

EDITORIAL

¿De qué hablan los directores de los mejores centros de matemáticas de Europa?

Impresiones desde el encuentro del ERCOM

Antonio Córdoba (ICMAT-UAM). Durante los pasados días 28 y 29 de abril asistí como representante del ICMAT a la reunión anual del grupo [ERCOM](#) (European Research Centres on Mathematics) en la sede universitaria del RICAM (Johann Radon Institute for Computation and Applied Mathematics), ubicada en la ciudad austriaca de Linz. El ERCOM funciona como un foro asesor de la Sociedad Matemática Europea (EMS), donde se comparten experiencias y se formulan propuestas, y en el que participan los directores y gerentes de 26 institutos europeos de reconocido prestigio. Entre otros, se encuentran los siguientes: Institut Mittag-Leffler (Djursholm, Suecia); Euler International Mathematical Institute (St. Petersburg, Rusia); Max-Planck-Institut (Bonn y Leipzig, Alemania); Weierstrass Institute (Berlín, Alemania); Isaac Newton Institute (Cambridge, Reino Unido); Alfréd Rényi Institute (Budapest, Hungría); Institut des Hautes Études (Bures-sur-Yvette, Francia); Centro di Ricerca Ennio De Giorgi (Pisa, Italia). Además del ICMAT, también forman parte estos otros centros españoles: el BCAM (Bilbao) y el CRM (Barcelona).

La apretada agenda incluía un informe breve de cada uno de los directores presentes, diez minutos de exposición más otros cinco para posibles preguntas y aclaraciones. La crisis económica, el resurgir de los nacionalismos, la "corrupción política rampante" o los problemas en torno al Brexit, fueron temas recurrentes entre los diversos ponentes. En el caso del ICMAT, se nos preguntó sobre las condiciones del proyecto Severo Ochoa y, también, sobre la conveniencia de que nuestros fondos bibliográficos y los de la RSME, que esperan ser depositados pronto en nuestra biblioteca y puedan ser puestos en formato digital dentro del proyecto capitaneado por la EMS.

Un punto importante fue el papel desempeñado por los centros del ERCOM en la implementación de prácticas que propicien la igualdad de oportunidades para las mujeres ([IMU Committee for Women in Mathematics](#)). Curiosamente pude constatar que las cifras del ICMAT en este tema, aunque muy desequilibradas en cuanto a la proporción de investigadoras, y muy susceptibles de mejora, estaban, sin embargo, entre las mejores de las allí presentadas. Se discutió también sobre el futuro de las publicaciones y se denunció el abuso de los indicadores bibliométricos en la evaluación de los matemáticos. Pero en este tema, como en el anterior, no se llegó a redactar un documento preciso de recomendaciones para la EMS.

El European Research Council (ERC) estuvo representado por su director, Jean Pierre Bourguignon, quien nos informó de las pre-



Imagen: ICMAT

Antonio Córdoba.

CONTENIDOS

Editorial: Antonio Córdoba (ICMAT-UAM).....	1
Entrevista: Leonid Polterovich (Universidad de Tel Aviv).....	3
Reportaje: El ICMAT organiza el evento 'ERC and Mathematics in Spain' como celebración del décimo aniversario del Consejo.....	5
Entrevista: José Manuel Fernández Labastida (ERC)...	8
She Does Maths: Nastasia Grubic (ICMAT).....	10
Cuestionario ICMAT: Mikhail Sodin (Universidad de Tel Aviv).....	11
Retrato: Francisco Torres de Lizaur (ICMAT).....	13
Reseña científica: "Un nuevo acercamiento a las teorías KAM".....	14
Reseña científica: "Existencia de las estructuras Engel".....	15
Perfiles: Nuevos investigadores postdoctorales del ICMAT.....	17
Noticias ICMAT.....	20
Agenda	24

visiones para el futuro inmediato en el que no parece que vaya a aumentar sensiblemente el presupuesto y, en lo que atañe a los ERC *Advanced Grants*, más bien ocurrirá lo contrario. No obstante, se manifestó optimista en cuanto a la consolidación del programa, y nos instó a presionar a los representantes políticos de cada país para que entiendan la importancia que en la construcción europea tiene la investigación científica.

El programa ERC, *Starting* y *Consolidator*, ha sido crucial para nuestro Instituto. Pero los *Advanced Grants* están muy lejos de ser un análogo del programa de la *National Science Foundation* (EE. UU.), y también de proveer el soporte económico de una carrera de investigador en Europa. Lo eficiente sería subvencionar todos los proyectos excelentes aunque, quizás, no de forma tan generosa como

se hace ahora con unos pocos. Todos los directores allí reunidos estuvimos de acuerdo en señalar lo cansino que resulta ser el proceso de solicitud, más apropiado para las ciencias experimentales que necesitan de grandes inversiones en instalaciones y aparatos, pero no tanto para las matemáticas, donde resulta extraño, y seguramente contraproducente, pretender que describamos con detalle los que van a ser nuestros objetivos futuros. Algunos presentes hicieron notar la sorpresa de haber recibido calabazas con la excusa de que sus proyectos eran “demasiado ambiciosos”, y de que la decisión fuera tomada por una comisión cuyo presidente es conocido por publicar repetidas versiones de la misma idea en un área que controla. Estas preguntas y sugerencias respecto al programa ERC resultaron ser ampliamente compartidas.

[ERCOM](#) es la red de Centros de Investigación Matemática Europeos (ERCOM, por sus siglas en inglés), comité de la *European Mathematical Society* (EMS). El pasado año 2016, el ICMAT entró a formar parte del selecto grupo al que pertenecen institutos de gran prestigio de la Unión como son el *Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences*, *L'Institut des Hautes Études Scientifiques* (IHÉS), *Institut Henri Poincaré*, *Centre International de Rencontres Mathématiques*, *Mathematical Research Institute of Oberwolfach*, *Max-Planck-Institut für Mathematik*, *Stefan Banach International Mathematical Center*, entre otros.

Para llegar a ser miembro de la red, se ha de contar, entre otros requisitos, con un comité científico internacional, un programa de visitantes internacional de alto nivel y cubrir un amplio espectro de líneas de investigación en el campo. Los principales objetivos de la red son: constituir un foro de comunicación e intercambio de información entre los diferentes centros y la EMS que favorezca la colaboración mutua y la coordinación entre los distintos miembros; favorecer un programa de formación de investigadores europeo; aconsejar al Comité Ejecutivo de la EMS en temas relativos a la actividad de los centros para contribuir a la visibilidad de la EMS; y fomentar el contacto con centros similares dentro y fuera de Europa.

Imagen: Mwinog2777



El último encuentro del ERCOM tuvo lugar en la ciudad austriaca de Linz.

ENTREVISTA: Leonid Polterovich, investigador de la Universidad de Tel Aviv y ERC Advanced Grant

“Hacía matemáticas debajo de la mesa durante mis horas de oficina”

Imagen: ICMAT



Leonid Polterovich en el ICMAT.

Leonid Polterovich es sonriente y amable. Pese a traer todas las respuestas a las preguntas que le mandamos la noche anterior escritas en una hoja de papel (nos pidió expresamente que le adelantáramos los temas de nuestras conversación para poder contarnos “cosas interesantes”), en unos pocos minutos la conversación se relaja, abandona el texto sobre la mesa y relata, no sin buenas dosis de humor, su vida y sus matemáticas. Es uno de los mayores expertos mundiales en topología simpléctica, formado en la escuela rusa de Vladimir Arnold y Yákov Sinai, y desde 2014 desarrolla un proyecto ERC Advanced Grant en la Universidad de Tel Aviv (Israel) sobre la interacción de esta disciplina con otras áreas del conocimiento: desde la dinámica hasta la física cuántica. Licenciado por la Universidad de Moscú, tuvo que trasladarse a Tel Aviv para poder leer su tesis, después de años en los que su investigación en matemáticas se limitara a los huecos que le dejaba su trabajo como ingeniero de software. Desde entonces, ejerce allí como profesor. Hace unos meses visitó el ICMAT para acudir al congreso *Symplectic Techniques in Hamiltonian Dynamics*, organizado dentro del programa de **Profesor Distinguido Viktor Ginzburg**, y en ese contexto se dio nuestra conversación.

Ágata A. Timón García-Longoria

El tema principal que le trajo al ICMAT es la relación entre la topología simpléctica y los sistemas dinámicos, ¿podría explicar en qué consiste esta relación?

La geometría y la topología simpléctica han sido campos de rápido desarrollo en las matemáticas. En sus orígenes aparecieron como una herramienta geométrica para resolver problemas de la mecánica clásica. Los sistemas mecánicos (como un péndulo, un satélite o una partícula en un acelerador) se pueden describir como un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias que, más o menos, generalizan la segunda ley de Newton que aprendimos en el instituto: la fuerza es igual a la masa por la aceleración. El problema es que en la gran mayoría de los casos estas ecuaciones no admiten soluciones explícitas y, por tanto, hace falta un análisis cualitativo. Ahí es donde entra en juego la geometría simpléctica.

¿Qué permite hacer la geometría simpléctica?

Los métodos geométricos suponen un avance, por ejemplo, para detectar comportamiento caótico en sistemas deterministas; para estudiar relaciones sorprendentes entre la mecánica clásica y la cuántica, que es un tema que me atormenta en los últimos años; y para buscar maneras óptimas de realizar un movimiento mecánico dado, que requiera la menor cantidad de energía posible. Para entender la dificultad de este problema, imagínate que estás en los pies de una montaña y quieres encontrar la manera

más corta para llegar a un punto que está justo en el otro lado. La interpretación euclídea no será muy útil: la línea recta te llevaría a tener que escalar la cima de la montaña. Incluso en este sencillo ejemplo hacen falta métodos geométricos delicados para poder calcular la ruta óptima.

¿Cómo se hace?

Está relacionado con uno de mis objetos geométricos favoritos: el espacio de todos los posibles movimientos de un sistema mecánico dado. Hace un par de décadas, [Helmut Hofer](#) (Institute for Advanced Studies, Princeton, EE. UU.) descubrió una manera de hacer medidas geométricas en este espacio (es decir, medir longitudes de curvas y distancias entre puntos). Este espacio de dimensión infinita y sin acotar tiene muchas características paradójicas: por ejemplo, es plano en escalas pequeñas y, por tanto, se puede hablar de líneas rectas, pero es posible que estas se queden atrapadas en una parte acotada del espacio. Este espacio es muy complejo y presenta muchos retos interesantes. Conocer su estructura es un tema de investigación muy intrigante. Cualquier avance en esa dirección contribuye a nuestra comprensión de la mecánica clásica. Por ejemplo, el problema de encontrar las maneras más *económicas* para realizar movimientos dados se hace buscando el camino más corto entre dos puntos en el espacio de Hofer.

¿Cuál cree que son los siguientes grandes retos en este campo?

Desde que la topología simpléctica entró en su fase de madurez, en contraste con su juventud heroica de los principios de 1990, es vital para su prosperidad que interactúe con otras ramas de las matemáticas y con la física matemática. Hemos visto bastantes casos de éxito en este tipo de interacciones, como en los sistemas dinámicos, la geometría algebraica y la teoría de grupos geométricos. Espero que el alcance y la profundidad de esta interacción crezcan en el futuro.

¿Cómo llegó usted a este campo?

En 1984, mi amigo Misha Bialy (que ahora es colega en Tel Aviv) y yo empezamos a trabajar bajo la supervisión de [Yakov Sinai](#) (premio Abel y profesor en la Universidad de Princeton, EE. UU.) en transiciones hacia el caos de flujos geodésicos en toros de dos dimensiones, una versión de la teoría de Aubry-Mather. A través de esto llegamos al siguiente problema: ¿cómo generalizar el segundo teorema de Birkhoff, que asegura que una curva invariante no contraíble de un mapa sobre el cilindro ha de ser necesariamente un grafo, a sistemas con más grados de libertad? En aquel punto nos dimos cuenta de que los métodos simplécticos eran imprescindibles en esa tarea. Tuvimos la suerte de que la topología simpléctica era uno de los temas favoritos del seminario de [Vladimir] Arnold. Además, el trabajo seminal de [\[Mikhail\] Gromov](#) (Universidad de Nueva York, EE. UU.) en curvas pseudo-holomórfas acababa de aparecer en 1985, y Sasha Givental abrió un seminario en ese tema (a propósito, Viktor Ginzburg, [Profesor Distinguido del ICMAT](#), también participó en este seminario). Así es como empecé.

Ahora mismo, ¿en qué trabaja?

