

EDITORIAL

Más ciencia

A lo largo de la historia, la humanidad ha sufrido grandes epidemias como la peste negra, a mitad del siglo XIV; la viruela, en el siglo XVIII; y la mal llamada gripe española, hace unos cien años, entre otras. Con los enormes avances conseguidos durante la era contemporánea, no solo hemos podido vivir más y mejor, sino que nos creíamos a salvo de ataques de diverso tipo, de desastres naturales y, por supuesto, de pandemias. Sin embargo, de forma repentina, un organismo minúsculo -que ni siquiera puede vivir de forma independiente- ha sido capaz de desbordar los sistemas sanitarios más avanzados del mundo. Y, cuando el número de infectados y fallecidos crecía de forma desorbitada y alarmante, la mejor solución ha consistido en confinarnos, es decir, en *desglobalizar* nuestro mundo, revirtiendo tendencias que parecían incuestionables hasta ahora. Los efectos de esta enfermedad han sido sobrecogedores y desde el ICMAT queremos solidarizarnos y mandar nuestro apoyo a las familias afectadas de forma más directa. Es también un buen momento para agradecer a todos los que han estado trabajando para hacer frente a este problema y, de forma especial, aplaudir el empeño y la dedicación de nuestro personal sanitario.

Pese al impacto devastador que ha tenido la COVID-19 en nuestra sociedad -y cuyo efecto en nuestro futuro es todavía incierto-, uno de los mensajes más compartidos es que *de esta pandemia se sale con más ciencia*. La investigación nos ha servido para entender la transmisión y los efectos que ha podido tener el confinamiento; está buscando a contrarreloj vacunas y tratamientos que nos harán recuperar la *normalidad*; y nos permitirá aprender y responder a futuras crisis de forma rápida y efectiva. En todo ello, las matemáticas están presentes de un modo directo a través de modelos, predicciones, estadísticas, etc.; y también de forma indirecta, de forma transversal, proporcionando un lenguaje que sostiene gran parte de los avances científicos.

Que se visibilice el aporte de esta disciplina es crucial y, además, sirve como argumento para reivindicar su importancia ante nuestros dirigentes. Sin embargo, si únicamente esgrimimos ese razonamiento corremos el riesgo de que la sociedad la considere un campo de moda que tiene utilidad tan solo a corto plazo. Es fundamental que transmitamos a los gobiernos que las matemáticas son un complicado engranaje de ideas, conceptos, teorías y desarrollos con una intensa interrelación que hacen que la línea entre las diferentes áreas sea cada día más difusa. También tenemos que incidir en cómo las matemáticas que ahora aplicamos se construyen y apoyan sobre teorías anteriores, que quizás en su momento no parecían del todo útiles. Y, aún más, que hay matemáticas que quizás no se hayan empleado más allá de nuestra disciplina —que no tenemos claro



Imagen: José María Martell

José María Martell, director del ICMAT

CONTENIDOS

Editorial: José María Martell (director del ICMAT).....	1
Reportaje: El desconfinamiento de las matemáticas....	3
Entrevista: Manuel del Pino (Universidad de Bath, Reino Unido).....	7
Especial 12 de mayo, Día de las Mujeres Matemáticas....	9
Perfil: Alexandre Anahori (ICMAT).....	13
She Does Maths: Evelyne Miot (Institut Fourier, CNRS y Universidad Grenoble-Alpes, Francia).....	14
Reseña: Resolución de ecuaciones no locales.....	15
Reseña: Series de Fourier en BMO con implicaciones de teoría de números.....	16
Cuéntame tu tesis: Ángela Capel (Universidad Técnica de Múnich y Munich Center for Quantum Science and Technology).....	17
Noticias ICMAT.....	18

si se emplearán—, pero que también son fundamentales para que el conocimiento humano avance. Ellas forman parte de una sabiduría inútil generada por mera curiosidad intelectual, tema que trataba el editorial de nuestro anterior [boletín](#) con motivo del octogésimo aniversario del genial [artículo](#) “The usefulness of useless knowledge” de Abraham Flexner en *Harper’s Magazine*.

Es necesario, por tanto, que desde el ICMAT mantengamos nuestra apuesta por las matemáticas excelentes, matemáticas que en su conjunto forman parte de la ciencia básica que contribuye al desarrollo del conocimiento. Y con esta idea, reclamar el papel de la ciencia como mecanismo imprescindible para que la sociedad avance y pueda superar los retos futuros en esta nueva etapa, que traerá con ella numerosos cambios.

Por otro lado, deberíamos reflexionar sobre el efecto que esta nueva situación podrá tener en el desarrollo de la estrategia científica de nuestro Instituto. Desde mediados de marzo, el Centro ha cerrado sus puertas y, aunque gran parte de la actividad se ha podido mantener gracias al teletrabajo, nos hemos encontrado en una situación que en muchos casos no ha sido demasiado favorable para el desarrollo de la labor investigadora: aumento de las responsabilidades familiares; falta de contacto personal con estudiantes y postdocs; cancelación de seminarios, congresos, visitantes, viajes de trabajo; paso a la docencia *online*; etc. Estos son solo algunos de los factores que han tenido un impacto en la vida del ICMAT.

Tras estos meses, es el momento de empezar a pensar en planes de choque que permitan la revitalización del Instituto. Es nuestra labor seguir produciendo matemáticas excelentes que tengan un impacto en el panorama internacional, para lo que es necesario que todos los miembros empecemos a pensar en futuros seminarios, coloquios, congresos, escuelas, visitantes, viajes, etc.

Me alegra pensar que todos los miembros del ICMAT contribuimos a consolidar al Centro como una casa de las matemáticas y, gracias a ello, podremos llevar a cabo esta revitalización. En este nuevo contexto, cuento con todo el personal investigador, de gestión y administración del Instituto y, en especial, con el nuevo equipo directivo que ha sido recientemente nombrado (Eva Gallardo, como vicedirectora; y Javier Aramayoma y Fernando Quirós, como jefes de departamento), sobre el que podéis leer en las páginas de noticias de este número del boletín. Y, desde luego, yo estoy a la disposición de todos para conseguir que el Instituto, en colaboración estrecha con el resto de instituciones de la región, siga siendo un ejemplo de excelencia en la investigación matemática.

José María Martell es investigador científico del **CSIC** y director del **ICMAT**

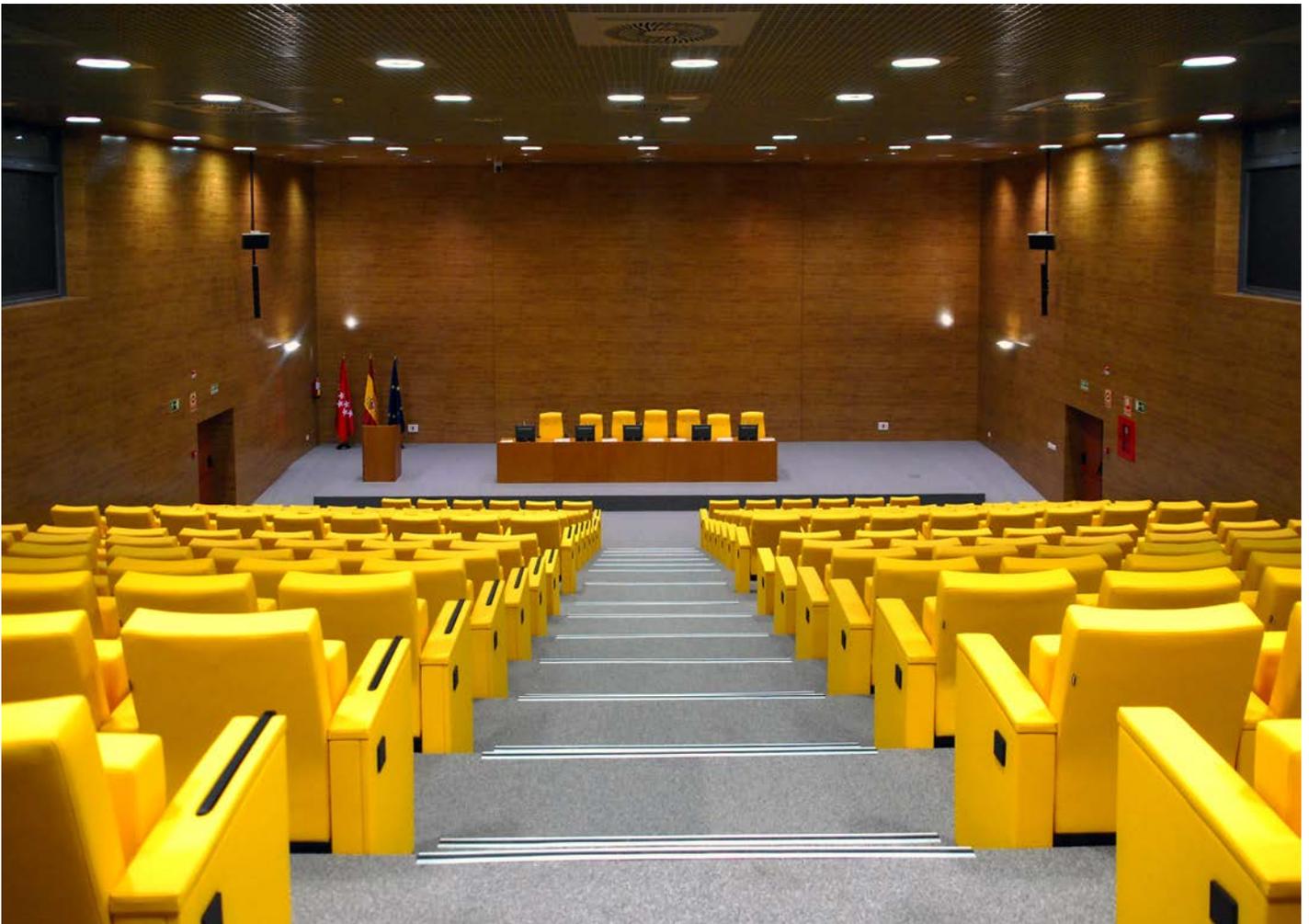


Imagen: ICMAT

REPORTAJE: El desconfinamiento de las matemáticas

El año mundial de la disciplina, hace ahora 20 años, inició el acercamiento de los matemáticos a la sociedad y una eclosión divulgativa que ha cambiado profundamente su imagen popular.

