesten no utilizar este tipo de técnicas, que deberían estar implementadas en mayor o menor medida en la totalidad de las empresas de este tamaño.
2. En segunda posición aparece la utilización del *Diseño asistido por ordenador (CAD)* en un 34% de las empresas encuestadas, moviéndose en una horquilla

- de entre un 47% para las empresas grandes (más de 200 empleados) hasta un mínimo de un 29% para las pequeñas (entre 10 y 49 trabajadores). En el análisis por sectores destaca en su uso *Metal y maquinaria* con un 67%, y ronda casi el 50% de uso en los sectores de *Madera y papel*, *Energía, química y medio ambiente*, *Construcción* y *Servicios Técnicos*.
3. Ya en una tercera posición, y con valores considerablemente inferiores, se encuentra el uso de la *Simulación e ingeniería asistida por ordenador* (CAE) con un 13%, con valores que oscilan entre el 10% de las empresas de tamaño pequeño y un 19% entre las grandes. Además el 85% de las empresas usuarias de CAE lo realizan dentro de la propia empresa y, de ellas, el 46% tienen programas desarrollados a medida para su empresa. Un dato importante es que, de las empresas que son usuarias de CAD, tan sólo un 26% utilizan posteriormente CAE empleando los resultados de CAD obtenidos, lo que representa el 9% de todas las empresas que componen la muestra. En cuanto al uso de CAE por sectores destacan *Metal y maquinaria* (29%), *Servicios técnicos* (21%), *Energía, química y medio ambiente* (18%), *Madera y papel* (15%) y *Construcción* (14%). El valor más bajo se presenta en las empresas cuya actividad es la *Salud*, con el 2%. En la mitad de los casos el CAE se utiliza para realizar *Cálculos mecánicos o estructurales*, un 39% para *Procesos de fabricación* (inyección, estampación, forja, etc.), un 20% para *Térmicos o termodinámicos*, un 15% para cálculos *Electrónicos y/o electromagnéticos*, y *Medioambientales*, y con un menor uso aparecen *De fluidos: gases, líquidos* (11%), *Acústicos o vibroacústicos* (7%) y de *Multifísica* (7%). Las necesidades en CAD/CAE son detectadas en el 3% de las empresas, el 61% de las cuales necesitaría *Información o asesoramiento sobre la aplicabilidad del CAD/CAE a la empresa* y un 51% *Formación en CAD/CAE*; un 20% estaría interesada en la *Selección, implantación inicial y validación de una solución CAD/CAE* mientras que un 18% necesita hacer *Desarrollos a medida de software o de interfaces CAD/CAE*.
  4. En cuanto a usos de tecnología matemática, el último puesto lo ocupa el uso de *Otras Técnicas Matemáticas* con un 8%, duplicándose este valor en los sectores de *Servicios técnicos* e *Informática y comunicaciones*. Hay que destacar que en estas técnicas el abanico de uso dependiendo del tamaño de empresa es muy estrecho, yendo desde un 6% en las pequeñas hasta un 13% en las grandes. De todas las empresas que contestaron que sí utilizan OTM en sus tareas (542), el 48% de ellas utilizan estas herramientas aplicadas al tratamiento de *Imágenes digitales* (gráficos, vídeo, animación, reconocimiento de imágenes). Algo menor es el porcentaje en temas relacionados con *Diseño de sistemas de localización geográfica como GIS o GPS* con el 39%, más distanciados, y con prácticamente el mismo porcentaje, están *Análisis geométrico* (geometría computacional, visualización, desarrollo CAD, métodos simbólicos) con un 24% y *Redes de comunicaciones* (25%). Hacen *Codificación de la información, criptografía, seguridad informática* el 18%, *Tratamiento digital de señales* el 14%, *Tratamiento y búsqueda de información y conocimiento* (web semánti-

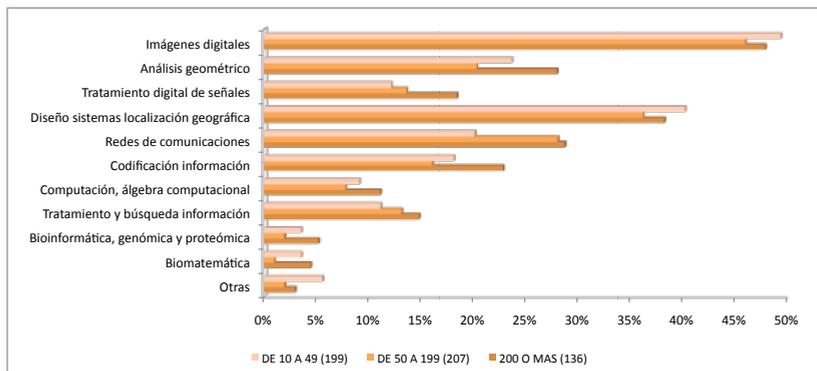


Figura 5: Temas de aplicación de OTM, por tamaño de empresa.