En este momento, entre mis temas favoritos están las aplicaciones de módulos de persistencia (un tema muy bonito, originado en el análisis topológico de datos) a la topología simpléctica, con [Egor Shelukhin](#) (Institute for Advances Studies, Princeton, EE. UU.); explorar las huellas de la rigidez simpléctica en la mecánica cuántica, con [Laurent Charles](#) (Institut de Mathématiques de Jussieu, París, Francia); y los enfoques simplécticos a las inestabilidades de la dinámica hamiltoniana, con [Michael Entov](#) (Technion, Israel Institute of Technology).

“Mi instituto de matemáticas era una extraña isla de libertad dentro del totalitarismo soviético”

Su trabajo fue reconocido con un ERC Advanced Grant, ¿podría contarnos en qué consiste el proyecto que desarrolla con esta financiación?

El proyecto se llama *Symplectic topology and its interactions: from dynamics to quantization*. Uno de los temas que tratamos es la interacción entre la topología simpléctica y la mecánica cuántica. Esta interacción funciona en ambas direcciones. Por un lado, algunas ideas de la mecánica cuántica dan lugar a nuevos conceptos y estructuras en el área simpléctica. Por ejemplo, los orígenes de los quasi-estados simplécticos están en la indeterminación cuántica, en concreto, en el teorema de Gleason que establece la existencia de variables ocultas en la mecánica cuántica. Más allá de eso, los conocimientos de la mecánica cuántica llevaron a predicciones simplécticas muy útiles, allí donde la intuición topológica fallaba, como en la cota inferior para invariantes *bracket de Poisson* de cubrimientos abiertos. En el otro sentido, algunos fenómenos descubiertos a través de la topología simpléctica admiten una traducción con significado en el lenguaje de la mecánica cuántica, por tanto, revelan las huellas cuánticas de la rigidez simpléctica. Por

ejemplo, la relación de incertidumbre localización-ruído (*noise-localization uncertainty relation*) para la localización del espacio de fases de una partícula cuántica.

Parece un proyecto de marcado carácter interdisciplinar.

Sí, solo este tema une tres disciplinas: la topología simpléctica dura, la mecánica cuántica y la cuantificación, que establece un puente entre el mundo clásico y el cuántico.

“En mi proyecto ERC estudiamos la interacción entre la topología simpléctica y la mecánica cuántica”

Ahora es un matemático de prestigio internacional, pero, ¿cómo se imaginaba de niño? ¿Siempre quiso dedicarse a las matemáticas?

La verdad es que tampoco tuve mucha elección, vengo de una familia de matemáticos. Mi padre me preparó desde mi infancia, ahora puedo ver que de manera muy habilidosa, por lo que mis talentos estaban un poco por encima de la media. Además, desde el sexto curso estudié en uno de los mejores institutos de matemáticas de Moscú.

¿Estudió en un colegio especializado en matemáticas?

Sí, así lo decidieron mis padres. En primer lugar, porque allí impartían una educación de primera calidad. En segundo, esta institución era una extraña isla de libertad dentro del totalitarismo soviético. Como resultado, después de mi graduación, las matemáticas eran mi única habilidad.

¿Cómo era la vida de un matemático en los últimos años de la URSS?

Era bastante frenética. Por un lado, como judío no fui aceptado en el programa de doctorado de mi universidad y tuve que trabajar como ingeniero de software. Hacía matemáticas o bien debajo de la mesa durante mis horas de oficina, o bien por las noches. Además, me había casado en el último año de universidad y, en 1987, nació mi primera hija, así que también tenía obligaciones familiares que atender. Estoy en deuda con mis profesores [Yakov Sinai](#) y Vladimir Arnold, que dedicaron mucho tiempo a dirigir mi trabajo y compartieron de forma generosa sus ideas conmigo; también a [Kostya Khanin](#) (Universidad de Toronto, Canadá) y Sasha Givental, que me mantuvieron entretenido organizando seminarios de sistemas dinámicos y topología simpléctica, y me ayudaron a digerir todas aquellas ideas; a mis padres, que me apoyaron moral y económicamente, y a mi mujer, que toleró con paciencia mi estilo de vida caótico que causaban mis aventuras matemáticas.

En los años 90 se mudó a Tel Aviv, ¿cómo fue?

Siempre quise emigrar de Rusia, donde mi futuro era desalentador, y en Moscú no podía defender una tesis. Además, tenía sentimientos profundos hacia Israel, ya que mi principal hobby era estudiar hebreo. Sinai me mandó a [Vitali Milman](#) (Universidad de Tel Aviv, Israel), que me atendió y se convirtió en uno de mis colegas más cercanos. La ayuda de Milman fue indispensable para el desarrollo de mi carrera matemática en Israel. En particular, convenció a las autoridades de la universidad para que tuvieran en cuenta varios artículos que tenía publicados en aquel entonces como mi tesis doctoral, así que solo tuve que hacer medio año de programa de doctorado, para redactar una introducción a aquella colección de artículos. Sinai y Milman figuraron como mis directores de tesis.

REPORTAJE: El ICMAT organiza el evento 'ERC and Mathematics in Spain' como celebración del décimo aniversario del Consejo

En el décimo cumpleaños del ERC, ICMAT lidera el número de ayudas a las matemáticas conseguidas en toda Europa

Imagen: ICMAT



De izqda. a drcha., Manuel de León (ICMAT-CSIC), Marina Villegas (directora de la Agencia Estatal de Investigación) y José Manuel Fernández Labastida (ERC) en la inauguración del evento.

Este año se cumplen diez años de la creación del Consejo Europeo de Investigación (ERC, por sus siglas en inglés) y para celebrarlo, el ICMAT organizó el 13 y 14 de marzo la reunión *ERC and Mathematics in Spain* para reflexionar sobre el impacto que estas ayudas han tenido en el sistema científico español y, en particular, sobre los matemáticos. El evento es parte de una conmemoración internacional a la que se suman más de 140 instituciones en todo el mundo, y que pretende reivindicar el ERC como un instrumento esencial de la diplomacia científica y de la cooperación entre países.

Elvira del Pozo Campos. Cuentan que el nieto del emperador chino Taizong (598-649), de la dinastía Tang, regaló dos pandas a Japón como gesto de buena voluntad. Desde entonces y hasta hoy, Pekín ha seguido practicando este ritual con aquellas naciones con las que quería fortalecer y consolidar lazos políticos. Lo que por derecho se llamó "la diplomacia del panda" es una versión exótica del *poder blando* (en alusión a la expresión inglesa *soft power*), que hace referencia a la capacidad de un actor

político para incidir en terceros a través de medios culturales, ideológicos... y científicos. Quizás uno de los ejemplos más conocidos son las Conferencias Pugwash sobre Ciencia y Asuntos Mundiales, organizada por primera vez en 1957 -en plena Guerra Fría- por 22 científicos de todo el mundo, entre los que había siete estadounidenses y tres rusos. Su objetivo siempre ha sido el mismo: debatir y ayudar a reducir el riesgo de conflictos armados y por ello recibió el Premio Nobel de la Paz en 1955.

Años más tarde, cuando en 2007 la Comisión Europea creó el [Consejo Europeo de Investigación](#) (ERC, por sus siglas en inglés) con el objetivo de fomentar la ciencia básica excelente en el territorio, también tenía en la cabeza que “la diplomacia científica a nivel de la Unión Europea (UE) facilita las interacciones con terceros países y aumenta su *poder blando*”, según un [informe del Servicio Europeo de Investigación](#).

En palabras del comisario europeo de Investigación, Ciencia e Innovación, Carlos Moedas, “la marca ERC tiene un potencial casi ilimitado, resume los valores fundamentales de la diplomacia científica y proporciona una base sólida para establecer redes europeas entre nuestros socios internacionales”. El ERC admite candidaturas de cualquier parte del mundo y en todos los campos de la ciencia. Esta flexibilidad y ambición combinadas con altos niveles de financiación –las ayudas, denominadas *ERC grants*, oscilan entre 1 y 2,5 millones de euros a gastar en cinco años- lo convierten en un arma para que los científicos puedan ir más allá de las fronteras del conocimiento.

“La marca ERC tiene un potencial casi ilimitado, resume los valores fundamentales de la diplomacia científica y proporciona una base sólida para establecer redes europeas entre nuestros socios internacionales”.

Este año se cumplen [diez desde la creación](#) del ERC y se celebra en todo el mundo con diversos actos. El ICMAT se ha sumado a la conmemoración con una [reunión científica](#) que tuvo lugar los días 13 y 14 de marzo. Desde 2007 los ERC han financiado con 12.000 millones de euros a cerca de 7000 investigadores –entre los que se encuentran siete premios Nobel-, lo que “ha tenido un impacto positivo en miles de europeos y ha estado detrás de muchos avances científicos, como el reciente [descubrimiento](#) de siete planetas potencialmente habitables más allá del sistema solar”, según comentaba [Jean-Pierre Bourguignon](#), presidente del ERC, en una [declaración pública a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología](#) (FECYT).

Además, las investigaciones financiadas por el ERC se han traducido en cerca de 100 000 artículos en revistas científicas internacionales, de los que más de 3000 aparecieron en el uno por ciento de las revistas científicas más citadas, según [datos de la FECYT](#). Parece que “el ERC está cumpliendo la misión que se le asignó para que Europa fuera el lugar ideal para los mejores cerebros del mundo”, resaltaba Bourguignon.

El ICMAT, con diez ERC conseguidos hasta ahora, se situó a la cabeza en la obtención de estas ayudas en el ámbito de las matemáticas en toda Europa.

España, en concreto, ha recibido en una década 650 millones de euros repartidos en 18 proyectos de un total de 336, lo que supone un 5,3 por ciento; muy por debajo de los 65 que ha obtenido Francia; los 59 de Reino Unido y los 42 de Alemania. Respecto al número de investigadores españoles, 400 fueron beneficiados – de 5500 presentados-, de los que aproximadamente la mitad pertenecen a centros y unidades de excelencia Severo Ochoa y María de Maeztu. Es el caso del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), que, con diez ERC conseguidos hasta ahora, se sitúa a la cabeza en la obtención de estas ayudas en el ámbito de las matemáticas en toda Europa, por delante de otras instituciones de renombre como la Universidad de Oxford. Diego Córdoba, investigador del ICMAT y director científico del proyecto Seve-

ro Ochoa, obtuvo un *Starting Grant* en su primera edición, hace ahora 10 años. Fue el primero del ICMAT y de todo el CSIC. “El principal objetivo de nuestro proyecto era estudiar de forma analítica diferentes modelos de fluidos incompresibles. En particular, analizamos las soluciones en las que aparecen singularidades”, señala el investigador. Gracias al equipo formado en torno al ERC se obtuvieron importantes resultados, publicados en grandes revistas internacionales, como la [resolución del problema de describir cómo rompe una ola](#).

Cumpleaños feliz

Los proyectos ERC distinguen no sólo a los mejores investigadores en Europa, sino que supone un gran reconocimiento científico y una inyección de financiación para su área de trabajo. [Javier Parcet](#), vicedirector del ICMAT, obtuvo la subvención en 2010 para un estudio en el campo del análisis armónico sobre álgebras de von Neumann. “Entonces, yo era su único representante en España, y una aportación clave de mi proyecto ERC fue dar visibilidad a esta línea para poder crear un grupo excelente a mi alrededor. La captación y tutelaje de estudiantes e investigadores postdoctorales en un área de estas características es francamente difícil y el proyecto ERC ha sido fundamental”, asegura Parcet.

También supone un reconocimiento para el centro de investigación al que pertenece el investigador. “Es una prueba inequívoca de la calidad de nuestros científicos y de la excelencia del Instituto en el ámbito internacional”, cuenta Manuel de León, miembro del ICMAT y parte del comité organizador de la reunión.

“Es una prueba inequívoca de la calidad de nuestros científicos y de la excelencia del Instituto en el ámbito internacional”.

En este encuentro se invitó a todos los ERC de España en matemáticas a que presentaran su trabajo y se realizó un análisis de lo que está suponiendo el programa para la comunidad matemática española ([aquí](#) los vídeos de las jornadas). El resultado de las matemáticas en el ERC no es especialmente bajo, pero sería deseable que aumentara. En la misma línea se expresaba José Manuel Fernández Labastida, director científico del ERC, en la inauguración del evento: “instalarse en la zona de confort sería un error; todos los investigadores han intensificado sus esfuerzos para conseguir estas ayudas tan importantes y si te quedas parado, te sobrepasarán”.

“Instalarse en la zona de confort sería un error; todos los investigadores han intensificado esfuerzos para conseguir estas ayudas tan importantes y si te quedas parado, te sobrepasarán”.

Entre las medidas que se propusieron durante el debate para aumentar el número de ayudas europeas están la de reforzar la visión desde Bruselas, encontrar maneras de facilitar la gestión y el encaje de un contrato ERC con las figuras funcionariales y contractuales en España, reforzar la carrera científica de los contratados ERC, potenciar la transferencia y hacer hincapié en la comunicación pública de los resultados, entre otros.