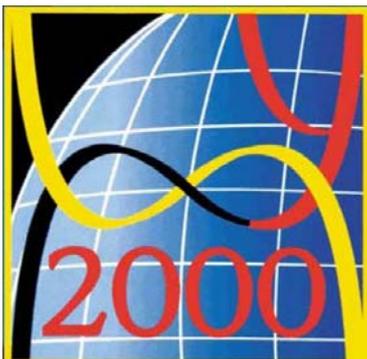
Ignacio Fernández Bayo

“Éramos anónimos, desconocidos. Yo me recorría España dando charlas de matemáticas, tenía un programa en Televisión Española, ‘Más por menos’, pusimos en marcha la colección de libros ‘Las matemáticas en sus personajes’ con la editorial Nivola..., y había otros colegas que ponían en marcha otras iniciativas, pero apenas llegábamos a unos pocos; era un rollo solo para frikis”, rememora Antonio Pérez, uno de los pioneros de la divulgación de las matemáticas en España. Eso era a finales de los años 90, cuando la divulgación científica era la cenicienta de los medios de comunicación y de las actividades culturales; y las matemáticas la cenicienta de la divulgación científica. “Hasta el 2000 había solo algunos pioneros, que incluso tenían problemas porque eran mal vistos por sus colegas en las universidades”, dice Edith Padrón, de la Universidad de La Laguna. Y es que los matemáticos, convencidos de que lo suyo no interesaba a nadie y más bien suscitaba rechazo, vivían ensimismados, aislados en su marfileña torre o, por decirlo usando el argot más actual, confinados.

Veinte años después, todo ha cambiado y los divulgadores matemáticos proliferan; “algunos son, incluso, famosos, estrellas de YouTube”, señala Antonio Pérez. “Hoy abres un diario, en papel o digital, y te encuentras fácilmente una noticia de matemáticas; algo impensable por entonces”, añade Manuel de León, del ICMAT. Libros, webs, redes sociales, radio, televisión, exposiciones, monólogos, teatro... Las matemáticas se difunden generosa y libremente, merced a cientos de iniciativas individuales o colectivas. Su presencia se ha normalizado, e incluso ese grupo de población, aún numeroso, que se siente aterrado ante su mera mención, reconoce su valor e importancia.

El Año Mundial de las Matemáticas

Imagen: Año Mundial de las Matemáticas



Logo de la conmemoración del año 2000 como el Año Mundial de las Matemáticas

Con la perspectiva de las dos décadas transcurridas, el punto de inflexión se produjo en el 2000, de la mano del Año Mundial de las Matemáticas (AMM), como corroboran algunos de los protagonistas de esta historia consultados. Probablemente, ninguno de los años internacionales dedicados a disciplinas científicas habidos desde entonces ha tenido tanto impacto ni capacidad transformadora, al menos en España.

La Unión Matemática Internacional (IMU, por sus siglas en inglés) había lanzado la iniciativa en 1992 para conmemorar el centenario del discurso del matemático alemán David Hilbert en el que planteó los 23 problemas que se debían resolver en el siglo XX. “Aquí en España la idea había pasado desapercibida, hasta que en 1998 algunos empezamos a pensar en hacer alguna cosa. Se constituyó un comité con representantes de sociedades, facultades, profesorado de secundaria y cuantos agentes tenían algo que ver con las matemáticas. Se nombraron cuatro coordinadores (Juan Luis Vázquez, María Jesús Luengo, Josechu Fernández y yo mismo) y tuvimos claro que había que poner en marcha actividades de divulgación”, dice Manuel de León. Según explica, la preocupación inicial no era tanto el *anumerismo* de la sociedad como el declive de vocaciones que se observaba en todas las facultades del campo y que llevó a convocar una reunión de decanos de matemáticas. Por eso, “la principal medida que se tomó fue visitar colegios e institutos para explicar qué eran las matemáticas y para qué servían”, añade. Pero enseguida, a partir de esa semilla, se empezaron a realizar actividades de divulgación para un público más general.

“Por lo que yo recuerdo, antes del 2000 pocas personas realizaban tareas de divulgación matemática, estaban vinculadas sobre todo a la enseñanza, y aquel año lo que más me llamó la atención eran las cosas que llegaban de países con más tradición, como Francia y Reino Unido. Poco a poco las actividades se han multiplicado de forma extraordinaria, a lo que han ayudado las redes sociales y los medios técnicos”, explica Marta Macho Stadler, de la Universidad del País Vasco y reconocida divulgadora en redes sociales. Por su parte, Antonio Pérez señala que “una clave fue que el comité consiguió implicar a las universidades, que hasta entonces despreciaban la divulgación: se montó un circuito de conferencias matemáticas en centros culturales de toda España, ¡y la gente iba!”.

Entre las actividades organizadas estuvo una exposición en el Senado, dedicada al sistema métrico decimal, que cumplía 200 años. Y gustó tanto que “el Senado nos encargó el libro que la Institución edita cada año como regalo. Otra actividad importante fue establecer contacto con los medios de comunicación. Fue la primera vez que la comunidad matemática enviaba una nota de prensa”, dice Manuel de León. Así, se consiguió que algunos medios publicaran noticias relacionadas con la celebración y las actividades que se llevaron a cabo.

Más allá de impulsar el contacto con la sociedad, el AMM sirvió para que los propios matemáticos se organizaran y generaran estructuras; allí nació, por ejemplo, la Conferencia de Decanos de Matemáticas. Otro punto clave, en este aspecto, fue la re-

vitalización, a partir de 1996, de la Real Sociedad Matemática Española (RSME), uno de cuyos primeros objetivos fue fomentar la divulgación. “Sin la RSME no habría existido tanta actividad en el año 2000, ni después en el Congreso Internacional de Matemáticos (ICM, por sus siglas en inglés) ni lo que vino más tarde”, asegura David Martín de Diego, codirector de la Comisión de Divulgación del ICMAT y vicepresidente de la RSME. Entre otras cosas, en 1998 se refundó *La Gaceta Matemática*, un vehículo esencial para la comunicación entre los profesionales españoles y la difusión de contenidos de alta divulgación.

También la RSME protagonizó un nuevo hito en 2003, cuando se creó la Comisión de Divulgación de la RSME, que ofreció una continuidad a la semilla plantada con el AMM. La comisión, que actualmente dirige Fernando Blasco, ha sido uno de los principales promotores de otras muchas iniciativas divulgativas desde entonces.

“La Comisión de la RSME recogió el guante del AMM e intentó desarrollar un programa nacional de divulgación matemática”, dice Raúl Ibáñez, de la Universidad del País Vasco y responsable del portal DivulgaMat, uno de los frutos más notables de esta vocación de la real sociedad. DivulgaMat nació en 2004 y “fue un referente y generó una enorme cantidad de material divulgativo muy útil para los interesados en las matemáticas y especialmente los relacionados con la educación”, dice Raúl Ibáñez. Por aquel entonces tenían entre 120 000 y 150 000 visitas al mes, cifras muy elevadas en aquella época. “Durante años fue el portal de matemáticas más visitado del mundo, incluyendo los de habla inglesa”, dice Antonio Pérez. Una de las claves de su éxito es que desde el principio se intentó, y se consiguió, llegar al mundo hispanoamericano. Hoy sigue siendo una referencia importante y muy visitada, aunque su impacto se ha diluido un poco porque han proliferado otras páginas de enfoque similar.

Madrid, 2006

El empujón importante de la divulgación matemática vino de la mano del Congreso Internacional de Matemáticos, el ya por entonces más que centenario evento que reúne cada cuatro años a matemáticos de todas las latitudes y de todas las especialidades, y cuya XXV edición se celebró en Madrid en 2006. “La Unión Matemática Internacional nos insinuó que pidiéramos ser la sede del ICM y pusimos en marcha el proceso, implicando a todas las sociedades matemáticas. Hablamos con el entonces Ministerio de Ciencia para pedir su ayuda y financiación, entendieron la importancia que tenía y nos facilitaron todo”, cuenta Manuel de León, que fue presidente del Comité Organizador.

Tras la elección empezó una enorme actividad organizativa en la que la comunicación y la divulgación tuvieron un papel clave. Seis meses antes de la celebración del evento se empezó a enviar un boletín semanal con noticias, entrevistas y descripciones de la actividad que iba a tener lugar, dirigido a los medios de comunicación. Y en paralelo se fueron preparando exposiciones y otras actividades en toda España, de la mano de los congresos satélites y con la colaboración de las universidades, ayuntamientos y otras instituciones. En Madrid, el Centro Cultural Conde Duque albergó tres exposiciones: “Por qué las matemáticas”, “Arte fractal, belleza y matemáticas” y “Demoscene, matemáticas en movimiento”. “Se registraron más de 70 000 visitantes y había largas colas para entrar”, dice Raúl Ibáñez, responsable de su organización. Otra exposición dedicada a “La vida de los números”, comisariada por Antonio Durán, de la Universidad de Sevilla, se exhibió en la Biblioteca Nacional, también con notable éxito; y otra, en la

propia sede del ICM, llamada “The ICM through History”, realizada por Guillermo Curbera, también de la Universidad de Sevilla. “Luego itineró por Sevilla, Madrid, Barcelona y Badajoz”, explica este matemático, quien además es custodio de la documentación que la IMU conserva de los ICM y autor del libro *Mathematicians of the World, Unite!*

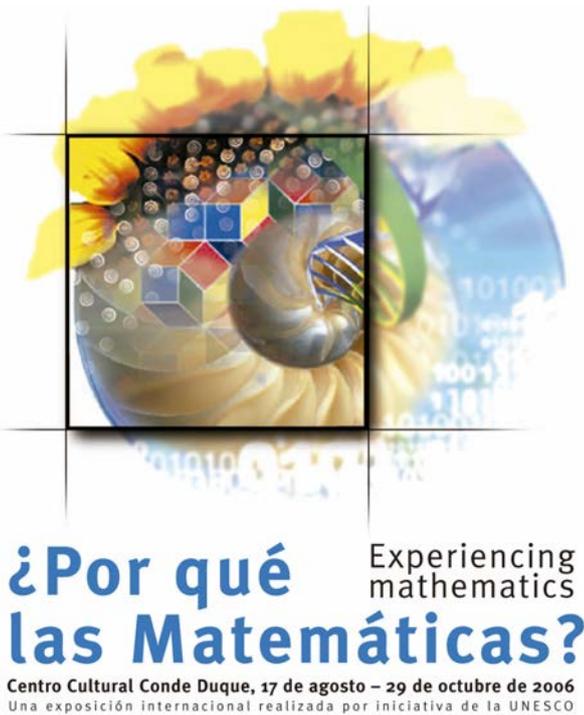
Desde el punto de vista de los medios de comunicación, se produjo un impacto enorme, que desbordó las más optimistas perspectivas, con la ayuda de la presencia del Rey Juan Carlos I en la sesión inaugural y la ausencia y desplante de Grigory Perelman, al rechazar la Medalla Fields. Según TNS-Sofres, la empresa de medición de audiencias, fue el evento con mayor repercusión mediática que habían visto en los últimos años. El presidente de la IMU, John Ball, hizo una mención especial al esfuerzo en comunicación y divulgación en la sesión de clausura. “Todavía cuando me lo encuentro me dice siempre que no habido nada como lo de Madrid”, dice Manuel de León.

Poco después del éxito del ICM llegó el programa I-Math Consolider, que se dotó de un gabinete de comunicación y siguió apoyando la divulgación con recursos propios durante sus cuatro años de actividad (2006-2010). También realizó un esfuerzo especial en comunicación y divulgación la RSME con motivo de su centenario, en 2011.