ca, algoritmos para internet) un 13%, *Computación, álgebra computacional, procesadores de lenguaje, algoritmos simbólico numéricos* (9%); por último, en un 3% de empresas se usan en temas relacionados con la *Bioinformática, genómica y proteómica* y en *Biomatemática: aplicaciones a ciencias de la vida y de la salud* (como, por ejemplo, técnicas de diagnóstico, prescripción médica, administración de fármacos, crecimiento y propagación de tumores, control de plagas, biología de sistemas). En la Figura 5 se muestran estos porcentajes atendiendo al tamaño de empresa; como puede observarse, en algunos de los principales temas de aplicación las empresas pequeñas presentan porcentajes más altos que las grandes.

Un análisis de la diferencia de uso de cada una de las técnicas matemáticas analizadas en el Mapa TransMATH Demanda, atendiendo al tamaño de empresa, se muestra en la Figura 6. Es remarcable el esfuerzo que muchas empresas pequeñas están realizando para incorporar estas herramientas, con unos porcentajes de uso muy elocuentes.

Es importante el porcentaje de empresas que se muestran dispuestas a colaborar con las Universidades o Centros de Investigación (CI), un 32%, alcanzándose un 43% en las empresas más grandes, y un 65% entre las empresas que usan alguna de las técnicas matemáticas analizadas en el mapa. Si nos restringimos a las empresas usuarias de Otras Técnicas Matemáticas, el 50% de ellas están dispuestas a colaborar.

En el análisis de las empresas que han colaborado en los últimos cinco años con Universidades o CI, en proyectos de formación o de investigación o de servicios tecnológicos, no necesariamente en temas relacionados con las Matemáticas, se recogió que un 31% había colaborado; en el 78% de los casos ha sido en temas de *Formación*, y en un 36% de *Investigación o servicios tecnológicos*; de entre ellas, un 17% de empresas colaboró con Universidades o CI en ambos temas. Es alentador el grado de satisfacción que tienen las empresas de estas colaboraciones, que las califican con un notable y más de la mitad de ellas estarían dispuestas a volver a colaborar. Los

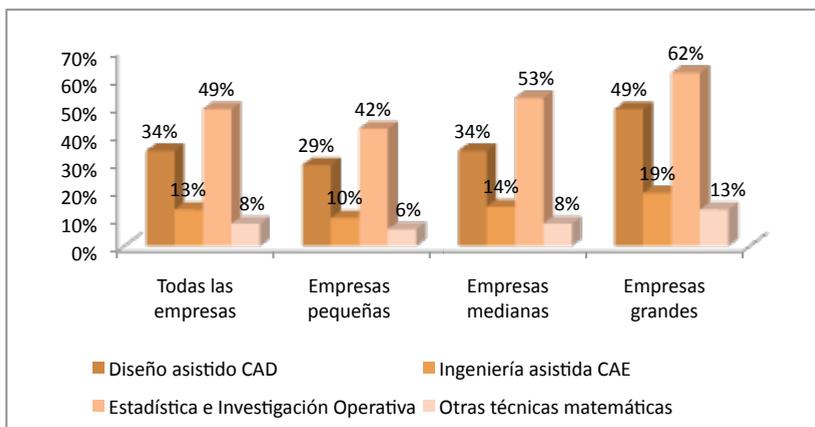


Figura 6: Uso de las técnicas matemáticas, atendiendo al tamaño de empresa.

sectores más dispuestos a colaborar son TIC y *Servicios técnicos* con casi la mitad de sus empresas, seguidos con el 38 % del sector de *Metal y maquinaria*.

En cuanto a recursos humanos, un 8 % de las empresas tienen matemáticos o estadísticos en sus plantillas; la Figura 7 muestra el número de matemáticos por sector en las empresas de la muestra, número que asciende a 1 667 en la totalidad de las empresas encuestadas. El 49 % de los matemáticos llevan a cabo tareas relacionadas con *Estadísticas, análisis de datos y apoyo a la toma de decisión*, análogo porcentaje a los que hacen *Informática de gestión o sistemas*; mucho más bajo es el porcentaje de los matemáticos que trabajan en CAD/CAE o en temas relacionados con *Otras Técnicas Matemáticas*, ambos con un 15 %. En un 29 % de las empresas que tienen matemáticos, éstos están dedicados a otras tareas, porcentaje que aumenta hasta un 36 % en las empresas pequeñas.