Desde el ICMAT se intenta avanzar por esta senda. Desde su origen se hizo hincapié en captar jóvenes talentos y proporcionarles las mejores condiciones posibles para que pudieran competir internacionalmente, como una oficina ICMAT Europa para impulsar el proceso de solicitud y desarrollo de proyectos europeos

con la ayuda de un gestor con gran experiencia. El evento [ERC and Mathematics in Spain](#), organizado por el ICMAT, fue uno de los más de 140 celebrados dentro y fuera de Europa en la "Semana del ERC", celebrada del 13 al 19 de marzo de este año con el propósito de promover el Consejo por todo el planeta. "Es esencial intensificar nuestro compromiso con el resto del mundo apoyando la diplomacia científica y la cooperación internacional", concluye Moedas.

En busca del riesgo

El [Consejo Europeo de Investigación](#) (ERC por sus siglas en inglés) fomenta la ciencia básica excelente en Europa, apoyando a los mejores científicos de cualquier campo que buscan desarrollar ideas rompedoras y de alto riesgo en sectores emergentes. Estas ayudas son el componente principal del Programa IDEAS de [Horizonte 2020](#), el séptimo Programa Marco de Investigación de la Unión Europea, que complementa otras fórmulas europeas como las de las agencias nacionales de financiación de investigación.

Hay tres tipos de ayudas ERC: las [Starting Grant](#), dirigidas a jóvenes investigadores que podrían convertirse en líderes de una línea de investigación nueva; las [Consolidator Grant](#) para que investigadores excelentes consoliden su propio equipo o programa de investigación independiente; y las [Advanced Grant](#), dirigidas a científicos sénior con trayectoria y liderazgo excepcionales que presenten proyectos pioneros y altamente ambiciosos.

Solo poco más del diez por ciento de los proyectos presentados consigue esta ayuda, lo que les confiere un sello de excelencia a nivel internacional.



José Luis García (CSIC, representante nacional del ERC) durante su ponencia.



Mesa redonda con (de izquierda a derecha) Manuel de León (ICMAT-CSIC), Marina Villegas (directora de la Agencia Estatal de Investigación), Jorge Velasco (coordinador institucional del CSIC en Bruselas), José Manuel Torralba (director general de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid) y Alberto Enciso (ICMAT-CSIC).

ENTREVISTA: José Manuel Fernández Labastida, director del departamento científico del *European Research Council* (ERC)

“El éxito del ICMAT en los programas del ERC es extraordinario”

Imagen: ICMAT



José Manuel Fernández Labastida durante su visita al ICMAT.

Tras ocupar el cargo de vicepresidente de investigación científica del CSIC y, posteriormente, de director general de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación, [José Manuel Fernández Labastida](#) pasó en 2011 a dirigir el departamento de Gestión Científica del Consejo Europeo de Investigación (*European Research Council*, ERC). Como tal visitó en el mes de marzo el ICMAT para inaugurar el congreso celebrado con motivo del décimo aniversario de la creación de este organismo. En él se hizo balance de la actividad del ERC, especialmente de sus programas competitivos y su impacto en la matemática española.

Laura Moreno Iraola

El ERC cumple 10 años en 2017 y va a haber celebraciones por toda Europa, ¿por qué era importante para usted acudir al evento del ICMAT?

Por varias razones. La primera es sentimental, porque me siento muy unido al proyecto del ICMAT, ya que su gestación (de manera física) coincidió con mi etapa como vicepresidente de investigación científica y técnica en el CSIC, de 2004 a 2008. Aquellos años fueron muy buenos para la investigación en España, de los mejores en cuestión presupuestaria y, desde la presidencia del CSIC, yo creo que hicimos una apuesta importante por las matemáticas con nuevos puestos o contratos Ramón y Cajal, entre otros. Es un placer estar aquí también porque creo que el éxito que ha tenido el ICMAT en los programas del ERC durante todos estos años es extraordinario.

¿Qué destacaría como clave del éxito del ICMAT, con un total de 10 ERC Grants hasta la fecha?

Este centro siempre ha apostado por atraer el mejor talento disponible, y cuando se siembra, se recogen los frutos. Además, se ha empujado y animado mucho a los investigadores a participar en un programa tan competitivo (con solo un 12% de éxito), en el que no vale con ser el mayor experto mundial en un tema, sino que hay que tener una idea y saber expresarla de la manera adecuada para convencer al comité de evaluación (paneles) de que es fantástica y financiable. También para ello, desde el ICMAT, se ha apoyado y ayudado continuamente a los investigadores.

“El ERC se ha convertido en un método para medir la calidad de la investigación y de los científicos”

¿Dónde reside la importancia de estas becas?

El ERC se ha convertido en un marchamo de excelencia para los países y para las instituciones, es un método de calidad de la investigación de frontera y de los científicos que la desarrollan. Que en 10 años se haya conseguido esto significa que se han hecho las cosas bien, tanto en la evaluación como en los proyectos financiados, que están dando como resultado una investigación de muy alta calidad.

¿De qué manera impacta en la carrera de los investigadores?

Sobre todo para los jóvenes que consiguen una *Starting Grant* (para aquellos investigadores con 2 a 7 años de experiencia tras haber conseguido el doctorado), supone un antes y un después en sus carreras: es un impulso muy importante, se hacen más competitivos, son mejor considerados, etc. También para los *Advanced Grants* (para investigadores activos a lo largo de los últimos 10 años) tiene muchos efectos colaterales: pasan a un nivel superior, atraen mucho a otras fuentes de financiación del sector privado, convocatorias públicas o de su propia universidad, incluso pueden elegir la institución en la que quieren trabajar. El hecho de que las ERC sean portables [de una a otra institución] ha generado una dinámica competitiva, que es uno de los objetivos que se pretendían. Con ello se ha conseguido que en Europa, en general, se produzca una agitación del sistema y se esté yendo hacia uno mucho más competitivo.

Ahora que nos encontramos en el ecuador de [Horizonte 2020](#), el octavo Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea (2014-2020), ¿podría hacer un balance de las ERC grants concedidas en nuestro país?

Desde que en 2007 nació el ERC, España tiene, aproximadamente, un 5,6% de la financiación que se ha distribuido en el Consejo. Bajo mi punto de vista, hay margen de mejora, la investigación de frontera de España debe aspirar a acercarse a ese 8% que se supera a nivel nacional en otros programas del ámbito del H2020.

“España tiene un margen de mejora en los proyectos ERC”

¿Qué cree que le falta a España para alcanzar este nivel?

Hay que seguir trabajando por competir mejor, por proponer más ideas y, sobre todo, por atraer talento e intentar que el que ya hay no se vaya.

La tasa de éxito de las actividades bajo el programa marco H2020, hasta este momento, está cerca del 14%, lo que supone un descenso con respecto al séptimo programa marco, con una tasa de alrededor del 20%. Cada vez se financian menos proyectos de una gran calidad debido a la falta de fondos. ¿Qué cree usted que podría hacerse al respecto?

Es cierto que ha descendido la tasa de éxito respecto al anterior, en torno al 11-12%, y lo que esperamos es que mejore. La comparativa es la siguiente: en el programa anterior, FP7 (de 2007 a 2013), empezamos con 300 millones de euros anuales para el ERC y acabamos con 1600 millones solo en 2013, lo que supuso un total de 7500. Ahora, en H2020, tenemos 13 000 millones para los siete años, lo que nos puede hacer pensar que es un gran incremento, pero en relación con el anterior y teniendo en cuenta que la demanda de solicitudes ha crecido, no se está dando la misma subida exponencial. Lo que ha ocurrido con este octavo programa marco es que ha habido años en los que el volumen de financiación se ha mantenido estable, incluso en los que ha bajado, debido a la situación económica de varios países europeos. A partir de ahora, se tiene previsto que subamos un 5-6% anualmente hasta 2020.

Otra de las grandes preocupaciones de la ciencia europea es la brecha de género. ¿Cuál es la situación en los programas del ERC?

Las mujeres solicitan menos grants: en *Advance*, la media de solicitudes que hacen ellas está en torno a un 15% y en *Starting*, a un 30%. A medida que la carrera avanza, la representación femenina se queda por el camino. Matemáticas es una de las áreas donde esta disparidad es mayor. Globalmente, el porcentaje de mujeres con una ERC *grant* en esta área no llega al 15%, pero es que en España es un 0%, las 18 *grants* son todas de hombres. Es curioso que donde menos mujeres hay, que es en ciencias físicas e ingenierías, es donde las ratios de éxito son más equilibrados entre los sexos, incluso ha habido años en los que ellas han estado por encima. Sin embargo, en ciencias de la vida, donde hay más investigadoras mujeres, la tasa de éxito típicamente es mayor en hombres y no sabemos por qué. En ciencias sociales y humanidades fluctúa de un año a otro.

“Las mujeres solicitan menos grants, y matemáticas es una de las áreas donde esta disparidad es mayor”

Frente a esta situación, el ERC tiene implantado un *gender balance*, ¿podría explicar cuáles son las principales líneas de este plan?

En las convocatorias se incluyen una serie de medidas para evitar la posible interrupción de las carreras investigadoras. Por ejemplo, en el caso de nacimiento de hijos, a las mujeres con *Starting Grant*, se les amplía la duración de la beca, que es de un lustro, con un año y medio por cada niño/a. Los hombres también tienen esta posibilidad, pero se les concede el mismo tiempo que la baja por paternidad una vez que hayan demostrado que la han disfrutado. Por otro lado, también intentamos tener un especial cuidado a la hora de las evaluaciones. Instamos a los paneles a que sean muy cuidadosos con esto porque puede haber un sesgo inconsciente en sus decisiones. De hecho, últimamente les proyectamos a todos un vídeo antes de entrar en el panel de evaluación creado por los centros de investigación CERCA de Cataluña. Además, a la hora de la composición de los mismos, de la que se encarga el consejo científico, se trata de tener un buen balance tanto de género, como geográfico, de excelencia, etc.



Imagen: ICMAT

Labastida junto a Manuel de León (ICMAT) y Marina Villegas (directora de la Agencia Estatal de Investigación) en la inauguración del congreso.

En cuanto al noveno programa marco, FP9, que comenzará a partir de 2021, ¿se han empezado ya a desarrollar algunas líneas de mejora o cambios?

La novedad más inminente es que van a volver las *Synergy Grants* en 2018, un esquema de financiación que funcionó en 2012 y 2013 a nivel piloto. El consejo científico lo ha evaluado, ha visitado los 24 proyectos que se financiaron entonces y ha sacado la conclusión de que es un esquema que merece la pena. Hace falta esa investigación ambiciosa en un ámbito muy interdisciplinar al que un *grant* con un investigador solo quizá no llegue. Gracias a estas, trabajarán juntos de dos a cuatro investigadores principales con sus respectivos grupos, de manera que podrán complementarse, intercambiar conocimientos y fuentes, etc.

¿Se prevén modificaciones en el sistema de evaluación?

Yo creo que no van a venir cambios importantes porque se ha creado un modelo que ahora siguen otras instituciones y agencias como, por ejemplo, los NIH (National Institutes of Health) de Estados Unidos. Si bien, es cierto que en *Synergy Grant* la evaluación va a ser un poco distinta, todavía el consejo científico está perfilándola, aunque al final no dejará de ser por pares, con los mejores expertos mundiales. En cuanto a las mejoras, estamos en un constante examen. Por ejemplo, cuando finalizan los paneles, se elaboran los llamados *panel reports*, recomendaciones y sugerencias a la agencia y al consejo científico, que se analizan y clasifican.

“El consejo científico ha debatido mucho si reducir las cantidades [de algunos ERC grants], y al final se optó por no hacerlo”

¿Han pensado en crear unas becas ERC *light* (con un presupuesto menor del establecido) para aquellos proyectos que son buenos, pero a los que no se les puede ayudar económicamente?

Ese es un debate constante en el consejo científico. De hecho, por ejemplo, en el caso de PE 1 (*Physical Sciences and Engineering - Mathematics*), la media de financiación por proyecto es mucho más baja que la media de otros más experimentales, ya que hace falta menos equipo, material, etc. El consejo científico ha debatido mucho si reducir estas cantidades, y, al final, se optó por no hacerlo. Sí que es verdad que hubo un elemento corrector; por ejemplo, ahora, sobre todo en ciencias de la vida, se suele conceder una ayuda adicional para equipamiento. Sin embargo, el consejo siempre ha optado por ser único y tener reglas generales para todos, aunque luego cada panel tenga las suyas para detectar la excelencia.

Colaboración: Andrés Ballesteros y Patricia Benito (Oficina ICMAT Europa).



Nastasia Grubic frente a su pizarra del ICMAT.