A partir de 2012 varias instituciones matemáticas crearon estructuras permanentes de divulgación matemática. La primera nació en ese año en el Instituto de Ciencias Matemáticas, dentro del proyecto de excelencia Severo Ochoa. Desde entonces el Instituto, que alberga una unidad de cultura científica (la única del ámbito de las matemáticas reconocida por la FECYT), ha promovido muchas y diversas actividades de divulgación matemática. Entre ellas, cabe destacar la sección *Café y Teoremas*, que se publica en El País, y la colección de libros *Miradas Matemáticas* (en colaboración con la Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas –también muy activos en la divulgación, especialmente dirigida a profesorado y alumnado–, y la editorial Los libros de la Catarata). También cabe destacar el ciclo de conferencias de divulgación “Matemáticas en la Residencia”, en colaboración con la Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica del CSIC y la Residencia de Estudiantes. “Empezó en 2009 y se celebran unas dos conferencias al año. Nos ha permitido traer a los mejores divulgadores de todo el mundo, como Marcus du Sautoy, Jin Akiyama, John Allen Paulos, Sylvia Nasar y Tom Crawford”, dice David Martín, responsable de su organización. Y destaca el hecho de que se celebren en la Residencia de Estudiantes, el emblemático referente cultural. “Es importante para que quede claro que las matemáticas son parte de la cultura”, añade.



La inauguración del ICM de Madrid contó con la presencia del rey emérito Juan Carlos I



Cartel de una de las exposiciones sobre matemáticas organizadas con motivo del ICM de Madrid

Esa reivindicación cultural es compartida por muchos. “Me gustan las actividades mestizas, de colaboración entre entidades científicas y artísticas, como aquellas que reconcilian las matemáticas con la literatura, las artes plásticas y las escénicas, como el taller de literatura experimental que organizaron el ICMAT y el Círculo de Bellas Artes; o la representación –también puesta en marcha por el ICMAT– de la obra de teatro *El aumento*, en la que se analizaban las matemáticas de la trama”, indica Marta Macho. Ella es experta en las relaciones entre matemáticas y literatura y entre muchas otras actividades, contribuyó decisivamente, bajo la dirección de Isabel Marrero, de la Universidad de La Laguna, a la puesta en marcha y desarrollo, entre 2005 y 2011, de *Matemática*, una revista digital de divulgación matemática, cuyos contenidos aún están disponibles en internet.



Taller de literatura experimental OuLiPo organizado por el ICMAT y el Círculo de Bellas Artes de Madrid

Las redes multiplican

En esos últimos años de la década pasada, las redes sociales empezaban a dar sus primeros pasos abriendo la puerta a iniciativas individuales que se han ido multiplicando hasta convertirse en un torrente difícil de encauzar, pero de un enorme valor por su capacidad viralizante. “Son canales, insospechados hace pocos años, que se han convertido en los grandes impulsores de la divulgación”, dice Marta Macho. Y han sido el medio de expresión de centenares o miles de jóvenes matemáticos. “La juventud considera la divulgación como algo natural; no conciben la investigación sin su divulgación”, asegura Edith Padrón, y encuentran en las redes su forma más natural de expresión. Pero no todo son virtudes, como plantean varios entrevistados, la proliferación de divulgadores en redes y la ausencia de mecanismos de control provocan a veces la difusión de contenidos erróneos y pérdidas de rigor.

Las redes sociales han convertido, como decía Antonio Pérez, a algunos de estos divulgadores matemáticos en estrellas. Una de ellas es Clara Grima, popular gracias a su buen hacer sobre el escenario, su intensa actividad en redes y su avatar de cómic, que fue su estreno divulgativo. O Eduardo Sáenz de Cabezón, monologuista, presentador de *Órbita Laika* y, sobre todo, autor del canal *Derivando*, de YouTube, que tiene ya más de un millón de seguidores. Son dos botones de muestra, pero la lista podría ser mucho más amplia si hubiese espacio para incluirla.

Otro ámbito en el que se ha producido una notable eclosión es el de los libros. A la pionera colección de Editorial Nivola se han unido muchas colecciones, entre las que cabe destacar la mencionada “*Miradas Matemáticas*”, y colecciones distribuidas en quioscos como *El mundo es matemático*, compuesta por 40 libros. “Si miras en un quiosco ves que siempre hay algún libro de matemáticas a la venta”, asegura Manuel de León.

DiMa

La proliferación y el éxito de tantas actividades llevó en 2017 a la comunidad divulgativa a plantearse la necesidad de coordinar sus esfuerzos. Una reunión, celebrada en el ICMAT el 27 de enero de ese año, puso el primer peldaño, tras la estela de un proyecto solicitado (y denegado) pedido desde el ICMAT a la FECYT un par de años antes. “La idea era crear una red de colaboración para aprovechar sinergias y visibilizar pequeñas aportaciones que hacen muchos y dar un salto hacia el futuro. Y permitir, además, juntar la experiencia de los pioneros con el dominio de los nuevos lenguajes de los más jóvenes”, dice Edith Padrón, considerada por muchos, aunque ella no se siente como tal, coordinadora de la red.



El matemático y divulgador Eduardo Sáenz de Cabezón impartió la charla “El número que los ordenadores nunca podrán calcular” en el ciclo ‘*Matemáticas en la Residencia*’

Bajo el nombre de DiMa, la red ha ido dando sus primeros pasos para avanzar en su constitución. El primer avance fue el congreso celebrado en Zaragoza en 2018, donde se reunieron medio centenar de divulgadores, que tomaron decisiones sobre la estructura de la red al tiempo que se realizaron mesas redondas donde compartieron experiencias. El segundo fue la puesta en marcha de un curso de divulgadores de las matemáticas, cuya primera edición tuvo lugar en Castro Urdiales, en 2019. "Hubo unos 30 alumnos, entre matemáticos, algunos periodistas jóvenes y gente que quiere divulgar, y allí se habló de divulgación escrita, oral, de redes sociales y de otras formas de divulgación", dice Padrón.

La idea es que se vayan alternando estas dos actividades, de forma que un año se celebre el congreso y al siguiente el curso. De momento, la paralización impuesta por la pandemia de la COVID-19 ha pospuesto para 2021 el segundo curso de la escuela de divulgación. Y para que la red se consolide, la principal asignatura pendiente es darle una entidad propia: definir estatutos, registrar la asociación y constituirla oficialmente una junta. "De momento solo tenemos una web, que lleva el ICMAT, y una lista de correos de Google, relativamente activa", señala Edith Padrón. Esta situación dificulta la solicitud de ayudas para organizar los eventos.

Si el objetivo hace 20 años era conseguir atraer estudiantes a las facultades de Matemáticas, sabido es que se ha cumplido con creces. En parte por la variedad y amplitud de ofertas de trabajo que tienen los titulados, pero también por la permeabilización que todo este esfuerzo ha conseguido. "Yo creo que más que las salidas laborales se ha debido a que la gente ha empezado a ver las matemáticas de otra manera; se ha visto su rostro humano y su interés", indica Antonio Pérez. Y David Martín corrobora: "hace años parecían algo árido y sin utilidad, pero ha cambiado la percepción de la sociedad y hoy las matemáticas se ven como algo útil e interesante. Y ese es el fruto de estos 20 años de actividades de divulgación". Raúl Ibáñez abunda en la idea explicando que "la situación ha pasado de ser un desierto con pequeños oasis a una exuberante selva", y reivindica que ha sido posible por el trabajo desinteresado de muchas personas e instituciones.

"Una muestra del avance que se ha producido es que los mismos que entonces no estaban convencidos, algunos auténticos talibanes, hoy lo valoran; se han dado cuenta de que no solo es importante para las matemáticas y su imagen social, sino también para su propio trabajo", apostilla Edith Padrón.



Imagen: DiMa

Asistentes a la primera escuela de divulgación de las matemáticas, organizada por DiMa en 2019

ENTREVISTA: Manuel del Pino

“Para mí las matemáticas son belleza y armonía”

Manuel del Pino es catedrático de Matemáticas en la Universidad de Bath, donde ostenta una Research Professorship de la Royal Society del Reino Unido. Fue ponente invitado en el Congreso Internacional de Matemáticos en 2010. Ese mismo año, fue nombrado miembro de la Academia de Ciencias de Chile, y en 2013 recibió el Premio Nacional de Ciencias de Chile. Su actividad de investigación se engloba en el campo de las ecuaciones en derivadas parciales. Ha tratado problemas elípticos y parabólicos no lineales, en particular, construcciones de patrones asintóticos en problemas de perturbación singular y formación de singularidades en problemas dependientes del tiempo. En estos temas ha publicado más de 160 artículos en prestigiosas revistas internacionales.

Del Pino finalizó su doctorado en 1992 en la Universidad de Minnesota (EE. UU.) bajo la dirección de Wei-Ming Ni. Después, ocupó puestos postdoctorales en el Instituto de Estudios Avanzados (1992-1993) y en la Universidad de Chicago (1993-1995), antes de ser contratado como profesor titular de la Universidad de Chile en Santiago, donde años después fue nombrado catedrático. El pasado mes de enero visitó el ICMAT para impartir el coloquio ICMAT-UCM “Gluing methods for vortex dynamics in Euler flows”, actividad que nos ofreció la oportunidad de charla con él.

Ágata Timón García-Longoria**¿Por qué decidió estudiar matemáticas?**

Siempre tuve inquietud científica. De joven me interesaba la meteorología; me fascinaba la idea de predecir el tiempo. Me llamaban mucho la atención el cielo, las nubes... Con 12 o 14 años me dediqué de forma casi obsesiva a aprender a hacer mis propias observaciones meteorológicas y a intentar hacer predicciones en base a ellas. Leía textos antiguos, incluso del siglo XIX, hacía tablas, buscaba patrones, tomaba mis mediciones con instrumentos muy básicos. En eso de buscar patrones había una inquietud matemática.

También me interesaba la astronomía, de nuevo el cielo. Conocía todas las constelaciones visibles en el hemisferio sur. Tenía un par de textos astronómicos y aprendí elementos de astronomía de posición. Me interesaba la belleza del cielo en sí mismo, su armonía, y el hecho de que se pudiera predecir y explicar. Para mí la matemática es eso: belleza y armonía.

Y luego, como suele ser habitual, tuve un profesor en la escuela, durante tres años, a finales de la básica y el comienzo del liceo, que me motivó mucho. Era muy buen profesor.

¿Alguna vez se ha arrepentido de la decisión?

No, todo lo contrario. No me imagino haciendo una cosa distinta. Me sigue llamando la atención la meteorología pero no lo suficiente como para dedicarme en cuerpo y alma a ello.

Si no se hubiese dedicado a las matemáticas, ¿sería meteorólogo?