Un 5 % de las empresas manifiestan que necesitarán *Servicios matemáticos o Titulados en Matemáticas o Estadística*, porcentaje que aumenta hasta un 12 % en el sector TIC y un 9 % en el de *Finanzas*. De entre las empresas que usan algún tipo de técnicas matemáticas o estadísticas, el 7 % indica que, a corto o medio plazo, sí necesitarán servicios matemáticos o titulados en Matemáticas o Estadística, mientras que este porcentaje desciende a sólo un 2 % si no son usuarias de estas técnicas.

En general, las empresas perciben la importancia de las técnicas matemáticas del estudio y, así, un 34 % de las empresas que tienen necesidades en este ámbito, desean ser contactadas por los técnicos de Consulting de i-MATH.

### 3. CONCLUSIONES DEL MAPA TRANSMATH DEMANDA

Enumeramos a continuación las conclusiones más relevantes consensuadas por el Panel de Expertos que participó en el proyecto TransMATH Demanda:

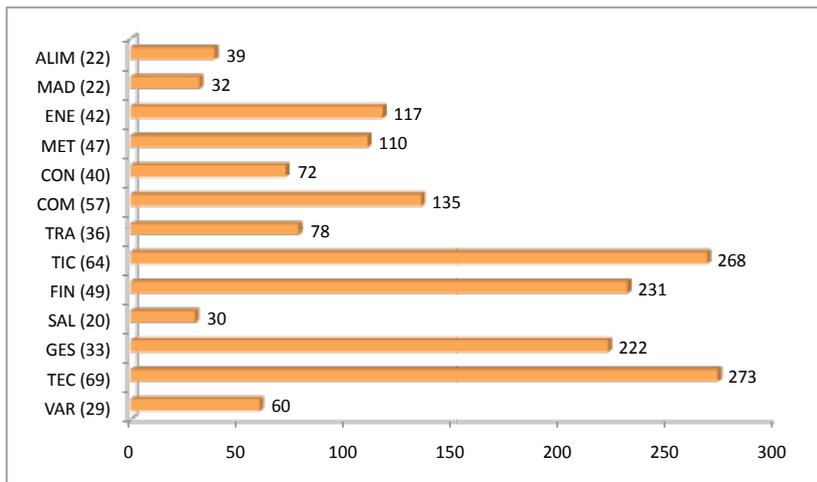


Figura 7: Número de matemáticos en las empresas de la muestra, por sector.

1. La primera conclusión que se extrae del estudio es que hay un buen nivel de implantación de conocimientos matemáticos, y que las empresas son conscientes de ello; creemos que esta realidad no es apreciada en su justa medida por la comunidad de investigadores en matemáticas, en la que suele pensarse que las matemáticas están alejadas de la realidad industrial y empresarial.
2. Resulta difícil valorar hasta qué punto la utilización que se hace en las empresas de técnicas matemáticas tiene un nivel que vaya más allá de lo puramente instrumental (la utilización de hojas de cálculo o de paquetes estadísticos estándar en su funcionalidad más básica, por ejemplo). Esta dificultad proviene del hecho de que los interlocutores que han respondido la encuesta no necesariamente pueden apreciar este tipo de matización.
3. La implantación de técnicas estadísticas, de análisis de datos, o de apoyo para tomar decisiones es amplia, y lo mismo puede decirse de las técnicas de CAD (estas segundas más vinculadas al tejido industrial y manufacturero).
4. Es difícil valorar la influencia de técnicas como CAE, e incluso más de aquellas recogidas en este estudio bajo la denominación genérica de Otras Técnicas Matemáticas. La razón, aparte de que se tratan de campos más reducidos que, por ejemplo, la Estadística, es que la definición no está tan clara como en el caso del CAD, lo que no permite estar seguros de que este tipo de conocimiento haya sido claramente detectado en las empresas.
5. En lo relativo a Otras Técnicas Matemáticas nos encontramos con la dificultad adicional de que éstas suelen aparecer mezcladas con otro tipo de herramientas (informáticas, sobre todo), que dificultan su percepción separada en las empresas. Consideramos que esto es tanto una dificultad de comprensión del papel de las matemáticas, como un reflejo de una situación bien real: las ma-

temáticas son cada vez más interdisciplinarias y aparecen en contextos en los que son difícilmente separables de otros ámbitos del conocimiento.