SHE DOES MATHS: Nastasia Grubic

Nastasia Grubic

Nastasia Grubic es investigadora postdoctoral en el ICMAT, contratada con el proyecto ERC que lidera Alberto Enciso. Junto a él trabaja en el estudio de interfaces entre dos fluidos, en concreto, cuando la curva que define la superficie se toca a sí misma. Grubic se doctoró por la Universidad de Pierre et Marie Curie de París (Francia) con una tesis titulada *Mathematical models for the Einstein equations of general relativity*. En ella, estudiaba las ondas gravitacionales en fluidos compresibles y el fenómeno de la elasticidad dentro del espacio no euclidiano, que presenta una curvatura característica.

Campo de investigación:

Mecánica de fluidos, ecuaciones en derivadas parciales y ecuaciones de matemática física.

Alicia A. Cortés. [Nastasia Grubic](#) (Šibenik, Croacia, 1986) realiza estudios postdoctorales en el ICMAT desde 2013. Durante sus primeros años formó parte del equipo que encabeza [Diego Córdoba](#) (ICMAT-CSIC), gracias a un contrato postdoctoral Severo Ochoa; y, actualmente, es miembro del proyecto ERC que lidera [Alberto Enciso](#) (ICMAT-CSIC). El problema principal al que se enfrenta en estos momentos se sitúa en el campo de la dinámica de fluidos incompresibles, en concreto, los fenómenos de *splash*, o lo que es lo mismo, lo que sucede cuando la superficie del fluido se toca a sí misma, dejando un espacio, una gota de vacío o de otro líquido, delimitado por la propia curva. Cuando la superficie no está en contacto con nada y el estudio se realiza desde la zona vacía, parece que el *splash* es dinámicamente posible. El problema se complica cuando el estudio se realiza desde el fluido o cuando hay dos fluidos en contacto. Junto a su equipo, logró demostrar que ese tipo de *splash* también era posible abordando el problema desde el es-

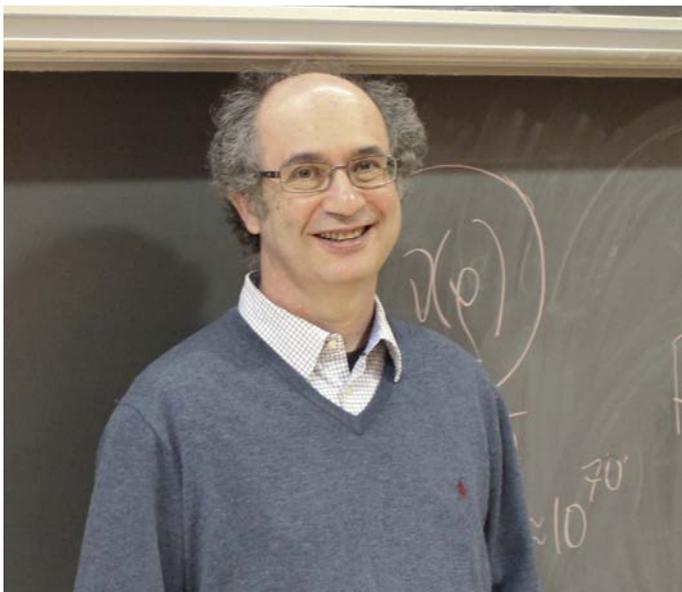
tudio de ondas estacionarias o *traveling waves*. Esta sucesión de ondas idénticas hace imposible distinguir una de otra y posibilita la eliminación de la variable tiempo en la ecuación.

Grubic realizó sus estudios de doctorado en París (Francia), en la prestigiosa Universidad Pierre y Marie Curie, con una tesis titulada *Mathematical models for the Einstein equations of general relativity*, enmarcada en el campo de la dinámica de fluidos compresibles, dentro de la relatividad general. En concreto, investigó los fenómenos de contracción y expansión del líquido debido a las ondas gravitacionales. Para abordar el problema de trabajar en el espacio-tiempo Einstein-Euler, estableció simetrías con el objeto de disminuir el número de dimensiones espaciales de tres a una. En esa época también tuvo la oportunidad de estudiar la elasticidad de los cuerpos dentro de un espacio curvilíneo no euclidiano.

CUESTIONARIO ICMAT: Mikhail Sodin, investigador *ERC Advanced Grant* en la Universidad de Tel Aviv (Israel)

“Nunca fui capaz de resolver ni uno de los problemas de las Olimpiadas matemáticas”

Imagen: ICMAT



Mikhael Sodin tras el coloquio que impartió en el ICMAT.

Mikhail Sodin nació en 1957 en Járkov, Ucrania (antes Unión Soviética). Actualmente es profesor en la Escuela de Ciencias Matemáticas de la Universidad de Tel Aviv. Estudió Matemáticas en la Universidad Estatal de Járkov (1974-79). Aunque recibió su título del Insituto de Matemáticas de la Academia Armenia de la Ciencia, Erevan, en 1985, realmente solo estuvo allí tres días para presentar la tesis. Su director fue Anatolii Grishin, de la Universidad Estatal de Jarkov. Formalmente nunca fue estudiante de doctorado (en la Unión Soviética existía una manera de defender el doctorado sin ser un estudiante de doctorado), y escribió su tesis en 1982, pero debido a su origen judío no podía defenderlo en Ucrania. Algunos colegas armenios aceptaron amablemente organizar la defensa en Erevan, y así lo hizo. A lo largo de su carrera ha trabajado en diferentes campos de la matemática, pero ahora está especializado en un tema en la frontera entre la teoría de la probabilidad y el análisis.

Ágata A. Timón García-Longoria

¿Por qué decidió estudiar matemáticas?

Para mí fue sencillo. Cuando terminé el instituto estaba mucho más interesado en historia que en matemáticas, pero yo crecí en la Unión Soviética y allí a mediados de los setenta, toda la historia era falsa. No tenía sentido hacer una carrera en historia. Además, en la ciudad en la que yo estudié los judíos no podían entrar en algunos departamentos de las universidades, entre ellos, el de historia. Sin embargo, no había ninguna limitación en el de matemáticas. En otras ciudades como Moscú y San Petersburgo había fuertes restricciones, pero no en Ucrania. Así que decidí estudiar matemáticas por estas razones; además, aunque no eran mi primera opción, me gustaban y eran fáciles para mí.

¿Recuerda su primer contacto con la investigación en matemáticas?

En la Unión Soviética había una extensa tradición de competiciones matemáticas entre chavales de instituto y universidad. Yo era malísimo. Nunca fui capaz de resolver ni uno solo de aquellos problemas. Cuando el concurso terminaba alguien explicaba las soluciones, pero yo ni siquiera entonces las entendía. Eran muy complicados para mí. Lo mismo me pasó en la universidad: había cursos que me resultaban muy difíciles; aunque otros, al contrario, me parecían muy sencillos. Tenía buenas notas en todos, pero gracias a grandes esfuerzos.

Entonces, ¿cómo terminó dedicándose precisamente a resolver problemas?

En el segundo año de la carrera teníamos una asignatura especial llamada “Proyecto de investigación de estudiantes”, que

la impartía un profesor excelente, Naum Akhiezer. Era un matemático muy famoso, aunque cuando fue mi profesor ya era muy mayor. Él asignaba a los estudiantes interesados algunos problemas, y disponíamos de algunos meses para pensar sobre ellos, antes de escribir un pequeño ensayo sobre el tema. Aquel fue mi primer encuentro con la investigación. No hice algo que fuese publicable, pero empecé a pensar como un matemático.

¿Fue entonces cuando empezó a disfrutar de las matemáticas?

Eso diría que fue en el cuarto curso, con 21 años. Aquel mismo profesor me dio algunas pistas para encontrar la dirección en la que debía encaminarme, y en la que trabajé con mi director de tesis, Anatoly Grishin. Este me dio unos cuantos problemas abiertos, y fui capaz de resolver uno de ellos. Fue una sensación increíble: diez minutos antes no era capaz de entender la cuestión, y de repente todo cobró sentido. La transición de no entender a entender es muy rápida, y luego es cuando necesitas tiempo para sentarte a escribir y ver cómo se formaliza todo. Cuando lo dejé por escrito, decidí que pasaría el resto del año en la montaña, o algo así, porque ya había terminado mis deberes. Entonces conocí a un estudiante postdoctoral que resultó que había resuelto exactamente el mismo problema y ya lo había mandado a publicar. Así que tenía que resolver otro de los problemas, porque quería que mi tesis fuese realmente buena, no podía ser un resultado ya conocido. Por tanto, me dediqué los siguientes tres o cuatro meses a trabajar todo el día, en lugar de irme al campo.

¿Consiguió resolver el problema?

Sí.

Después de aquello, ¿cómo continuó su carrera?

No fue una carrera usual para los estándares occidentales. Me gradué con el título de máster en 1979, con 22 años. Nunca fui estrictamente estudiante de tesis, aunque sí conseguí el título, porque no era fácil para un judío entrar en el programa de doctorado. No me preguntes por qué, no hay ninguna explicación lógica. Había una vía para evitar saltarse esta restricción, y en 1985 defendí mi tesis y obtuve mi doctorado, sin haber sido nunca estudiantes de doctorado. Hasta 1987 estuve trabajando en una empresa de ingeniería, en la que usaban matemática aplicada, estadística, ecuaciones... Desde allí seguía con mi investigación, de forma paralela. Aquella situación era bastante habitual en la Unión Soviética, había profesores de instituto e ingenieros resolviendo problemas interesantes en matemáticas en su tiempo libre. Ahora esto ya no es así, claro. En aquella época a veces lo odiaba, porque tenía amigos matemáticos "profesionales" que podían dedicar todo su tiempo a aquello que les gustaba, y yo tenía que trabajar durante todo el día. Pero lo cierto es que creo que, de alguna manera, fue mucho mejor. No tenía ninguna presión, no estaba a la espera de un puesto, ni allí ni en el extranjero... eso no iba a pasar, así que podía dedicarme a los problemas que me gustaban. Era divertido, podía aprender cosas nuevas. En mi trabajo oficial tenía muy buenas relaciones con mis compañeros y me permitían no aparecer por allí durante varios días o saltarme algún día a la semana... Es extraño porque en aquella época acababa de tener dos hijos, pero de alguna manera sentía que disponía de tiempo para hacer matemáticas.

"La transición de no entender a entender un problema matemático es muy rápida"

¿Desarrollaba su investigación de manera aislada?

No, era parte de una comunidad matemática. En Ucrania había una muy buena tradición matemática, y había un grupo muy grande de gente dedicada al análisis complejo, mi tema de investigación entonces. Una vez a la semana teníamos un seminario que podía reunir a unas 25 personas. Normalmente, después del seminario nos reuníamos en un café para seguir con la discusión. Tenía muchos amigos de mi edad con los que podía hablar de matemáticas y colaborar, de hecho, escribimos juntos muchos artículos.

Entonces, en 1996 se mudó a Tel Aviv, ¿por qué decidió hacerlo?

En 1987, cuando empezó la *perestroika*, desaparecieron de forma inmediata todos los obstáculos. En muy poco tiempo recibí una oferta de un excelente centro de investigación ucraniano, en el que estuve hasta 1996, cuando me mudé a Israel, y con el que aun hoy tengo un contacto constante. De Tel Aviv me gusta que nuestro departamento es pequeño, somos unas 27-29 personas, y abarca de forma uniforme diferentes áreas de matemática pura. Como no hay concentración en ningún área concreta, la gente de diferentes campos suele hablar con el resto de lo que hacen, y eso es muy bueno.

¿Encuentra diferencias por países en la manera de hacer matemáticas?

A lo largo de mi carrera he viajado mucho, he sido visitante en EE. UU. por más de medio año, también en Copenhague durante un año; tengo colaboradores en Francia y en el norte de Europa a los que suelo visitar habitualmente. Y sí, veo peculiaridades en cada sitio. En Tel Aviv hay una atmósfera muy agradable, porque la gente discute entre ella más allá de cada especialidad. En Francia y en EE. UU. se organizan por laboratorios temáticos que reúnen a mucha gente especializada en un tema concreto y, como es natural, acaban relacionándose solo entre ellos.

¿Cuáles son sus intereses como investigador?

Antes de llegar a Tel Aviv estaba interesado en el análisis complejo en una dimensión y todo tipo de aplicaciones a la teoría espectral de operadores y análisis armónico. Sigo interesado en estos temas, principalmente a través de mis estudiantes de doctorado y postdoctorado. Pero ahora me he centrado en un tema que está en la frontera entre la teoría de probabilidad y el análisis. No soy experto en probabilidad, de hecho, tuve que aprender todo lo que sé sobre el tema cuando tenía 50 años, pero me interesa mucho. Además, todo esto tiene conexiones importantes con la física matemática, lo cual lo hace aún más atractivo. En Ucrania la física matemática era una de las grandes áreas, no sé por qué. Igual porque en la Unión Soviética los físicos estaban muy bien considerados, por encima del resto de científicos.