No lo creo, quizás sería otra cosa totalmente diferente. Siempre me ha interesado la política. Durante el tiempo de la dictadura chilena fue un tema central en mi vida. También me ha gustado siempre escribir. Creo que mis padres pensaban que me iba a dedicar a ello, a las humanidades. Sin embargo, no me imagino en un oficio distinto a la investigación en matemáticas.

¿Recuerda su primer contacto con la investigación en matemáticas?

Mi padre era profesor de Matemáticas y Física, aunque no era un tema sobre el que conversáramos en casa. Además mi hermano, que me lleva 13 años, estudió un grado de Ingeniería Matemáti-

ca. Y después él hizo un doctorado de estadística en Wisconsin. Por mi parte, decidí ingresar en un programa común de ingeniería en la Universidad de Chile, que podría llevarme a estudiar Matemáticas, Física, Ciencias de la Tierra... Los dos primeros años eran comunes, y luego tenías que escoger. Lo que mejor se me dio eran las matemáticas, y no tuve duda. Era lo que más me gustaba, de lejos. Al final de este grado había que realizar un trabajo final, que se prolongaba durante un par de años. Yo tuve un muy buen profesor y escogí el área en la que trabajo. Fue muy fructífero, de hecho, uno de los artículos que publiqué entonces es de mis resultados más citados hasta hoy.

¿Recuerda la sensación al resolver aquellos primeros problemas?

El trabajo matemático necesita mucha dedicación. Puede ser muy frustrante, estás mucho tiempo dándole vueltas a un tema, y es posible que no te salga, o que la conjetura que quieres probar no sea cierta. Empiezas a cuestionarte tus propias habilidades. Cuando consigues resolver un problema es una sensación de éxtasis, un placer, un logro muy grande.

¿Cómo es un día de trabajo para usted?

Cuando vas avanzando en la carrera tienes más responsabilidades. El trabajo académico tiene como centro la investigación, pero yo también he impartido mucha docencia, que es algo que me gusta mucho. Ahora mismo tengo una beca que me permite no enseñar. En una época normal me dedico lo máximo posible a investigación, luego a docencia y lo mínimo que puedo, a la administración. Luego siempre tengo visitantes, colaboradores, que hay que atender.

¿Cuál cree que es su mayor logro como investigador?

Yo soy parte de un grupo de gente que ha desarrollado una metodología concreta en la resolución de ecuaciones en derivadas parciales en situaciones asintóticas. Con este grupo hemos tenido algunos éxitos que han sido muy satisfactorios: destacaría un trabajo en 2011, la construcción de un contraejemplo en dimensiones altas a una famosa conjetura de De Giorgi, de ecuaciones en derivadas parciales elípticas. Obtuvimos importante visibilidad gracias a ella.



Manuel del Pino (Universidad de Bath, Reino Unido)

¿Cuáles son sus intereses como investigador?

Mucho de nuestro trabajo ha tratado de ecuaciones en derivadas parciales no lineales de tipo elíptico, que no dependen del tiempo. Buscamos soluciones de ecuaciones que tienen origen en física y biología, modelos relativamente sencillos en forma pero que engloban estructuras complejas, extraordinariamente interesantes. Queremos encontrar y describir rigurosamente algunas de sus soluciones.

Estas soluciones involucran parámetros, y para valores límites de estos parámetros aparecen configuraciones particulares. Queremos construirlas rigurosamente empleando métodos de diversas áreas del análisis matemático. Es importante resolver rigurosamente y no solo numéricamente, porque es una validación matemática del modelo, una prueba fehaciente de que tiene consistencia interna.

Más recientemente hemos considerado problemas de evolución y el desarrollo de singularidades para situaciones límites en el tiempo. Destacaría en este estudio el análisis de singularidades en presencia de criticalidad variacional, que aparece en muchos modelos interesantes, y nuevas configuraciones singulares para la ecuación de Euler de los fluidos incompresibles. En concreto, queremos construir soluciones. Esto supone algún tipo de colapso del modelo subyacente. Una de las cosas más fascinantes del área es poder describir este tipo de fenómenos.

Su coloquio en el ICMAT se tituló “Gluing methods for vortex dynamics in Euler flows”, ¿podría explicarnos en qué consiste el problema?

La ecuación de Euler es el modelo más clásico del movimiento de fluidos, se remonta a mediados del siglo XVIII. Nos interesa comprender de forma precisa un fenómeno que tiene que ver con el movimiento de vórtices muy concentrados en dos dimensiones. Imagina que tienes cinco tornados en la superficie de la Tierra, ¿cómo se están moviendo los centros de estos remolinos? ¿Qué leyes sigue el movimiento? *Gluing methods* se refiere a poder solapar soluciones en regiones de la solución, a distintas escalas.

¿Qué ha significado el *Research Professorship* de la Royal Society en su carrera? ¿Y el Premio Nacional de Ciencias de Chile?

Son reconocimientos distintos. El Premio Nacional de Ciencias es una distinción muy honorífica, por parte del estado, a lo que ha sido tu trabajo y contribución al medio nacional. Me produjo una gran gratitud. Me considero un producto del estado chileno. Provengo de la clase media y he recibido formación pública del estado (tanto en la escuela como en la universidad).

La *Research Professorship* de la Royal Society del Reino Unido es un gran honor desde el punto de vista más profesional. Es muy reconfortante porque es un reconocimiento del trabajo que estamos haciendo este grupo. Desde el punto de vista práctico, es muy importante: me puedo dedicar cien por cien a la investigación, contratar gente, viajar... me siento muy afortunado.

ESPECIAL 12 DE MAYO: Día de las Mujeres Matemáticas

Por segundo año consecutivo, el pasado 12 de mayo se conmemoró el Día de las Mujeres Matemáticas, señalando la fecha en la que nació la matemática iraní Maryam Mirzakhani, única mujer ganadora de una Medalla Fields y fallecida en 2017. Bajo el lema [Celebrating Women in Mathematics](#), se han organizado actividades -dadas las circunstancias, predominantemente virtuales- por todo el mundo durante el mes de mayo con el objetivo de visibilizar el trabajo de las mujeres matemáticas, ofrecer referentes y luchar para que disminuya la brecha de género en la disciplina. Esta segunda edición ha tenido una gran acogida, con más de 80 eventos registrados en la página web de la iniciativa y miles de visionados individuales del documental [Secrets of the Surface. The Mathematical Vision of Maryam Mirzakhani](#) en 124 países diferentes, según la organización de *May 12*.

Desde el ICMAT, se organizó un visionado colectivo *online* del documental sobre la matemática iraní, con una mesa redonda posterior en la que participaron Eva Gallardo (ICMAT-UCM) y Javier Aramayona (ICMAT-UAM), y que estuvo moderada por Ágata Timón (ICMAT-CSIC). Las preguntas de la audiencia, que llegaron a través del chat de la aplicación Conecta.csic empleada para el evento, dieron profundidad al debate. Antes, a las 17:00, se organizó un encuentro abierto al público a través de Instagram Live con Carolina Vallejo, investigadora posdoctoral Juan de la Cierva en la UAM y miembro del ICMAT. Durante 40 minutos, las más de 60 personas conectadas pudieron lanzar preguntas a Carolina Vallejo sobre su carrera investigadora.

Por su parte, la asociación WOMAT y la Comisión de Mujeres y Matemáticas de la RSME compartieron a través de su canal de YouTube [vídeos de investigadoras](#) en activo en los que respondían a las preguntas recibidas a través de sus redes sociales y dos *escape rooms* para estudiantado sobre grandes matemáticas de la historia.

La idea de esta celebración nació del Comité de Mujeres de la [Sociedad Matemática Iraní](#), y fue aprobada en el [World Meeting for Women in Mathematics \(WM\)²](#), uno de los congresos satélites que tuvieron lugar en el último [International Congress of Mathematicians \(ICM\)](#), celebrado en Río de Janeiro (Brasil) en 2018. Hablamos con varias de las integrantes de la iniciativa *May 12*, así como con miembros de comités de mujeres de sociedades matemáticas de todo el mundo.

Laura Moreno Iraola

Entrevista a Mojgan Mahmoudi

Profesora en la Shahid Beheshti University (Teherán, Irán), miembro del Women's Committee of the Iranian Mathematical Society (IMS) y representante de su país en el comité coordinador de la iniciativa May 12.

¿Cómo surgió la idea de instaurar el 12 de mayo como el Día de las Mujeres Matemáticas?

Desde el Comité de Mujeres de la IMS, del que soy miembro y fui presidenta, pensábamos que con la celebración de un día de las mujeres matemáticas las estaríamos apoyando y animando a conseguir sus metas.

“Maryam Mirzakhani es una motivación para las mujeres de Irán, nos anima a ser más activas en la comunidad matemática”

Como reconocimiento a la memoria de Maryam Mirzakhani, propusimos proclamar el día de su cumpleaños como el Día de las Mujeres Matemáticas. Lo hicimos en el (WM)², un evento satélite del último ICM, celebrado en Río de Janeiro en 2018, y fue aprobado por la mayoría de las asistentes. En 2019, celebramos la primera edición de *May 12, Celebrating Women in Mathematics*.

¿Qué representa Mirzakhani para las mujeres matemáticas iraníes?

Ella representa mucho trabajo e inteligencia, al mismo tiempo que amabilidad y felicidad. Se ha convertido en un modelo a



Fotograma del documental *Secrets of the Surface. The Mathematical Vision of Maryam Mirzakhani*



Imagen: Comité de Mujeres de la Sociedad Matemática Irani

Primer Comité de Mujeres de Irán. Primera por la derecha: Mojgan Mahmoudi

seguir para nuestras niñas y jóvenes; su éxito es una motivación, nos anima a esforzarnos y a ser más activas dentro de la comunidad matemática.

¿Cuál es la situación actual en su país respecto a las mujeres matemáticas?

En Irán, el número de mujeres que estudian Matemáticas en la universidad, en diferentes niveles, es mayor que al de los chicos. De hecho, en nuestra cultura, las chicas que cursan carreras de ciencia e ingeniería tienen mucha seguridad en sí mismas.

Entrevista a Marie Françoise Ouedraogo

Presidenta de la Asociación de Mujeres Africanas en Matemáticas (AWMA), profesora en la Université Joseph Ki-Zerbo (Ouagadougou, Burkina Faso) y representante del continente en el comité coordinador de la iniciativa May 12.

Para usted, ¿qué significa conmemorar el Día de las Mujeres Matemáticas?

Yo creo que un día como este es necesario porque aún la brecha de género es muy grande en el campo de las matemáticas, las mujeres de este campo se encuentran constantemente obstáculos a lo largo de sus carreras universitaria y profesional. De hecho, hay estudios que lo corroboran. Uno de los más recientes ha sido [“A Global Approach to the Gender Gap in Mathematical,](#)

[Computing, and Natural Sciences: How to Measure It, How to Reduce It?”](#), un proyecto del International Science Council y 11 organizaciones científicas. El principal objetivo ha sido investigar la brecha de género en las disciplinas STEM desde diferentes ángulos y de manera global.