6. Muy destacable parece que un buen porcentaje de empresas estén dispuestas a colaborar con universidades y otros organismos de investigación. Más significativo aún es que estas empresas coincidan en su mayor parte con aquellas que han llevado a cabo en años precedentes actividades de este tipo. La conclusión parece clara: si lo han hecho una vez, han quedado satisfechos y querrían repetir. Hay aquí por tanto que trabajar para romper la barrera que parece ser el desconocimiento de esta posibilidad por las empresas.

Habría que aprovechar los Trabajos de Fin de Grado que los nuevos matemáticos tendrán que realizar, así como los de Postgrado y aun las Tesis Doctorales, para intentar este tipo de acercamiento a las empresas, al igual que se viene haciendo con éxito en las ingenierías. La experiencia muestra que de un tipo de relación puntual, vinculada a la formación, se pueden obtener después colaboraciones más interesantes, en el ámbito de la innovación e incluso de la investigación.

7. La encuesta no parece una herramienta suficientemente afinada para conocer si realmente las empresas tienen necesidades de técnicas matemáticas adicionales a las que ya usan. Esta carencia puede ser paliada por las entrevistas directas posteriores en las que un buen número de empresas han mostrado su interés. Aún más difícil resulta inferir si las empresas necesitan personal con estudios matemáticos, en un sentido que vaya más allá de las técnicas y herramientas, y que tenga que ver con las capacidades que suponemos de nuestros titulados (capacidad de abstracción, de resolución de problemas, etc.). Los datos sobre el número de titulados en Matemáticas y Estadística que hay en las empresas quedan desdibujados al no poder extraerse de las respuestas qué tipo de perfil tienen las tareas que realizan.

Como reflexión final sobre este estudio destacar que aún queda un largo camino por recorrer con el objetivo de acercar la tecnología matemática a un mayor número de empresas y, sobre todo, que la divulgación de casos de éxito les haga receptivos a esta necesidad de la que, actualmente, sólo son conscientes un número muy reducido de empresas.

Los investigadores en Matemáticas deberían dedicar especial atención a la interacción con el sector productivo a través de cursos de formación especializados con orientación a sectores específicos, de foros y encuentros de divulgación sobre la aplicabilidad de las técnicas matemáticas aquí analizadas, de semanas de modelización o similares en las que las empresas puedan interactuar con especialistas sobre problemas de su interés, etc. Para traspasar la barrera existente entre Universidades y empresas, algunas de estas actividades deberían realizarse en ámbitos propios de la empresa, bien sea aprovechando la estructura de los parques tecnológicos, los clústeres de empresas de un determinado sector, las cámaras de comercio, etc.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

La financiación de los Mapas TransMATH Oferta y Demanda ha corrido a cargo del Ministerio de Educación y Ciencia a través del Proyecto Consolider i-MATH CSD2006-00032, y de la Acción Complementaria MTM2007-30179-E; de la Xunta de Galicia a través del convenio de 16/10/2007 y de la Red Mathematica Consulting & Computing de Galicia; del Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA) y de la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

#### REFERENCIAS

- [1] P. QUINTELA, W. GONZÁLEZ, M. T. ALONSO, M. J. GINZO Y M. LÓPEZ, *Mapa i-MATH de demanda empresarial de tecnología Matemática*. Serv. Reprografía CopyNino, Santiago de Compostela, 2010. ISBN: 978-84-692-7832-1. [http://www.i-math.org/mapa\\_demanda](http://www.i-math.org/mapa_demanda)
- [2] P. QUINTELA, W. GONZÁLEZ, M. T. ALONSO, M. J. GINZO Y M. LÓPEZ, *TransMATH Demand: i-MATH map of company demand for mathematical technology*. Serv. Reprografía CopyNino, Santiago de Compostela, 2010. ISBN: 978-84-693-1704-4, [http://www.i-math.org/map\\_demand](http://www.i-math.org/map_demand)
- [3] P. QUINTELA, M. T. SÁNCHEZ RÚA Y G. VIGLIALORO, *TransMATH: Investigadores en Matemáticas para dar soluciones innovadoras 2010*. Serv. Reprografía CopyNino, Santiago de Compostela, 2009. ISBN: 978-84-692-8278-6. [http://www.i-math.org/mapa\\_consulting](http://www.i-math.org/mapa_consulting)

PEREGRINA QUINTELA, UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA  
Correo electrónico: [peregrina.quintela@usc.es](mailto:peregrina.quintela@usc.es)