Su coloquio en el ICMAT trata de la topología de los conjuntos de ceros de funciones suaves aleatorias, ¿podría explicarnos en qué consiste el problema?

Uno de los temas en los que llevo trabajando algunos años. La pregunta es la siguiente: si tienes el conjunto de ceros de una función suave aleatoria (es decir, el conjunto de puntos en los que la función toma el valor cero), puedes tratar de entender qué tipo de objeto topológico generan, qué forma tienen, dónde están localizados... Hilbert planteó este problema con funciones no aleatorias en dos variables reales (es el número 16 de [su famosa lista de problemas](#)), para polinomios en dos variables. En ese caso está solucionado, más o menos (lo cierto es que Hilbert planteaba los problemas de manera que hay gente que los puede dar por resueltos y otros que no). Ahora consideramos una versión aleatoria de este problema, y, en lugar de buscar cotas superiores o inferiores que funciones para todos los polinomios, nos preguntamos qué es lo que pasa de manera habitual. Estas cuestiones tienen aplicaciones a muchas áreas de las matemáticas modernas, al caos cuántico, a la mecánica estadística... Todos estos temas son parte de mi proyecto ERC.

¿Qué ha significado el proyecto ERC en su carrera?

En parte, lo pedí por presión de la administración. Para las instituciones es muy bueno, consiguen dinero de costes indirectos del proyecto y financiación adicional del estado, así que si ven oportunidades de conseguirlo, presionan para que se pida. Para mí está bien, te da mucha libertad, sobre todo para poder invitar a gente a trabajar allí conmigo. Las becas israelíes te permiten contratar estudiantes, pero no traer invitados. También puedo mandar a mis estudiantes a todos los congresos que considere interesantes para su formación sin preocuparme por la financiación de sus viajes.

"En mi departamento la gente de diferentes campos está forzada a hablar con el resto de lo que hacen, y esto es muy bueno"

El ERC cumple este año 10 desde su creación, ¿cómo valora su evolución?

Lo cierto es que veo una tendencia a reducir el número de becas y aumentar su cuantía que no creo que sea positiva. Igual en otras áreas como química experimental o biología es mejor tener un único grupo fuerte, con el mejor equipamiento. Pero yo creo que en matemáticas no es bueno. Creo que sería mejor tener más becas ERC en matemáticas, aunque esto suponga rebajar la cuantía asociada a cada una de ellas.

RETRATO: Francisco Torres de Lizaur

“Las matemáticas dan capacidad de expresión a las ciencias”

Imagen: Residencia de Estudiantes



Francisco Torres en las inmediaciones de la Residencia de Estudiantes.

Alicia A. Cortés. [Francisco Torres de Lizaur](#) comenzó su camino hacia las matemáticas en su lado más aplicado, la ingeniería, y, poco a poco, se fue decantando por el más fundamental. “Mi motivación fue querer entender mejor”, comenta el investigador. Desde siempre, le gustó jugar con conceptos abstractos y estudiarlos desde distintos ángulos y “las matemáticas te dan muchísima libertad para ello, por lo variado y lo sutil de los conceptos con los que puedes trabajar”, apunta.

Actualmente, realiza la tesis doctoral bajo la dirección de [Daniel Peralta](#) (ICMAT-CSIC), como parte del proyecto *Starting Grant* concedido a este por el European Research Council (ERC). Torres empezó estudiando órbitas periódicas de campos vectoriales que representan el movimiento de fluidos ideales, sin viscosidad e incompresibles; es decir, estudia cómo se mueven las partículas dentro de ese fluido ideal y cuál es camino recorrido antes de volver a la posición inicial. De manera progresiva, se fue adentrando en la intersección entre la geometría, los sistemas dinámicos y el análisis. “En concreto, estudio las propiedades dinámicas de campos vectoriales en variedades diferenciables a partir de ecuaciones en derivadas parciales”, explica Torres. “Las ecuaciones de Seiberg-Witten (un sistema de ecuaciones en derivadas parciales proveniente de la física teórica), en cierto límite, te proporcionan medidas invariantes de campos vectoriales, que son muy útiles para conocer, por ejemplo, cómo es su dinámica”. Uno de los puntos que hace más fascinante su investigación es que se cree que estas órbitas periódicas están relacionadas con el comportamiento turbulento de los fluidos.

Lo más interesante para Torres es la posibilidad de trabajar con conceptos diferentes e intentar relacionarlos. “Esto te permite comprender mejor el universo matemático”, comenta. Además, este campo de conocimiento permite dotar al resto de las ciencias de un lenguaje y unos conceptos con los que puedan cimentar sus investigaciones.

El estereotipo de que el trabajo de un matemático se realiza desde el aislamiento de un despacho no se cumple según la experiencia de Torres, que ha estudiado también en sitios como la Universidad de Harvard (EE. UU.). “Las matemáticas muchas veces se aprenden hablando con otras personas, aunque luego

Francisco Torres de Lizaur

Francisco Torres de Lizaur nació en Sevilla en 1989. Empezó Ingeniería Industrial pero se dio cuenta de que lo que realmente le atraían eran las asignaturas más teóricas, por lo que decidió combinar estos estudios con el Grado en Matemáticas. En 2011 dio un paso más allá y se trasladó a la École Normale Supérieure de París (Francia) para reorientar su carrera hacia el campo de la física matemática y allí fue donde los números terminaron por conquistarlo. Su primer contacto con el ICMAT fue en 2012, a través de una beca de iniciación a la investigación que le permitió incorporarse al grupo liderado por Óscar García-Prada (ICMAT-CSIC). Gracias a ella, conoció a su actual director de tesis, Daniel Peralta (ICMAT-CSIC). En 2014, recibió una beca para realizar su doctorado dentro del proyecto *Starting Grant*, concedido por el European Research Council (ERC) a Peralta. Su tesis se centra en el estudio de las variedades invariantes en sistemas dinámicos y ecuaciones en derivadas parciales.

entra el trabajo y la asimilación personal”. Aunque su andadura al otro lado del charco duró solo cuatro meses, para él fue, según confiesa, realmente enriquecedora, ya que le ofreció la oportunidad de conocer e interactuar con matemáticos de todo el mundo.

“Tu forma de pensar cambia un poco cuando conoces a gente que está haciendo cosas tan distintas a ti”

Su forma de entender y vivir las matemáticas en cierta manera ha sido engrandecida por su experiencia en la Residencia de Estudiantes de Madrid, en la que disfruta de una beca desde 2014. “Es una beca de alojamiento gracias a la cual no tienes que preocuparte por nada, solo por trabajar”, cuenta Torres. En la Residencia se aloja un número reducido de estudiantes y creadores –nueve o diez cada año– que provienen de ámbitos muy distintos, como ciencias y artes. La intención es continuar con la experiencia vivida entre los años 1910 y 1936, donde el intercambio científico y artístico favoreció la aparición de figuras tan destacadas como el poeta Federico García Lorca, el pintor Salvador Dalí y el científico Severo Ochoa. “Es una experiencia intensa, convives con gente que está haciendo cosas muy interesantes. Eso motiva mucho y resulta muy estimulante para tu propia investigación”, resalta Torres.

Esta beca además ofrece la oportunidad de realizar colaboraciones que de otra manera hubiera sido muy difícil llevar a cabo, y Torres no ha dejado escapar la oportunidad: “He dado algunas conferencias en torno a la relación entre las matemáticas y la poesía o la música”, explica. También ha impartido un taller de escritura creativa con la escritora Paula Zumalacárregui que consistía en la elaboración de textos usando reglas de escritura bastante rígidas, como por ejemplo la “transformación S+7”, donde cada sustantivo se cambia por el séptimo sustantivo que le siga en el diccionario. Estas reglas se basan en el trabajo del taller de literatura francés [Oulipo](#), fundado en 1960 por escritores y matemáticos.

Así, en la búsqueda de diferentes conceptos y relaciones entre campos que en principio no parecían estar relacionados, continúa la carrera de Torres, que acaba de empezar.

RESEÑA CIENTÍFICA: Un nuevo acercamiento a las teorías KAM

Nombre del artículo: Rigorous Computer-Assisted Application of KAM Theory: A Modern Approach

Autores: Jordi-Lluís Figueras (University of Uppsala), Alex Haro (Universitat de Barcelona) y Alejandro Luque (ICMAT).

Fuente: Foundations of Computational Mathematics

Fecha publicación: 17th of november 2016

doi: 10.1007/s10208-016-9339-3

La llamada *teoría KAM* recoge una colección de métodos para estudiar persistencia de cierto tipo de soluciones para sistemas de ecuaciones que surgen de problemas físicos. En concreto se utilizan para resolver sistemas hamiltonianos, que sirven para modelar problemas de mecánica clásica, como los de mecánica celeste, astrodinámica y aceleradores de partículas. En muchas ocasiones es muy complicado (o muy costoso) encontrar soluciones generales para estos sistemas, por lo que se estudia la aparición de cierto tipo de soluciones concretas, como por ejemplo las llamadas *soluciones cuasi-periodicas*. Éstas corresponden a movimientos que oscilan con más de una frecuencia (linealmente independientes), y están confinadas en un espacio geométrico: una variedad de geometría toroidal (toro invariante) en el espacio de fases. Estas soluciones juegan un papel fundamental, ya que representan el tipo de movimiento estable que podemos observar en este tipo de problemas, y por tanto permiten organizar la dinámica del resto de soluciones.

El origen de la teoría KAM se remonta a los trabajos de Andrey Kolmogorov (1954), Vladimir Arnold (1963) y Jürgen Moser (1962), cuyas iniciales forman el acrónimo KAM. En aquellos años era bien conocido que el espacio de fases de los sistemas integrables se organiza mediante toros invariantes con dinámica casi-periodica. La teoría KAM establece condiciones suficientes para garantizar la persistencia de dichas estructuras al considerar perturbaciones del problema. Dichas condiciones son muy genéricas, y es de esperar que se cumplan en general, pero verificarlas en un sistema concreto entraña una gran dificultad. Esto es debido a que las coordenadas naturales para describir un sistema mecánico no son las adecuadas para interpretar las hipótesis del teorema KAM. Además, los problemas de mecánica celeste presentan degeneraciones que dificultan la tarea.

Por otro lado, además de disponer de un teorema que garantice la persistencia de toros invariantes para perturbaciones pequeñas, es relevante conocer el *umbral de validez* del teorema (esto es, el tamaño de la perturbación que podemos admitir). Esto es importante puesto que, si bien es cierto que muchos problemas que aparecen en la naturaleza son cercanos a un problema integrable, no es cierto que podamos modelarlos mediante perturbaciones arbitrariamente pequeñas. Durante mucho tiempo, la teoría KAM fue objeto de crítica a efectos de su aplicación práctica, debido a que su umbral de validez parecía ser ridículamente pequeño. Esta observación fue manifestada por el astrónomo francés Michel Hénon, quien obtuvo un umbral de validez del orden de 10^{-333} en los inicios de la teoría. El mismo Hénon, en analogía con la hipotética frase *eppur si muove* de Galileo, remarcó que sus observaciones numéricas indicaban que los toros invariantes continuaban existiendo bajo perturbaciones mayores. En consecuencia, para obtener aplicaciones relevantes y realistas del teorema KAM es importante poder considerar sistemas concretos así como determinar valores específicos de los parámetros para los que el resultado aplica.

En el artículo *Rigorous Computer-Assisted Application of KAM Theory: A Modern Approach* se presenta una metodología general para aplicar el teorema KAM a sistemas concretos para valores realistas de los parámetros (esto es, admitiendo perturbaciones grandes). Para ello, Jordi-Lluís Figueras (University of Uppsala), Alex Haro (Universitat de Barcelona) y Alejandro Luque (ICMAT) han desarrollado un amplio abanico de resultados analíticos y computacionales: un teorema KAM en formato a-posteriori con constantes explícitas; análisis asistido por ordenador; métodos rigurosos de transformada rápida de Fourier; determinación explícita de constantes diofánticas, estimaciones de Rüssmann mejoradas; y aproximaciones numéricas muy precisas de toros invariantes.

Obtener toros KAM para valores de parámetros realistas ha sido un problema de gran interés en las últimas décadas. Los primeros empeños tuvieron lugar a finales de los 80, al estudiar algunos problemas de Mecánica Celeste así como también el *mapeo estándar de Chirikov*. Éste último es un modelo sencillo para entender el comportamiento de sistemas hamiltonianos de dos grados de libertad. Pero estos métodos, basados en teoría de perturbaciones y en formas normales, proporcionaban algoritmos computacionalmente costosos y producían estimaciones relativamente pesimistas del umbral de validez (a pesar de que estaban implementados específicamente para las aplicaciones consideradas).