¿Cuál es la situación actual respecto a las mujeres matemáticas en su país, Burkina Faso? ¿Y en África? ¿Qué iniciativas hay puestas en marcha para tratar de erradicar este problema?

En Burkina Faso la brecha de género es muy notable. Al igual que en África, hay muy poca representación de mujeres en el campo de las matemáticas debido a una mezcla entre las barreras socioeconómicas y culturales, la falta de referentes, la poca confianza de las mujeres en sí mismas, los problemas de la conciliación familiar, etc. Hasta hace pocos años, la carrera de Matemáticas era un camino solitario para las mujeres del continente. Por ello, decidimos crear la Asociación de Mujeres Africanas en Matemáticas (AWMA, por sus siglas en inglés). Uno de los principales objetivos fue proporcionar una red de contactos entre las mujeres matemáticas con la intención de que se generaran colaboraciones entre ellas, de que tutorizaran a jóvenes y de que promovieran las matemáticas de África. Realizamos actividades con regularidad, como congresos, debates acerca de la situación de las mujeres de esta disciplina y favorecemos la visibilización de las mujeres matemáticas de



Marie Françoise Ouedrago

África, a través de [perfiles](#) en la página web de la asociación, ya que creemos que son modelos a seguir para las jóvenes. Desde la creación de la asociación hemos conseguido que numerosas mujeres que trabajan solas en sus instituciones se hayan unido. Además, muchas han empezado, a su vez, a organizarse en asociaciones nacionales de mujeres matemáticas. La AWMA ha posicionado a las matemáticas africanas al nivel de organizaciones internacionales similares.

“Hasta hace pocos años, la carrera de matemáticas era un camino solitario para las mujeres de África”

Usted representa a su asociación, AWMA, de la que es presidenta, en el comité coordinador de May 12, *Celebrating Women in Mathematics*, ¿cómo entró a formar parte del mismo?

Como presidenta de la AWMA, fui miembro también del Comité de Mujeres Matemáticas (CWM) de la Unión Matemática Internacional (IMU) entre los años 2015 y 2018 y, por este motivo, fui elegida para ser una de las coordinadoras.

Creo que era importante formar parte de ello porque es una oportunidad para organizar actividades en las que se hable de la brecha de género en matemáticas, en las que se ofrezcan referentes de mujeres matemáticas y en las que se visibilicen mujeres matemáticas, ya sea a través de conferencias, reuniones, etc.

También creo que es necesario homenajear a Maryam Mirzakhani, por eso se eligió la fecha de su nacimiento para celebrar este día. Ella ha sido la única mujer en ganar el mayor reconocimiento en el campo de las matemáticas, una Medalla Fields, y su experiencia y contribuciones a las matemáticas sirven de inspiración para miles de chicas y mujeres de todo el mundo.

Entrevista a Andrea Vera

Académica de la Universidad de Valparaíso y representante del colectivo chileno en May 12.

¿Qué significa tener un día como May 12, Día de las Mujeres Matemáticas?

Esta celebración es parte de una serie de iniciativas que se llevan a cabo desde hace varios años en pos de visibilizar la presencia y el trabajo de mujeres en la comunidad matemática, así como de luchar contra los estereotipos de género presentes en nuestra cultura y, por lo tanto, en la ciencia.

Participa como representante de su colectivo en a la iniciativa May 12, *Celebrating Women in Mathematics*, ¿cuáles son sus principales tareas en la organización?

El año pasado, al ser el primer año en que celebramos el 12 de mayo, nuestra primera labor como Comité Organizador fue publicitar la fecha e incentivar a los y las colegas a organizar actividades para el 12 de mayo (o fechas cercanas) en sus respectivas ciudades e instituciones. Por otra parte, teníamos una página web (<https://may12.womeninmaths.org>) en la que tenían que estar registrados todos los eventos que se hicieran en el mundo. También tuvimos que asegurarnos de que las y los organizadores de cada evento local tomaran algún tipo de



Andrea Vera

registro (fotos, videos, etc.) y que luego nos lo mandaran. La iniciativa de 2019 fue un éxito, se organizaron más de 100 eventos en todo el mundo. Después de esto, todas las integrantes del grupo de coordinación mundial quisimos que quedara registro del proceso de organización, y escribimos un artículo para la revista *Notices of the American Mathematical Society*, llamado [“May 12: Celebrating Women in Mathematics From One Idea to One Hundred Events”](#).

Asimismo, para este año algunas de las integrantes del colectivo hemos participado en el proyecto de investigación [“Mujeres Matemáticas en Chile. Sociología de un campo científico desde una perspectiva de género”](#). Desde el equipo de vinculación con el medio de este proyecto, organizamos cinco actividades virtuales relacionadas con matemáticas para niños y niñas que estén en casa. Por otra parte, también nos hicimos cargo de los subtítulos en español de la película *Secrets of the surface*, de manera que pudiera tener impacto en América Latina también.

“En Chile, solo alrededor de un 20 % del personal docente e investigador en matemáticas son mujeres”

¿Cuál es la situación de su país respecto a la brecha de género en el campo de las matemáticas?

La situación en Chile es similar a la de muchos países. Por ejemplo, existe una brecha importante entre niños y niñas en los resultados de pruebas internacionales de matemática, como PISA, y también de pruebas nacionales como la Prueba de Selección Universitaria. Esta brecha se repite en el momento de elegir una carrera universitaria y se acentúa aún más al ir avanzando en la carrera académica. Actualmente, solo alrededor de un [20 % del personal docente e investigador en matemáticas](#) en Chile son mujeres.

Entrevista a Laura Calaza Díaz y Elena Camacho Aguilar

Integrantes de la Comisión de Mujeres y Matemáticas de la RSME

¿Por qué es necesario que haya un día de las mujeres matemáticas?

Un día como este nos permite dar visibilidad y celebrar los grandes logros que han realizado y seguimos realizando las mujeres matemáticas a lo largo de la historia, es decir, nos sirve para ocupar el lugar que nos corresponde. Por desgra-

cia, aún seguimos invisibilizadas en muchos ámbitos como, por ejemplo, los libros de texto (en los que la referencia a mujeres se sitúa en un [5 % en ciencia y un 1 % en tecnología](#)). Esta invisibilización se traduce en una falta de modelos para las niñas y jóvenes, que en menor medida que los chicos persiguen una carrera en STEM.

¿Qué destacarían sobre la actual brecha de género en el campo de las matemáticas en España?

Aunque hay más mujeres matriculadas por año en la universidad (alrededor del 55 %), menos del 6 % de ellas escogen hacer ciencias puras (como Física o Matemáticas), y, en particular, [solo el 0,7 % eligen estudiar Matemáticas](#), frente al 1,4 % de hombres. Estos datos reflejan que aún existe una barrera invisible creada por los estereotipos impuestos por la sociedad que hace que muchas mujeres y niñas no perciban que una carrera en matemáticas sea para ellas. El número de mujeres egresadas de grados y másteres en Matemáticas es ligeramente menor que el de hombres, pero la brecha es aún más palpable a medida que se avanza en la carrera académica. Si nos remitimos a las cifras del curso 2017/2018, las mujeres formaron tan solo un [35 % del personal docente e investigador en el área de las matemáticas](#). El porcentaje se vuelve más preocupante incluso cuando hablamos del más alto rango, el de doctoráticas de universidad, descendiendo al 13 %.

Y no solo es visible esta brecha de género en la universidad, sino que también se reproduce en los trabajos de ámbito tecnológico, donde [el salario medio de las mujeres matemáticas es un 10 % inferior al de los hombres matemáticos](#), cuatro años después de graduarse.

“Como sociedad, debemos replantearnos muchas cuestiones de género”

En los últimos años, se ha observado que la brecha de género se ha agrandado ligeramente, ha habido un descenso en el acceso de las chicas al Grado de Matemáticas (y relacionados) y másteres, ¿por qué creen que se debe?

Si observamos los porcentajes, la presencia femenina sigue siendo inferior a la masculina en los grados de Matemáticas, situándose cerca del 40 % y reduciéndose al 30 % en los dobles grados. Como hemos comentado anteriormente, creemos que estas diferencias se producen, al menos en parte, por una barrera invisible creada por los estereotipos impuestos por la sociedad.

Imagen: Elena Camacho Aguilar



Elena Camacho Aguilar

Imagen: Laura Calaza Díaz



Laura Calaza Díaz

PERFIL: Alexandre Anahori

“Veo casi místico que con el razonamiento se pueda predecir el futuro”

Alexandre Anahory nació en 1993 en Lisboa, Portugal. Durante toda su educación, desarrolló un especial interés por la descripción matemática del universo, por lo que decidió estudiar Física en la Universidad de Lisboa. Sin embargo, tras terminar su licenciatura, comenzó un máster en Matemáticas en esta misma universidad, lo que después le condujo al ICMAT. En octubre de 2017, comenzó sus estudios de doctorado sobre mecánica geométrica bajo la supervisión de David Martín de Diego (ICMAT-CSIC), gracias a una beca de la Fundación de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia de Portugal. Para el investigador, esto es solo una primera etapa para conseguir su objetivo: convertirse en profesor de Matemáticas de universidad.

Imagen: Alexandre Anahori



Alexandre Anahori es investigador predoctoral en el ICMAT desde 2017

Nuria Chamorro Díaz

A Alexandre Anahory le faltan pocos meses para terminar su doctorado en el ICMAT. Ha pasado los tres últimos años investigando sobre mecánica geométrica, bajo la supervisión de David Martín de Diego (ICMAT-CSIC), un área de la física matemática que utiliza los métodos geométricos para estudiar el movimiento de sistemas físicos. En particular, Anahory se dedica al análisis de los sistemas no holónomos, una clase de sistemas mecánicos. “Estudiamos las propiedades de estos sistemas desde el punto de vista teórico, pero también estamos tratando de desarrollar algunas aplicaciones en ingeniería, como el desarrollo de simulaciones para robots y drones”.

El investigador ha encontrado en el grupo de Martín de Diego un nexo entre las matemáticas y la física. Por eso asegura

que, al conocerlo, de inmediato se interesó por venir al ICMAT. Su interés por estas disciplinas le viene desde pequeño. “Desde niño me interesaban las leyes de la física. Veía casi místico que, con el razonamiento, se pueda predecir el futuro de alguna forma”. Afirma que, por ello, decidió matricularse en Física y, durante el grado, descubrió su pasión por las matemáticas que hay detrás de estas leyes. Esto fue lo que le hizo llegar al Instituto, tras realizar un máster en Matemáticas en la Universidad de Lisboa. Durante esta etapa ya comenzó a estudiar los sistemas dinámicos, pero “me faltaba ese componente de geometría que tiene el trabajo que desarrolla el grupo de mi director de tesis”.

Su estancia en el ICMAT está siendo su primera experiencia académica fuera de Portugal y la califica de muy satisfactoria, ya que la investigación en el Centro es muy activa. “Aquí, muchos se dedican enteramente a la investigación, por lo que se crea un ambiente muy bueno para trabajar y discutir ideas con otros compañeros. Además, el Instituto está lleno de gente joven y está siendo una experiencia muy buena”. Sin embargo, Anahory no se quiere dedicar exclusivamente a la investigación, ya que su verdadera vocación es la docencia. Asegura que, para él, es un placer compartir el conocimiento que va adquiriendo y que lo que verdaderamente le apasiona es aprender y entender cosas nuevas para luego transmitir las. Por eso, en unos años, le encantaría impartir clases en alguna universidad.

Cuando le preguntamos por el futuro, el investigador prefiere ir poco a poco. Ahora mismo está barajando la posibilidad de marcharse a otro país para realizar su postdoctorado, pero todavía no tiene nada claro. De lo que sí está seguro es de lo cómodo y contento que se siente en esta área de las matemáticas. “Creo que he encontrado lo que quiero hacer, aunque es cierto que en un futuro me gustaría dedicarme también a las aplicaciones. A veces, a los científicos no les gusta dedicar mucho tiempo a la parte más práctica, pero es una forma divertida de encontrar nuevos problemas y de interactuar con el mundo en el que vivimos, de no vivir aislados”, concluye.

SHE DOES MATHS: Evelyne Miot

Campos de investigación: ecuaciones diferenciales, mecánica de fluidos, ecuaciones de Euler, ecuaciones de Vlasov-Poisson.

Laura Moreno Iraola

Evelyne Miot trabaja desde 2014 como investigadora permanente en el Institut Fourier, perteneciente al Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) y a la Universidad de Grenoble-Alpes. El pasado mes de marzo iba a participar como conferenciante en la [Special Session on Vortices in Classical and Quantum Fluids](#) del ICMAT, organizada por el investigador Daniel Peralta, pero la pandemia le impidió acudir a la cita. Iba a ser la primera vez que visitaba el centro y esperaba, además, aprovechar la ocasión para investigar durante unos días con Peralta en el campo de los fluidos en tres dimensiones, que ambos comparten. Pese al aplazamiento de su visita, pudimos hablar con ella telemáticamente.

Hasta los 16 años, Miot estaba convencida de que estudiaría Medicina. Sin embargo, un profesor de Matemáticas le cambió el plan. “Nos mandó como tarea leer una historia de detectives, *Le Théorème du Perroquet*, de Denis Guedj, que introduce la historia de las matemáticas de una manera fascinante. Me impresionó tanto que eso me llevó a estudiar Matemáticas”, comenta Miot. Más adelante, continuó con la investigación para seguir profundizando en la disciplina y, poco a poco, fue sumergiéndose en este mundo.

La investigadora es especialista en ecuaciones en derivadas parciales que emergen en el campo de la mecánica de fluidos -ecuaciones de Euler bidimensionales y tridimensionales-, y también en las ecuaciones de la cinética -ecuaciones Vlasov-Poisson- y en las ecuaciones dispersivas, como la de Schrödinger. En concreto, estudia las soluciones de estas ecuaciones cuando aparecen singularidades. Generalmente, estas corresponden a puntos o filamentos de vórtices que están definidos por la ecuación de Euler; a puntos con carga en plasmas, determinados por la ecuación Vlasov-Poisson; o a los vórtices cuánticos en fluidos cuánticos, delimitados por las ecuaciones de Schrödinger.

Miot ha realizado importantes contribuciones a los campos anteriormente mencionados. Ha obtenido resultados sobre la ecuación de Euler en dos dimensiones y también sobre el Sistema Vlasov-Poisson, en presencia o no de singularidades. En cuanto a fluidos en tres dimensiones, en colaboración con Valeria Banica, ha investigado la interacción de filamentos de vórtice que son casi rectos y paralelos. Para ello, se basaron en un sistema propuesto en 1995 por Rupert Klein, Andrew J. Majda y Kumaran Damodaran. A partir de su trabajo, consiguieron establecer resultados de existencia y unicidad bajo la conjetura de simetría en la configuración de los filamentos.

Pero si Miot tiene que elegir, los resultados de los que más orgullosa se siente son aquellos obtenidos junto con Banica y Faou acerca del problema del colapso en tiempo finito entre



Imagen: Evelyne Miot

Evelyne Miot trabaja en el Institut Fourier del CNRS y en la Universidad de Grenoble-Alpes (Francia)

filamentos de vórtices, más conocido como reconexión de vórtice. “Me gustan estos resultados porque han aportado una justificación parcial rigurosa acerca de un fenómeno que, de hecho, ha sido observado también en experimentos numéricos y de física gracias a herramientas del análisis”, comenta la investigadora. Esta investigación fue publicada en la prestigiosa revista *Communications on Pure and Applied Mathematics* del Instituto Courant de Ciencias Matemáticas de la Universidad de Nueva York.

Aparte de su labor investigadora, Miot es vicedirectora de [Mathdoc](#). Esta plataforma es un centro documental del CNRS y la Universidad de Grenoble que proporciona diferentes recursos: Numdam, una biblioteca digital de matemáticas; Portail Math, desde donde se puede acceder a calendarios matemáticos, directorio de personal o bases de datos de instituciones francesas, entre otros; y Ceadram, una plataforma de acceso a revistas francesas sobre divulgación matemática. En 2018, además, lanzaron [Mersenne](#), una plataforma de publicación en acceso abierto y del que Miot es una de las coordinadoras.

Asimismo, la investigadora participa con asiduidad en actividades de divulgación. “La mejor experiencia que he tenido ha sido en “Mat’ les vacances”, un campamento de verano sobre matemáticas que tiene lugar en los Alpes para estudiantes de instituto con problemas de aprendizaje. “Combinamos lecciones de matemáticas con sesiones de *mountain bike* y senderismo”, explica. También suele formar parte de actividades sobre igualdad de género, como debates con otras matemáticas o charlas con jóvenes estudiantes, desde instituto a doctorado, en las que les cuenta sus experiencias y carrera.

RESEÑA CIENTÍFICA: Resolución de ecuaciones no locales

Título original: "On higher dimensional singularities for the fractional Yamabe problem: a non-local Mazzeo-Pacard program".

Autores: W. Ao, H. Chan, A. De la Torre, M. Fontelos, M. González y J. Wei

Fuente: *Duke Math. J. Volume 168, Number 17, 3297-3411*

Fecha de publicación: 2019

Link: <https://projecteuclid.org/euclid.dmj/1572422464>

Resumen

El artículo reseñado se enmarca en la frontera entre la geometría diferencial y el análisis de ecuaciones en derivadas parciales. En sus 115 páginas se estudia la construcción de variedades singulares de dimensión n con curvatura fraccionaria (o *no-local*) constante. Este es un problema proveniente del análisis geométrico, ya que un método habitual en la clasificación geométrica de variedades es intentar buscar una variedad equivalente a la que se quiere clasificar, con algún tipo de curvatura constante. Decimos "algún tipo de curvatura" porque no es lo mismo la curvatura de la esfera que la del espacio hiperbólico, que son dos modelos básicos de geometrías.

Las curvaturas no-locales se definen a partir del laplaciano fraccionario en la variedad, que es un operador no-local. Desde el punto de vista del análisis, un operador no-local es aquel que no solo ve lo que pasa en su entorno inmediato, sino que también tiene en cuenta interacciones con puntos lejanos. El ejemplo canónico es el laplaciano fraccionario, un operador integro-diferencial que se define, para s en $(0,1)$, como

$$(-\Delta)^s u(x) = \int_{\mathbb{R}^n} \frac{u(x) - u(y)}{|x - y|^{n-2s}} dy$$

En esta fórmula se observa que, para conocer el valor del operador en $u(x)$, se necesita conocer el valor de $u(y)$ para todo y de \mathbb{R}^n . El laplaciano fraccionario recibe este nombre, ya que para $s=1$, mediante un paso a límite, se obtiene el operador laplaciano usual.

$$\Delta u = \partial_{x_1 x_1} u + \cdots + \partial_{x_n x_n} u$$

El laplaciano usual Δu es un operador que modela reacciones elásticas: su valor en un punto intenta promediar los valores de la función en su alrededor inmediato –es, por tanto, local. El laplaciano fraccionario tiene esta misma propiedad, pero, sin embargo, promedia también los valores lejanos. Tiene múltiples aplicaciones en física, geometría, probabilidad e incluso matemática financiera, básicamente, en cualquier proceso en el que haya este tipo de efecto no-local. En particular, están asociados con procesos de Levy, un tipo de fenómenos estocásticos que generalizan el proceso browniano, pero que permite saltos abruptos. Algunos ejemplos físicos son la ecuación de Benjamin-Ono (que describe ondas internas unidimensionales en aguas profundas) o la interacción de electrones cuantizados con el núcleo. También se emplean en otras áreas, como en modelos financieros para la valoración de opciones o en modelos ecológicos y de evolución biológica que describen, por ejemplo, cómo una especie se adapta a su ambiente a través de mutaciones genéticas.

Se pueden plantear ecuaciones con el laplaciano fraccionario en las que la solución solo depende de una variable, por ejemplo, la coordenada radial. La ecuación resultante podría considerarse una ecuación diferencial ordinaria (EDO) no-local. Sin embargo, mientras que las EDO usuales se pueden resolver mediante el estudio de su plano de fases (es decir, buscando trayectorias tangentes en cada punto al campo vectorial generado por la

ecuación), en el caso no-local esto no es posible, ya que la trayectoria en un punto depende de lo que sucede muy lejos.

Conociendo el laplaciano fraccionario, se puede definir, desde el punto de vista de la geometría, la curvatura no-local de orden s de una variedad de dimensión n , para todo s entre 0 y $n/2$. Tiene buenas propiedades conformes (es decir, preserva los ángulos) y proporciona una definición de convexidad general. Esta noción de curvatura proviene del estudio de la teoría de *scattering* en las variedades de Einstein, que se basó originalmente en el trabajo de John von Neumann, Roger Penrose y Claude R. Le Brunn en física gravitacional en cuatro dimensiones, en conexión con la correspondencia Ads/CFT de Juan Martín Maldacena. En consecuencia, nuestra curvatura está profundamente conectada con la geometría de las ecuaciones de Einstein.

Sin entrar en más detalles, diremos que esta nueva curvatura no-local constituye una familia uni-paramétrica de curvaturas que interpola las curvaturas usuales (para $s=1$ es la conocida curvatura escalar, para $s=1/2$ la curvatura media, y para $s=2$ la asociada al operador de Paneitz). A su vez, cada una de ellas, proporciona diferente información geométrica y topológica de la variedad que ayuda a su clasificación.

Como comentábamos al inicio, en el artículo publicado en el *Duke Mathematical Journal* se buscan variedades de curvatura constante con singularidades. Para esta construcción, se usa el método clásico de "pegado", es decir, se construye un buen modelo de singularidad que se pega a la variedad original. En el caso local, considerado en el clásico artículo de Mazzeo-Pacard [R. Mazzeo, F. Pacard. A construction of singular solutions for a semilinear elliptic equation using asymptotic analysis. *J. Differential Geom.* 44 (1996), no. 2, 331–370], la región de pegado se controla fácilmente. Sin embargo, esta es la primera gran dificultad en el caso no-local, ya que el proceso de pegado afecta a la variedad completa y podría desbaratar la geometría que buscamos.