La nueva metodología propuesta por los investigadores en su trabajo publicado en *Foundations of Computational Mathematics* permite aplicar el teorema KAM al mapeo de Chirikov hasta un valor que difiere en un 0,004% del valor umbral observado numéricamente (anteriores empeños obtuvieron un 6%).

En el artículo se consideran también otros ejemplos: el caso de curvas con meandros (que no son grafos y pueden tener complicadas topologías relativas) en el mapeo estándar *no-twist* y el caso de toros bidimensionales en la familia de Froeschlé (que es un modelo sencillo para entender el comportamiento de sistemas hamiltonianos con 3 grados de libertad). Esta es la primera vez que estos objetos han sido validados rigurosamente para valores específicos (y grandes) de parámetros. En cualquier caso, cabe enfatizar que el teorema KAM y la metodología presentados, así como el algoritmo descrito, son suficientemente generales para ser utilizados en una amplia variedad de problemas.

Una de las dificultades principales a la hora de verificar las hipótesis del teorema KAM es controlar la norma analítica de ciertas funciones que se obtienen mediante operaciones algebraicas, derivación, composición e inversión de objetos definidos sobre una aproximación de un toro invariante. Esto significa que es necesario dar cotas rigurosas del tamaño de estas funciones en un dominio complejo. Para tal fin, se presenta una

metodología rigurosa asistida por ordenador. Dicha metodología usa transformada rápida de Fourier (FFT) en combinación con un teorema que permite controlar el error al aproximar funciones usando FFT. La estrategia presentada supera con creces el uso de manipuladores simbólicos, permitiendo así operar cómodamente con millones de coeficientes de Fourier. En este trabajo, además de presentar un algoritmo de validación de gran rendimiento computacional, se desarrollan nuevas herramientas teóricas para estudiar problemas de pequeños divisores que permiten, por ejemplo, caracterizar las propiedades diofánticas de un vector de frecuencias dado.

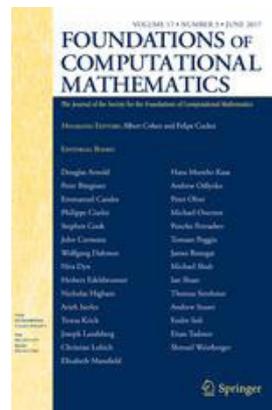
Gracias a este trabajo, los autores fueron reconocidos el pasado mes de junio con el [premio "Barcelona Dynamical Systems 2017"](#) de la Societat Catalana de Matemàtiques (SCM).

Sobre los autores:

Jordi-Lluis Figueras es profesor lector tenure-track (Biträdande Lektor) en la University of Uppsala. Su investigación se centra en el estudio de rotura de toros invariantes hiperbólicos, las demostraciones asistidas por ordenador en sistemas dinámicos, los métodos numéricos rigurosos para EDPs, y los sistemas "skew-product".

Alex Haro es profesor titular en la Universitat de Barcelona. Realiza su investigación en diversas ramas del campo de sistemas dinámicos, desde variedades normalmente hiperbólicas hasta teoría KAM, así como conexiones con teoría espectral.

Alejandro Luque es investigador postdoctoral en el ICMAT. Realiza su trabajo en el área de sistemas dinámicos, con especial atención a sistemas hamiltonianos. Sus trabajos se basan en la caracterización de estabildades e inestabildades, usando métodos analíticos, geométricos y numéricos.



RESEÑA CIENTÍFICA: Existencia de las estructuras Engel

Nombre del artículo: Existence h-principle for Engel structures.

Autores: Roger Casals (Departamento de Matemáticas, Instituto de Tecnología de Massachusetts), José Luis Pérez (ICMAT), Álvaro del Pino (ICMAT), Francisco Presas (ICMAT).

Fuente: Inventiones mathematicae.

Fecha publicación: 12 de mayo de 2017.

doi: 10.1007/s00222-017-0732-6.

Resumen: Las *estructuras de contacto* son distribuciones (una elección continua de direcciones "admisibles" en cada punto del espacio) no integrables que se definen en espacios geométricos de dimensión impar, y que se construyen en espacios o variedades de dimensión $2n+1$ (impar), y seleccionan un subespacio de $2n$ direcciones en cada punto. Por ejemplo, en una variedad de dimensión 3, en cada punto se elige un plano. Un ejemplo es el sistema mecánico que modeliza un monopatín, que tiene tres grados de libertad: las dos coordenadas de su posición en el plano y el ángulo en el que apunta su eje. La distribución de movimientos "admisibles" en cada punto está dada por la línea definida por el eje (un grado de libertad) y el ángulo (un segundo grado de libertad). El hecho de que se pueda alcanzar cualquier punto del espacio (movernos mediante movimientos admisibles de una tripleta de coordenadas a otra) es una medida de la no integrabilidad de la distribución. Los objetos análogos en dimensión cuatro son las *estructuras de Engel*, y son distribuciones 2 dimensionales no-integrables.

Las distribuciones no integrables están relacionadas con la teoría de control, un campo interdisciplinario de la ingeniería y las matemáticas computacionales que trata el comportamiento de sistemas dinámicos (aquellos sistemas que evolucionan con el tiempo, como puede ser el movimiento de un monopatín o de una partícula en un fluido) bajo una serie de "controles" que se corresponden a las direcciones admisibles. La teoría estudia propiedades geométricas del conjunto de trayectorias admisibles, y busca optimizar observables de ellas como el tiempo empleado o la energía consumida. Por otra parte, las distribuciones no integrables representan clases de sistemas mecánicos y por tanto están estrechamente relacionados con la geometría simpléctica, que es el área de la geometría que surge al estudiar las ecuaciones de Newton bajo el formalismo de la geometría diferencial.

Es por ello que la teoría de distribuciones no-integrables se encuentra en la intersección de la geometría simpléctica, formalismo abstracto de los sistemas mecánicos, y la teoría de control

que estudia los recorridos y eficiencias de las trayectorias admisibles de las distribuciones. Otro actor importante en el juego es el *h-principio*, un conjunto de herramientas topológico-geométricas que se emplean para determinar la existencia y posterior clasificación de ciertas clases de estructuras geométricas. El *h-principio* o principio de homotopía surgió en los años 60 para estudiar estructuras geométricas que localmente son equivalentes o isomorfas, pero globalmente pueden no serlo. Este campo de investigación encontró su inspiración inicial en los teoremas de encajes euclídeos isométricos de baja regularidad de John Nash (EE.UU., 1928) y fue extendido a la teoría de inmersiones diferenciables por S. Smale (EE.UU., 1930). Mikhail Gromov (Rusia, 1943) formuló el principio general que subyace a estas teorías aparentemente diferentes. En su libro “Partial Differential Relations” empleó el principio-h para encontrar soluciones de todo tipo de ecuaciones en derivadas parciales geométricas.

Las *estructuras de contacto* tienen relación con la teoría de la relatividad y con los sistemas dinámicos Hamiltonianos. Su historia se remonta a Élie Cartan (Francia, 1869), quien fue el primero en estudiarlas localmente y compararlas con otras clases de distribuciones.

Como campo de investigación independiente despegó hace 40 años, aunque fue en los años 80 cuando se dio un salto en su comprensión, en concreto en el caso de espacios de dimensión 3. Desde entonces el interés por esta área es creciente. El avance en el resto de dimensiones comenzó en 2015, cuando el grupo de Fran Presas, investigador del ICMAT, publicó un trabajo en la revista *Annals of Mathematics* que demostraba que al menos había una estructura de contacto en toda variedad de dimensión 5 que verifique una condición necesaria obvia. Este trabajo sirvió de despertador y motivó que, a los pocos meses, se probará la existencia de estructuras de contacto en cualquier espacio de dimensión impar que satisfaga una condición necesaria topológica obvia.

Lo que motivó el desarrollo de la geometría de contacto es que en bastantes espacios hay más de una estructura de contacto, abriéndose así el problema de su clasificación. Para ello, en los años 80 Gromov y Andreas Floer (Alemania, 1956) desarrollaron la teoría de curvas pseudo-holomorfas y sus invariantes asociados, una herramienta que permite distinguir distribuciones diferentes. La zoología o clasificación de las estructuras de contacto es un campo de investigación muy activo actualmente por la gran cantidad de ejemplos que se pueden encontrar en estos espacios geométricos.

Este año, Fran Presas, junto a Rogel Casals, José Luis Pérez y Álvaro del Pino, ha publicado el artículo “Existence h-principle

for Engel structures” en *Inventiones Mathematicae*. Este trabajo aporta el primer teorema de existencia de estructuras Engel en variedades de dimensión 4. Este tipo de espacios geométricos tienen características especiales, constituyen la clase menos comprendida de distribuciones topológicamente estables, concepto introducido por E. Cartan, y su estudio tiene aplicaciones en relatividad general. El primer indicio hacia una posible aplicación del *h-principio* en geometría Engel lo aportó T. Vogel en 2009, pero no fue hasta 2017 cuando Roger Casals, José Luis Pérez, Álvaro del Pino y Fran Presas probaron un resultado de existencia totalmente general empleando el principio de homotopía. Actualmente, la clasificación de estructuras Engel es un área emergente. La madurez del área se alcanzaría, a semejanza del caso de contacto, si se encuentran ejemplos de espacios con al menos dos estructuras Engel distintas.

Sobre los autores:

Roger Casals es *CLE Moore Instructor* en el departamento de matemáticas del Instituto de Tecnología de Massachusetts. Realizó la tesis doctoral en el ICMAT bajo la dirección de Fran Presas, por la que recibió el premio José Luis Rubio de Francia de la Real Sociedad Matemática Española en 2016. Su campo de investigación se centra en la topología simpléctica y de contacto, la dicotomía rigidez-flexibilidad, el *h-principio* y los grupos de contactomorfismos.

José Luis Pérez es investigador predoctoral en el ICMAT. Se licenció en Matemáticas en la Universidad de Sevilla y actualmente realiza los estudios de doctorado en el ICMAT, bajo la supervisión de Fran Presas. Su campo de investigación se centra en el área de la topología simpléctica, estructuras de contacto y estructuras Engel.

Álvaro del Pino es investigador postdoctoral en la Universidad de Utrecht, Holanda. Realizó los estudios de doctorado en el ICMAT bajo la supervisión de Fran Presas. Estudia fenómenos de flexibilidad en topología de contacto y simpléctica. También le interesan las aplicaciones del *h-principio*.

Fran Presas es Científico Titular del CSIC y miembro del ICMAT. Se doctoró en matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid en el año 2000 y realizó estudios de postdoctorado en la Universidad de Stanford. Trabaja en topología de contacto de dimensión alta, topología simpléctica, cuantización geométrica, teoría general de foliaciones y clasificación de estructuras Engel.



PERFILES: Conoce a los nuevos investigadores postdoctorales del ICMAT

En su constante búsqueda y atracción de talento, el ICMAT dedica una parte considerable del proyecto Severo Ochoa a la financiación de contratos postdoctorales, a través de una convocatoria anual internacional y competitiva. En 2016, se incorporaron al Instituto seis matemáticos, uno estadounidense y el resto, europeos: [Jared Aurentz](#), de EE. UU.; [Jerry Buckley](#), de Irlanda; [Daniele Casazza](#) y [Stefano Marò](#), de Italia; y [Javier Ramos](#) y [Carolina Vallejo](#), ambos de España. Hablamos con todos ellos (excepto con Marò, que recientemente ha sido contratado por el Instituto gracias al programa Juan de la Cierva) para conocer sus trayectorias y sus intereses dentro del mundo de la investigación matemática.

Laura Moreno Iraola

Imagen: ICMAT



Jared Aurentz.

JARED AURENTZ

[Jared Aurentz](#) (EE. UU.) no tuvo muy claro que se quería dedicar a las matemáticas hasta que empezó su carrera universitaria, en la facultad de ingeniería de la Universidad de Minnesota (EE. UU.), su lugar de origen. Varias asignaturas en métodos numéricos despertaron su curiosidad por la teoría de algoritmos y fue entonces cuando se decantó por las matemáticas aplicadas.

Aurentz estudió el doctorado en análisis numérico en la Universidad Estatal de Washington (EE. UU.). Una vez terminado, dio un salto en el mapa para continuar su carrera, ya como investigador postdoctoral, en la Universidad de Oxford (Reino Unido), donde trabajaba antes de llegar al ICMAT, a finales del pasado año. Por motivos personales, decidió mudarse a España y terminó en el Instituto, "donde se siente muy a gusto". Su investigación se centra en el desarrollo de métodos numéricos empleados para resolver sistemas de ecuaciones lineales y computar autovalores de matrices; unos tipos de problemas que aparecen con frecuencia en simulaciones de procesos físicos.