El segundo gran obstáculo es la construcción del modelo básico de singularidad. Se comienza buscando soluciones radiales que tienen una singularidad exactamente en el origen. Y aquí nos enfrentamos precisamente a la resolución de una EDO no-local como las que explicamos arriba. No existen teoremas de existencia, unicidad o dependencia continua de las condiciones iniciales para este tipo de ecuaciones, es un campo completamente virgen. En el resultado que hemos obtenido, se desarrolla la teoría general para cierto tipo de estas ecuaciones, incluyendo el Teorema de Frobenius, que caracteriza el desarrollo asintótico de la solución cerca de los puntos singulares; el estudio de una cantidad con propiedades similares al wronskiano de dos soluciones linealmente independientes de la ecuación homogénea; o la construcción de una función de Green para la reconstrucción de una solución particular a la ecuación no-homogénea.

La idea innovadora en la demostración es la caracterización de una EDO no-local como un sistema infinito-dimensional de ecuaciones de segundo orden acopladas. Como consecuencia, si se consigue controlar este acoplamiento, es posible utilizar la teoría clásica de EDO para un problema no-local.

En resumen, el laplaciano fraccionario (y generalización a otros operadores no-locales) cuenta con múltiples aplicaciones, sin embargo, son técnicamente complejos precisamente por esta característica de no-localidad, ya que no sirven las demostraciones clásicas.

RESEÑA CIENTÍFICA: Series de Fourier en BMO con implicaciones de teoría de números

Título original: "Fourier series in BMO with number theoretical implications".

Autores: Fernando Chamizo (Universidad Autónoma de Madrid e ICMAT), Antonio Córdoba (UAM-ICMAT) y Adrián Ubis (UAM)

Fuente: *Mathematische Annalen* volume 376, pages 457–473(2020)

Fecha de publicación: 31 de julio de 2019

Resumen

Nuestro oído descompone cualquier sonido en tonos puros y cada tono se corresponde con cierta frecuencia e intensidad. Matemáticamente, el sonido se representa mediante una función; y, los tonos puros, mediante ondas sinusoidales, cuyo tamaño se denomina amplitud y está relacionado con su intensidad. En este artículo, los autores estudian funciones que también oscilan, cuyas frecuencias crecen de forma polinomial; dicha oscilación depende de cómo decrecen las correspondientes amplitudes.

El espacio BMO (*Bounded Mean Oscillation*) contiene a las funciones cuya oscilación media sobre cualquier intervalo está acotada por una constante, que no depende del intervalo; la menor de esas constantes sería su norma, que mide cuánto oscila la función. Así, cualquier función acotada está en este espacio, pero también contiene funciones no acotadas, como, por ejemplo, el logaritmo. De hecho, Fritz John y Louis Nirenberg [demostraron](#) que este es el máximo crecimiento permitido, es decir, que cualquier función del espacio debe tener picos a lo sumo logarítmicos.

Este espacio juega un papel importante en el campo del análisis ya que, en ciertas ocasiones, es el sustituto natural del espacio de funciones acotadas, que sirven para comprender el comportamiento de las soluciones de ecuaciones en derivadas parciales. A partir de una desigualdad propuesta por Godfrey Harold Hardy se sabía que si una función tiene como frecuencias w todos los naturales, entonces están en BMO cuando sus amplitudes decaen como w^{-1} . También se conocía que las series lacunares (cuyas frecuencias crecen exponencialmente) están en BMO si es que lo están en L^1 y, por tanto, en L^2 , lo que equivale a que la suma de los cuadrados de los valores absolutos de sus amplitudes sea finita.

El caso intermedio, que incluye a series con frecuencias que crecen polinomialmente, fue analizado por William Tazwell Sledd y David Allan Stegenga, a partir de un resultado de Charles Fefferman que caracteriza cuándo una serie está en BMO. Para demostrar dicho teorema se usa una desigualdad similar a las llamadas de gran criba (muy usadas en teoría de números) y dos resultados profundos sobre BMO. El primero es que BMO es el dual del llamado espacio de Hardy H^1 , que son funciones analíticas $u(z)$ en el disco unidad, tales que las integrales de su valor absoluto en los círculos de radio menor que uno, centrados en el origen, están uniformemente acotadas. El segundo dice que cualquier función de H^1 sobre el borde del disco puede descomponerse en átomos, que son funciones de media cero que toman valores no nulos sólo en un intervalo y están acotadas por el inverso de la longitud de dicho intervalo.

Ahora Chamizo, Córdoba y Ubis demuestran esencialmente el mismo resultado, pero sus argumentos son elementales y su

cota sobre la norma es más precisa. En particular, deducen que si las frecuencias w crecen como un polinomio de grado d , entonces las amplitudes deben decaer como $dw^{-1/d}$ para que la función esté en BMO.

La dificultad de demostrar esta afirmación radica en que la función es típicamente mucho más caótica que en el caso de Hardy, pero sus frecuencias siguen interaccionando, a diferencia de lo que ocurre para series lacunares. Esta nueva prueba comienza descomponiendo la función en dos partes: una con frecuencias bajas y la otra con frecuencias altas. Dicha división depende del intervalo donde se esté analizando la oscilación de la función. La parte con frecuencias bajas es una función suave en el intervalo seleccionado, por tanto, su oscilación es siempre pequeña.

La parte con frecuencias altas es pequeña en promedio, pero es más irregular, por lo que es más complicado controlar su oscilación media. Lo que se hace en este caso es usar la conocida desigualdad de Cauchy para evaluar la oscilación media del cuadrado de la función en dicho intervalo. Esto es más sencillo, ya que se puede emplear su serie de Fourier para expandir el cuadrado y promediar cada término de la suma por separado.

Entonces, llegan a una suma bilineal oscilatoria que hay que acotar. Aquí los autores aplican una desigualdad de tipo gran criba, que convierte esa oscilación en decaimiento. Quizás, la manera más sencilla de comprender dicha desigualdad es volver hacia atrás al promedio del cuadrado: es posible acotarlo por un promedio suavizado y, tras expandir de nuevo la serie, esa suavización ha convertido la oscilación en decaimiento.

En la segunda parte del artículo, los investigadores estudian el caso particular de la función cuyas frecuencias w recorren los enteros cuadrados y cuyas amplitudes son $w^{-1/2}$. Por el resultado anterior dicha función está en BMO, pero ahora pueden afirmar mucho más sobre ella. Que sus frecuencias sean justo los cuadrados hace que su comportamiento sea más aritmético que el de una función genérica del espacio.

De hecho, en puntos racionales se comporta de forma especial y en cualquier irracional su tamaño queda determinado por cuán fácil es aproximarlos por racionales. Aprovechando esa información se puede demostrar que es imposible dibujar la gráfica de dicha función debido a que posee una cantidad no numerable de picos logarítmicos. Además, los autores son capaces de estimar en cualquier intervalo tanto su oscilación media como su crecimiento exacto en el pico logarítmico dominante. Ambas cantidades van a depender esencialmente del racional con menor denominador presente en el intervalo. Cuanto mayor sea dicho denominador, menor oscilación y crecimiento tendrá la función en esa zona.

CUÉNTAME TU TESIS: Ángela Capel Cuevas

Título de la tesis: “Quantum logarithmic Sobolev inequalities for quantum many-body systems: An approach via quasi-factorization of the relative entropy”.

Autor: Ángela Capel Cuevas

Directores: David Pérez-García (UCM) y Angelo Lucia (Caltech)

Fecha de entrega: 16 de diciembre de 2019

Ángela Capel y Nuria Chamorro Díaz

La tesis de Ángela Capel se enmarca en la teoría de la información cuántica y en los sistemas cuánticos de muchos cuerpos, dos campos con muchas conexiones, y en cuya intersección surgen interesantes problemas. Uno de ellos, que se ha convertido en una de las grandes metas de la investigación actualmente, es el diseño y desarrollo de un ordenador cuántico. Pese a los grandes avances en esta dirección, existen ciertos obstáculos importantes para poder hacer efectiva la construcción del ordenador cuántico. Las matemáticas son clave para entender y enfrentar estos problemas, y en concreto, el estudio de ciertos fenómenos denominados *evoluciones disipativas cuánticas*, en lo que se ha centrado Ángela Capel junto a sus directores de tesis, David Pérez García y Angelo Lucia, en los últimos años.

Las evoluciones disipativas cuánticas permiten modelar algunos tipos de ruido en sistemas cuánticos de muchos cuerpos. El ruido externo es uno de los principales obstáculos en la construcción a gran escala de un ordenador cuántico; y su modelación es necesaria para poder controlarlo o suprimirlo.

Otro gran obstáculo en la construcción de un ordenador cuántico es el diseño de memorias cuánticas duraderas. En 2009 se propuso (de forma teórica) emplear estos mismos sistemas disipativos cuánticos para construir de forma robusta sistemas cuánticos que preservaran la coherencia durante periodos de tiempo más largos (es la llamada propuesta de ingeniería disipativa de estado). Esta sugerencia está basada en la naturaleza disipativa del ruido, que provoca que un sistema disipativo cuántico siempre converja hacia un estado estacionario fijo, independientemente del estado inicial.

El estudio de cómo una evolución disipativa cuántica termal converge a su estado térmico de equilibrio (el problema de la termalización) es uno de los principales problemas actuales en este campo de investigación. ¿En qué consiste? Si ponemos un análogo en la física clásica, trata de estudiar sistemas que se comportan como una taza de café caliente en una habitación. Cuando transcurre un determinado periodo de tiempo, el café se enfría y su temperatura pasa a estar en equilibrio con la temperatura de la sala. Existen dos preguntas importantes asociadas al fenómeno de termalización: ¿qué condiciones se deben imponer para que se produzca? y ¿cómo de rápido se produce? La tesis está centrada en este último punto.

La *velocidad de termalización* se puede estudiar a partir del tiempo que tarda el sistema en evolución disipativa de pasar del estado inicial a otro, casi indistinguible del estado de equilibrio térmico (es el llamado tiempo de equilibración). En particular, son especialmente interesantes los sistemas físicos para los cuales la convergencia es suficientemente rápida. Esta propiedad se denomina *equilibración rápida*, y tiene numerosas implicaciones en teoría de la información cuántica, ya que los sistemas con *equilibración rápida* son estables frente a perturbaciones externas.

Para identificar los sistemas que tienen esta cualidad, se buscan diferentes valores que acoten el tiempo de equilibración. Estas cotas se obtienen a partir de las constantes óptimas para ciertas desigualdades funcionales cuánticas, tales como el gap espectral para la desigualdad de Poincaré y la constante de log-Sobolev para la desigualdad logarítmica de Sobolev. En su trabajo, Capel aborda la última, ya que cuando la constante de log-Sobolev es positiva, el tiempo de equilibración de una evolución disipativa es lo suficientemente corto, es decir, su convergencia es exponencialmente más rápida respecto al tamaño del sistema que en el caso del gap espectral.