JERRY BUCKLEY

[Jerry Buckley](#) (Irlanda) confiesa que no hubo un día concreto en el que decidiera que iba a dedicar su vida profesional a la investigación en matemáticas. Su vocación surgió conforme fue superando etapas en su carrera. Siempre le había gustado la ciencia, por lo que eligió estudiar matemáticas y física en su ciudad, en la Universidad de Cork (Irlanda), porque era la opción que más abarcaba.

Cuando llegó el momento de doctorarse, se decantó por las matemáticas y lo hizo en la Universidad de Barcelona bajo la dirección de [Xavier Massaneda](#) y [Joaquim Ortega-Cerdà](#). Como investigador postdoctoral también ha pasado por la Universidad de Tel Aviv (Israel), donde colaboró con [Mikhail Sodin](#) y [Ron Peled](#); y por el King's College de London (Reino Unido), donde trabajó con [Igor Wigman](#). Decidió escoger el ICMAT para su siguiente estancia postdoctoral motivado por las buenas referencias que tenía de él y por su necesidad de trasladarse a España.

Su trabajo se engloba dentro del tema de los conjuntos de ceros de funciones aleatorias. En concreto, estudia el conjunto nodal de autofunciones del Laplaciano, un tema que tiene su origen en los estudios sobre vibraciones de placas llevados a cabo por el físico alemán Ernst Chladni en el siglo XVIII, considerado el fundador de la acústica.



Imagen: ICMAT

Jerry Buckley.



Daniele Casazza.

DANIELE CASAZZA

Las ecuaciones diofánticas fueron las culpables de que [Daniele Casazza](#) (Italia) estudiara matemáticas y dejara aparcada la música, otra de sus pasiones. Cursó el grado en la Universidad Estatal de Milán (Italia) y de Burdeos (Francia), y su trabajo fin de grado lo dedicó a las curvas elípticas. Fascinado por la investigación, decidió continuar con el máster y, más adelante, con el doctorado, que estudió a caballo entre la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad de Burdeos gracias a una beca del ministerio francés. Fue codirigido por su director de máster, [Jean Gillibert](#) (Universidad de Toulouse 2, Francia), y por [Victor Rotger](#) (UPC).

Desde noviembre de 2016 forma parte del ICMAT, sitio al que, reconoce, “no esperaba acceder” ya que su área de investigación está poco desarrollada en el Centro. Esta situación le permite disponer del tiempo suficiente para su trabajo y le está sirviendo como una oportunidad para afrontar estos problemas por su cuenta. Aun así, en este corto periodo de tiempo, ya ha organizado varios seminarios y colaborado con otros investigadores como [Daniel Macías](#) (UAM), antiguo miembro del Instituto.

Su línea de investigación es “bastante moderna”, aunque está motivada por un problema clásico, que, además, es uno de los escogidos por la Fundación Clay en su lista de Problemas del milenio: la [conjetura de Birch y Swinnerton-Dyer](#). Se trata de encontrar las soluciones racionales de la ecuación diofántica que define una curva elíptica como objeto geométrico. Algunos trabajos recientes de su exdirector de tesis y sus colaboradores consiguen atacar el problema con las llamadas técnicas p -ádicas, en particular utilizando los sistemas de Euler. Estas herramientas evidencian relaciones nuevas y muy profundas entre objetos matemáticos hasta ahora desvinculados, y prometen nuevos desarrollos y aplicaciones interesantes en un futuro reciente de esta teoría.

JAVIER RAMOS

[Javier Ramos](#) (España) admite que se pregunta en numerosas ocasiones por qué eligió investigar en matemáticas. Sobre todo cada vez que algo se le resiste. Eso sí, cuando al fin consigue dar con el resultado encuentra una respuesta positiva a la pregunta. Esa sensación de rompecabezas que de repente encaja, y de ir más allá del conocimiento, puede con todo.

Tras la licenciatura en matemáticas e ingeniería informática, Ramos se doctoró por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) bajo la dirección de [Keith Rogers](#) (ICMAT-CSIC) y [Ana Vargas](#) (UAM). Una vez finalizada la tesis se trasladó hasta Río de Janeiro (Brasil) para trabajar como investigador postdoctoral en el Instituto de Matemática Pura y Aplicada (IMPA) durante varios años. Con ganas de regresar a España, apostó por intentar conseguir un hueco en el ICMAT impulsado por la “alta investigación que ahí se hace”.

Trabaja en uno de los problemas centrales del análisis armónico: la llamada conjetura de la restricción. Esta intenta entender en qué espacios de funciones L^p tiene sentido la restricción de la transformada de Fourier a superficies con curvatura gaussiana no nula como la esfera. Su principal colaborador en este problema y otros relacionados es Keith Rogers.



Javier Ramos.



Carolina Vallejo.

CAROLINA VALLEJO

[Carolina Vallejo](#) (España) no concebía dejar de estudiar matemáticas tras terminar la carrera, que cursó en la Universidad de Valencia. Así que, decidió aprovechar esa ansia de conocimiento para lanzarse al mundo de la investigación y tratar de entender, hasta su último término, la naturaleza de las cosas y sus implicaciones. Explica que, aunque el álgebra le resultó dura al principio, en el cuarto año de la carrera cayó rendida a la Teoría de Galois. Los grupos le fascinaron en cuanto a que modelizan el concepto de simetrías en la naturaleza. Por ejemplo, las simetrías de un cuadrado forman un grupo llamado diédrico. A partir de ahí, entró en contacto con el campo de la Teoría de Grupos y la Teoría de Representaciones y expertos en el área como el matemático [Gabriel Navarro](#), que se convertiría en el director de sus tesis de máster y de doctorado.

Antes de llegar al ICMAT, Vallejo trabajó como investigadora postdoctoral en la Universidad de Manchester. A finales de 2016, se incorporó al Instituto, motivada por las excelentes referencias de colegas y por su impresión personal a través de la participación en cursos y congresos. Aquí forma parte del grupo de trabajo de [Andrei Jaikin](#) (ICMAT-UAM), con quien se dedica al estudio de las representaciones de grupos finitos. De forma más concreta, a partir de la Teoría de la Representación, intenta entender las representaciones de un grupo, poniendo especial atención en las de los denominados grupos locales, más pequeños y con características concretas. Estos tipos de problemas son los conocidos como problemas globales/locales.

ICMAT
INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

Thematic program

ORTHOGONAL POLYNOMIALS AND SPECIAL FUNCTIONS IN APPROXIMATION THEORY AND MATHEMATICAL PHYSICS

Instituto de Ciencias Matemáticas
septiembre-noviembre, 2017
Madrid

This thematic program aims to promote research on orthogonal polynomials and special functions and their connections with related fields such as approximation theory, Fourier analysis, operator theory, random matrices and number theory, numerical analysis, integrable systems in mathematical physics, etc.

The program is jointly organized by ICMAT and the Orthonet network that comprises 14 research groups working in Spain in the field of orthogonal polynomials and special functions, covering a wide range of topics ranging from the fundamentals of orthogonality, to applications in diverse fields and numerical aspects of approximation.

The program includes the following activities:

- Conference "Integrable systems, symmetries and orthogonal polynomials" (18-22 Sep 2017)
- II Orthonet School (23 - 27 Oct 2017)
- Research in Groups (16 Oct - 19 Nov 2017)
- Seminar cycle (23 Sep - 15 Dic 2017)
- IV Orthonet Workshop (17-19 Nov 2017)



Un proyecto del ICMAT ayuda a prevenir ciberataques como el de WannaCry

Imagen: ICMAT



David Ríos.

La ciberseguridad es uno de los asuntos clave, y aún sin resolver, para muchas empresas, instituciones y administraciones que manejan grandes cantidades de información, cada vez más interconectadas. Una prueba de ello es lo ocurrido con el reciente *ransomware* (en inglés, *ransom*, 'rescate', y *ware*, de *software*) WannaCry, con el que sus creadores 'secuestraron' más de 360.000 equipos infectados de 180 países, pidiendo posteriormente un rescate por ellos, según datos del Instituto Nacional de Ciberseguridad (Incibe). Con el objetivo de prevenir este tipo de ataques, surge [CYBECO](#) (Supporting Cyberinsurance from a

Behavioural Choice Perspective), un proyecto de investigación europeo en el que participa como director científico [David Ríos](#), investigador del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) y titular de la Cátedra AXA.

"El principal objetivo es desarrollar nuevos modelos matemáticos que proporcionen herramientas y productos, en particular pólizas de seguros, que ayuden a construir una red y sistemas de comunicaciones más seguros", señala Ríos. "Queremos trasladar los modelos matemáticos que se están aplicando con éxito en el campo de la seguridad física al mundo de la ciberseguridad", continúa. Para ello, la Unión Europea, a través de su programa [Horizonte 2020](#), les ha concedido dos millones de euros para dos años.

"Las matemáticas permiten construir modelos de análisis de riesgos y análisis de riesgos adversarios, que permiten anticipar el tipo de ataques y sus consecuencias del mundo virtual", explica Ríos. En este proyecto se emplean técnicas para anticipar el comportamiento en las decisiones de los individuos, tanto de los ciberatacantes, para poder determinar los posibles riesgos, como de los dueños de las infraestructuras informáticas y de las de seguros, para mejorar su elección y oferta de servicios.

Junto al ICMAT participan otras instituciones como [Intrasoft International S.A.](#) (Luxemburgo), [Devstat Servicios de Consultoría Estadística S.L.](#) (Valencia), [AXA Technology Services](#) (Francia), [Technische Universiteit Delft](#) (Países Bajos) y la [Universidad de Northumbria de Newcastle](#) (Reino Unido). Está coordinado por [Trek Development S. A.](#) (Grecia).

El ICMAT celebra el 70 cumpleaños de Darryl Holm con un congreso

Imagen: ICMAT



Darryl Holm.

Del 3 al 7 de julio el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) rindió homenaje a Darryl Holm (*Imperial College*), en su 70 cumpleaños con el Congreso [Nuevas tendencias en Mecánica Geométrica Aplicada](#), que tuvo lugar en el centro. A este encuentro acudieron más de 70 expertos de todo el mundo. La relación de Holm con el ICMAT va más allá de lo profesional: "he ido conociendo a muchos miembros del ICMAT en congresos por todo el mundo, por lo que tengo muchos amigos y colegas allí", comenta.

Darryl Holm comenzó en [el Laboratorio Nacional de los Álamos](#) (LANL, por sus siglas en inglés), donde contribuyó con sus estudios a que, en 1990, EE. UU. y la URSS firmaran un acuerdo por el que se establecía un umbral de potencia en las pruebas nucleares. En 2005, Holm se instaló en Londres, donde es profesor de Mecánica Geométrica en Imperial College, año en el que fue galardonado con el Premio Wolfson de la Real Academia de Londres, por su trayectoria científica. Desde allí ha impulsado proyectos tan importantes como [CardioMath](#), que estudia las arritmias cardiacas desde un punto de vista matemático. También en el campo de la salud, desarrolló el [Five Challenges in Computational Anatomy](#), proyecto galardonado en 2011 por el [European Research Council](#) (ERC), gracias al que se desarrollaron modelos para eliminar el ruido e interpretar imágenes de diagnóstico clínico.



Asistentes al congreso.

Imagen: ICMAT

EL ICMAT lanza una colección de libros para acercar la investigación matemática a las aulas

En muchas ocasiones, la matemática se muestra a los alumnos como un cuerpo de conocimiento estanco, sin evolución a lo largo del tiempo ni relación con el resto del mundo. Frente a ello, el ICMAT y la [Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas](#) (FESPM), junto a la editorial [Los Libros de la Catarata](#) lanzan la colección de libros [Miradas Matemáticas](#), que combina la divulgación con la didáctica, para mostrar las matemáticas como una ciencia viva los profesores y alumnos de secundaria y bachillerato. En estos libros se introducen avances de las matemáticas a partir de conceptos básicos que se imparten en la escuela, de una forma divulgativa, con una perspectiva histórica, conectándolos con otras ciencias y los desarrollos tecnológicos.

El primer libro de la colección, "[La engañosa sencillez de los triángulos](#)", está firmado por Manuel de León (CSIC-ICMAT) y Ágata Timón (CSIC-ICMAT), miembros del Comité editorial del proyecto. El público principal de estas obras son los profesores de matemáticas de Secundaria y Bachillerato. "El objetivo es dotarles de nuevas ideas para desarrollar materiales que acerquen las matemáticas de una forma interesante y atractiva en sus aulas", aseguran los autores. Sin embargo, todas las obras pueden ser disfrutadas por un público más amplio, como un texto de divulgación en el que los ejercicios propuestos se convierten en retos para todas las edades.

Todos los temas que se presentarán en la colección se corresponden con el currículo de las asignaturas de matemáticas de diferentes niveles educativos, de manera que los contenidos puedan ser incorporados en la clase con facilidad. El primer libro se ha dedicado a uno de los elementos más básicos en geometría, el triángulo, que se estudia desde edades tempranas y



Imagen: ICMAT

"La engañosa sencillez de los triángulos" es el primer título de la colección 'Miradas Matemáticas'.

que, pese a su aparente sencillez, lleva a modernos desarrollos en investigación.

Miradas Matemáticas está producida por el ICMAT, la FESPM y la editorial Los Libros de la Catarata. El Comité editorial de esta colección está formado por Onofre Monzó (FESPM), Agustín Carrillo (FESPM), Manuel de León (CSIC-ICMAT), Ágata Timón (CSIC-ICMAT), Marco Castrillón (UCM-ICMAT), Juan Martínez Tébar (FESPM), Javier Senén (Libros de la Catarata) y Fernanda Febres-Cordero (Libros de la Catarata).

Diego Córdoba, ponente invitado del ICM 2018 por sus aportaciones en la resolución del Sexto Problema del Milenio

En el año 2000, el problema de Navier-Stokes –el sistema de ecuaciones que rigen el flujo de fluidos y del que se desconoce si tiene soluciones para todo tiempo y si éstas son únicas-, fue declarado como uno de los [siete Problemas del Milenio](#) por su importancia, y a su resolución se le puso un precio: un millón de dólares. El investigador del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) [Diego Córdoba](#) ha sido de los pocos en dar los primeros pasos para resolver la cuestión y por ello ha sido convocado como conferenciante invitado en el evento sobre matemáticas más importante del mundo, el [ICM](#) (del inglés, *International Congress of Mathematicians*), que se celebrará en Brasil el próximo año. Se convierte así en el decimosegundo español al que se le brinda la oportunidad de dar una charla en ese foro desde que se celebrara por primera vez en 1887. "Este reconocimiento demuestra que el ICMAT está en el mapa de la investigación puntera matemática del mundo", cuenta Córdoba.

El comité científico del ICM convoca cada cuatro años a los investigadores matemáticos que hayan obtenido los resultados más destacados dentro de su campo para que los presenten al resto de la comunidad matemática. En este caso, Córdoba hablará de sus trabajos en el área de las ecuaciones en derivadas parciales. "Hemos sido los primeros en probar que existen singularidades en las ecuaciones que modelizan la dinámica de fluidos incompresibles, para ciertos contextos. Si conseguimos



Imagen: ICMAT

Diego Córdoba.

resolver el caso de Navier-Stokes habremos resuelto este Problema del Milenio", explica Córdoba. De momento, se quedan sin el millón de dólares, aunque lo que sí han conseguido es "poner al ICMAT como uno de los centros que lideran esta línea de investigación".

Razvan Iagar (ICMAT) publica el libro “¿Qué sabemos de ‘Matemáticas y ajedrez’?”

Imagen: ICMAT



Razvan Iagar.

El número 84 de la colección de divulgación científica “¿Qué sabemos de?” (CSIC-Catarata) se dedica a las matemáticas. En concreto, a la relación de esta disciplina científica con un juego milenario: el ajedrez. Su autor, Razvan Iagar, investigador postdoctoral ERC en el ICMAT, es experto en ecuaciones en derivadas parciales parabólicas no lineales y ajedrecista.

En el mundo del ajedrez se pueden encontrar muchos matemáticos, como Claude Shannon o Alan Turing, e ingenieros dedicados tanto a la competición como a la investigación del juego. El nuevo libro de la colección “¿Qué sabemos de?”, de la Editorial CSIC y Los Libros de la Catarata, explica la influencia de las matemáticas en la evolución del ajedrez.

[Razvan Iagar](#), investigador del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) y autor del texto [Matemáticas y ajedrez](#), hace un recorrido desde los primeros intentos de los jugadores de ajedrez de los siglos XIX y XX de establecer algunas reglas con bases matemáticas, hasta explicar los potentes programas actuales basados en algoritmos, cuya fuerza de juego ha superado a la de los maestros ajedrecistas. Este científico, quien también es

jugador activo de ajedrez en competiciones internacionales, plantea en su texto la cuestión de si la máquina podría batir al ser humano; es decir, si con los módulos informáticos actuales es posible encontrar una estrategia perfecta para las blancas y para las negras desde la primera jugada hasta el final, de modo que exista el “juego perfecto”.

Razvan Iagar es licenciado en Matemáticas por la Universidad de Bucarest y doctor en Matemáticas y Aplicaciones por la UAM. Actualmente, es investigador postdoctoral ERC en el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) de Madrid. Ha recibido el Premio de Investigación Gheorghe Lazar de la Academia Rumana.

Manuel de León recibe la Medalla de la Real Sociedad Matemática Española

Imagen: ICMAT



Manuel de León.

La [Real Sociedad Matemática Española](#) (RSME) ha concedido una de sus [Medallas](#) a Manuel de León, investigador del CSIC y fundador del ICMAT. Esta es la tercera edición del premio con el que la RSME quiere reconocer “a personas que han realizado una labor destacada a la sociedad matemática, en muy diferentes facetas: investigación, divulgación, docencia, igualdad de género...”, señala David Martín de Diego, vicedirector del ICMAT y vicepresidente de la RSME. La resolución, que se hizo pública el pasado domingo 25 de junio en el [boletín de la sociedad](#), también ha distinguido a Antonio Campillo, profesor de la Universidad de Valladolid y expresidente de la RSME, y a Marta Sanz-Solé, investigadora de la Universidad de Barcelona y expresidenta de la Sociedad Matemática Europea.

El jurado de las Medallas ha subrayado su papel como dinamizador en la RSME, además de en la refundación, como uno de los creadores de [La Gaceta](#) y uno de los promotores de [DIVULGAMAT](#) y de la [Comisión de Mujeres y Matemáticas](#). “En este sentido, el jurado destaca su gran implicación en la igualdad de género en todos los ámbitos y su intensa actividad de divulgación”, declara la Sociedad en su comunicado.

Javier Gómez Serrano, antiguo estudiante de doctorado en el ICMAT, recibe el premio Vicent Caselles de la RSME y Fundación BBVA

La Real Sociedad Matemática Española (RSME) y la Fundación BBVA [han concedido](#) la tercera edición de los [premios Vicent Caselles](#), que se entregan de forma anual desde 2015 a matemáticos y matemáticas jóvenes que hayan realizado su tesis doctoral en una universidad o centro científico de España. Entre los siete premiados se encuentra un antiguo miembro del ICMAT, [Javier Gómez Serrano](#) (Madrid, 1985), doctorado en el Instituto en 2013 bajo la dirección de [Diego Córdoba](#) (ICMAT), que actualmente mantiene una estrecha relación con el centro gracias al [Laboratorio Charles Fefferman](#), del que forma parte. Gómez Serrano es *assistant professor* en la Universidad de Princeton (EE. UU.), donde trabaja en el área de fluidos y singularidades.



Javier Gómez Serrano.

Imagen: ICMAT

Jared Aurentz, investigador del ICMAT, recibe el premio de la sociedad de Matemática Industrial y Aplicada (SIAM)

Imagen: ICMAT



Jared Aurentz.

Buscar los valores de cumplen una ecuación polinómica dada es una actividad común en las clases de matemáticas del colegio. A medida que aumenta el número de variables y su grado, cada vez es más difícil hallar las raíces, y, según el tipo de ecuación, puede ser imposible, y se usan aproximaciones. Para realizar esta tarea se necesita la ayuda de los ordenadores.

[Jared L. Aurentz](#), investigador postdoctoral del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), ha sido distinguido con el Premio SIAM 2017 por desarrollar un algoritmo para la resolución de raíces de polinomios “muy rápido y con una garantía de exactitud”. En concreto, la Sociedad de Matemática Aplicada e Industrial (SIAM, por sus siglas en inglés) ha escogido su artículo “Fast and Backward Stable Computation of Roots of Polynomials”, también firmado por Thomas Mach (KU Leuven, Bélgica), Raf Vandebriel (KU Leuven, Bélgica), y David S. Watkins (Washington State University, EE. UU.), como uno de los artículos más relevantes aparecidos a lo largo del último año en la revista *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications* (SIMAX).

Alejandro Luque recibe el premio Barcelona Dynamical Systems 2017

La Societat Catalana de Matemàtiques (SCM) ha otorgado el premio Barcelona Dynamical Systems de 2017 a Alejandro Luque (ICMAT), Jordi-Lluís Figueras (Universidad de Upsala, Suecia) y Àlex Haro (Universidad de Barcelona) por su artículo [Rigorous Computer-Assisted Application of KAM Theory: A Modern Approach](#), publicado en la revista *Foundations of Computational Mathematics* a finales del pasado año 2016, y reseñado en este número del ICMAT Newsletter.

El jurado ha destacado las nuevas estrategias de matemática computacional (en concreto, de las llamadas teorías KAM) que han aportado los investigadores para construir toros invariantes. “Los avances consisten en mejoras de los métodos teóricos y computacionales que producen resultados más robustos en ejemplos concretos, como el mapa estándar, el mapa estándar sin giros y el mapa de Froeschlé”, [afirman](#) desde la Sociedad Catalana.



Alejandro Luque.

Imagen: ICMAT

El futuro de la educación matemática, a debate

Imagen: ICMAT



Marco Castrillón (ICMAT-UCM) fue el encargado de presentar la conferencia plenaria de la brasileña Rute Borba.

“Miramos con ilusión el futuro de la educación matemática”. Bajo este lema se presentó la VIII edición de CIBEM, el Congreso Iberoamericano de Educación Matemática celebrado del 10 al 14 de julio en la Universidad Complutense de Madrid. Fue organizado por la [Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas](#) (FESPM), a través de la [Sociedad Madrileña de Profesores de Matemáticas “Emma Castenuovo”](#) (SMPM), y convocado por la [Federación Iberoamericana de Sociedades de Educación Matemática](#) (FISEM), y tuvo, entre otras instituciones, la colaboración del ICMAT.

El congreso fue un encuentro entre profesores y otras personas del mundo matemático interesadas por la docencia. Se reunieron alrededor de 1600 participantes procedentes de 16 países de Iberoamérica. CIBEM tiene lugar cada cuatro años desde 1990 en diferentes ciudades de Iberoamérica.

AGENDA

Actividades científicas en el ICMAT

[The third Japanese-Spanish workshop on Differential Geometry](#)

Fecha: 18 – 22 de septiembre de 2017

Lugar: ICMAT, Madrid (Spain)

[Thematic program `Orthogonal polynomials and Special functions in approximation theory and mathematical physics` - Integrable systems, symmetries, and orthogonal polynomials](#)

Fecha: 18 – 22 de septiembre de 2017

Lugar: ICMAT (UAM)

[The music of numbers a 3-day conference in honour of Javier Cilleruelo](#)

Fecha: 20 – 22 de septiembre de 2017

Lugar: ICMAT (UAM)

[Thematic program `Orthogonal polynomials and Special functions in approximation theory and mathematical physics` - School on Orthogonal Polynomials in approximation theory and mathematical physics](#)

Fecha: 23 – 27 de octubre de 2017

Lugar: ICMAT (UAM)

[Thematic program `Orthogonal polynomials and Special functions in approximation theory and mathematical physics` - IV encuentro de la Red de Polinomios Ortogonales y Teoría de Aproximación \(Orthonet 2017\)](#)

Fecha: 17 y 18 de noviembre de 2017

Lugar: San Lorenzo de El Escorial (Madrid)

Producción:

Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT)
C/ Nicolás Carrera nº 13-15
Campus de Cantoblanco, UAM
29049 Madrid ESPAÑA

Divulga S.L
C/ Diana 16-1º C
28022 Madrid

Comité editorial:

Jared Aurentz
Antonio Córdoba
Alberto Enciso
Daniel Peralta-Salas
Ágata Timón

Coordinación:

Ignacio F. Bayo
Laura Moreno Iraola
Ágata Timón

Diseño:

Fábrica de Chocolate

Maquetación:

Equipo globalCOMUNICA

Traducción:

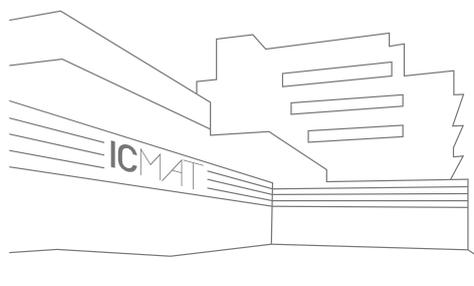
Jeff Palmer

Redacción:

Elvira del Pozo
Laura Moreno Iraola
Alicia A. Cortés
Ágata Timón

ICMAT

INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS



C/ Nicolás Cabrera, nº 13-15
Campus Cantoblanco UAM
28049 Madrid, Spain

www.icmat.es