Ángela Capel con el tribunal de su lectura de tesis el pasado mes de diciembre

Siguiendo esta línea, el principal objetivo de la tesis es proporcionar condiciones suficientes en el punto de equilibrio de una evolución disipativa cuántica, para poder afirmar que el sistema tiene una constante de log-Sobolev positiva. Esto, a su vez, proporciona condiciones bajo las cuales un sistema satisface la *equilibración rápida*. Con ello, los autores proporcionan condiciones estáticas en el punto de equilibrio que implican una propiedad dinámica de la evolución disipativa, es decir, algo que no depende del tiempo es capaz de implicar algo que sí depende de este.

Para ello, el primer paso fue diseñar una estrategia que probara que un sistema cuántico tiene una constante de log-Sobolev positiva, basada en los resultados previos obtenidos para el caso clásico análogo. En el caso clásico se obtiene una constante de log-Sobolev positiva, como pudieron comprobar utilizando una estrategia de tres pasos, bajo la suposición de unas condiciones de agrupamiento y probando resultados de *quasi-factorización* de la entropía. Esto los llevó al desarrollo de un planteamiento similar para el caso cuántico, basado en resultados de *quasi-factorización* de la entropía relativa. Este método consta de cinco pasos, tres de los cuales constituyen versiones cuánticas de los tres puntos del caso clásico y dos nuevos que se han añadido gracias a la definición de nuevos conceptos.

Una vez definida completamente la estrategia, la aplicaron al caso concreto de dos dinámicas estudiadas previamente, para las cuales se habían obtenido resultados positivos del *gap espectral*: la dinámica de *heat-bath* y la dinámica de *Davies*. Los resultados que obtuvieron definieron qué condiciones de equilibrio habría que implantar en estos sistemas para que la constante de log-Sobolev fuese positiva y, por tanto, la convergencia al equilibrio fuera rápida.

Estos resultados constituyen las primeras condiciones no triviales sobre el estado de equilibrio térmico de un sistema cuántico para el cual la constante de log-Sobolev es positiva y, por tanto, existe una convergencia rápida. A partir de ellos se abre un nuevo campo de estudio con muchas posibles aplicaciones, y numerosas preguntas abiertas, que son las principales líneas de estudio en las que Ángela Capel trabaja en su investigación postdoctoral en la Universidad Técnica de Múnich y en el Munich Center for Quantum Science and Technology. En concreto, busca ejemplos específicos de sistemas físicos que verifiquen estas condiciones, y también trabaja en el estudio y mejora de la velocidad de convergencia de algoritmos y en la estimación del ruido que aparece en un circuito cuántico.

Institucional

El ICMAT recibirá la acreditación como centro de excelencia 'Severo Ochoa' por tercera vez consecutiva

El pasado 15 de julio, la Agencia Estatal de Investigación (AEI), dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, publicó la [propuesta de resolución provisional](#) de la convocatoria 2019 de las acreditaciones y ayudas públicas de "Centros de Excelencia Severo Ochoa" y "Unidades de Excelencia María de Maeztu". Entre los diez centros 'Severo Ochoa' está el Instituto de Ciencias Matemáticas, lo que reafirma su posición entre las principales instituciones de investigación españolas, "que se encuentran entre las mejores del mundo en sus respectivas áreas científicas", según [señalaba el Ministerio de Ciencia e Innovación](#).

La acreditación incluye una dotación económica de cuatro millones de euros para desarrollar un programa de fortalecimiento institucional durante cuatro años, a lo que se suman 14 contratos predoctorales. Todo esto "permitirá poner en marcha diferentes programas científicos que ayudarán a mantener al ICMAT como uno de los centros de referencia internacionales en investigación en matemáticas", afirmaban desde el Instituto.

El ICMAT obtuvo el distintivo en 2011 –en la primera convocatoria del programa– y en 2015, por lo que ésta, de 2019, supone la tercera renovación consecutiva del centro. Cada una de las convocatorias se desarrolla en concurrencia competitiva. En 2019 se presentaron un total de 55 solicitudes al programa de Centros y Unidades de Excelencia 'Severo Ochoa' y 'María de Maeztu', que han sido evaluadas "de forma independiente, por un comité científico internacional integrado por investigadores de reconocido prestigio e impacto", tal y como indicaba el Ministerio.

En esta convocatoria, además del ICMAT, han recibido el distintivo de excelencia 'Severo Ochoa' el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), el Instituto de Investigación Biomédica (IRB), el Barcelona Graduate School of Economics (BGSE), el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), el Centro de Investigación Agrigenómica (CRAG), y el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB), el Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ) y el Instituto de Ciencias del Mar (ICM), que se incorpora por primera vez al programa.

A esto se suman seis unidades de excelencia 'María de Maeztu': el Instituto Imdea Energía, el Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba y el Instituto Catalán de Paleoecología Humana y Evolución Social –estas tres, acogidas por primera vez en este programa–, el Instituto de Ciencia Molecular de la Universidad de Valencia (ICMol), el Instituto de Tecnología y Ciencia Ambientales (ITCA), de la Universidad Autónoma de Barcelona y el Instituto de Ciencias del Cosmos (ICC), de la Universidad de Barcelona.

Los distintivos Centro de Excelencia 'Severo Ochoa' y Unidad de Excelencia 'María de Maeztu' tienen como objetivo financiar y acreditar los centros y unidades de investigación, en cualquier área científica, que demuestran impacto y liderazgo científico a nivel internacional y que colaboran activamente con su entorno social y empresarial.

Más información

[Noticia](#) y propuesta de [resolución provisional](#) del Ministerio de Ciencia e Innovación.



Imagen: Ministerio de Ciencia e Innovación

El ICMAT recibirá la acreditación como centro de excelencia 'Severo Ochoa' por tercera vez consecutiva

El ICMAT colaborará en la tercera edición del programa de liderazgo STEM MatEsElla

En el tercer trimestre de 2020 arrancará la tercera edición del programa MatEsella, de impulso de la carrera de mujeres estudiantes del grado o el máster en disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). A partir de esta edición el ICMAT entra a colaborar con el proyecto, liderado por la Real Sociedad Matemática Española (RSME) y la Asociación de Ejecutivas y Consejeras (EJECON).

Para la dirección de esta nueva edición, así como para clausurar la anterior edición (finalizada en 2019), se ha designado un nuevo Comité de Gobierno, formado por miembros de EJECON, RSME y, por parte del ICMAT, por Ana Bravo, profesora titular de la UAM y directora de la Comisión de Género del instituto; Eva Gallardo, vicepresidenta de la RSME y vicedirectora del ICMAT; y Ágata Timón G. Longoria, responsable de Comunicación y Divulgación del centro.



Imagen: libre

El ICMAT colaborará en el programa de liderazgo STEM MatEsElla, junto a la RSME y EJECON

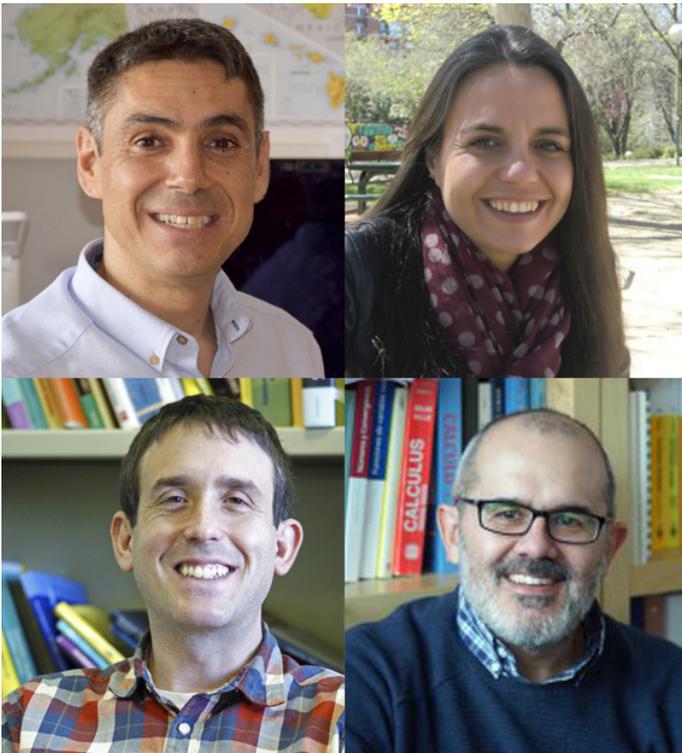
José María Martell, nuevo director del ICMAT

El ICMAT tiene nuevo equipo directivo, liderado por José María Martell, investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y al que el Consejo Europeo de Investigación (ERC, por sus siglas en inglés) le otorgó una *Consolidator Grant* en 2013. Su trabajo se engloba en los campos del análisis armónico, las ecuaciones en derivadas parciales y la teoría geométrica de la medida.

Completa el equipo de dirección Eva Gallardo, profesora titular y vicedecana de Investigación de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid y vicepresidenta de la Real Sociedad Matemática Española (RSME). A ellos se suman Javier Aramayona, científico titular del CSIC en el ICMAT y Fernando Quirós, profesor titular de la UAM y miembro del ICMAT, como directores de los departamentos de Matemática Fundamental y Aplicada, respectivamente. Además, a finales de 2019 se nombró el nuevo Comité Científico Externo del ICMAT, constituido por [ocho matemáticos de gran prestigio internacional](#).

El principal objetivo de este nuevo equipo es promover la ciencia de excelencia que se desarrolla en el instituto, y su papel como dinamizador de la investigación matemática nacional. Además, se ha marcado como meta llevar las matemáticas más allá del ámbito académico: en colaboraciones con investigadores de otros campos, empresas, entornos culturales, entre otros. También se ha propuesto visibilizar el trabajo de las mujeres matemáticas y establecer mecanismos que reduzcan la brecha de género en el ICMAT y el ámbito de la investigación matemática.

Imagen: ICMAT



Nuevo equipo directivo del ICMAT. De izquierda a derecha y de arriba abajo, José María Martell, Eva Gallardo, Javier Aramayona y Fernando Quirós

Más de 2000 personas piden que las Matemáticas sean obligatorias en Bachillerato

Aproximadamente 2000 personas, entre las que se encuentran investigadores españoles y representantes de diversas instituciones, muestran en un [manifiesto](#) su oposición a quitar la obligatoriedad de las Matemáticas en Bachillerato, como se propone en el nuevo proyecto de Ley de la Educación (que modificaría la Ley Orgánica 2/2006) anunciado por la ministra de Educación y Formación Profesional, Isabel Celaá.

El texto fue firmado por las direcciones de más de 130 centros de investigación, de sociedades de relevancia en la ciencia -como la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) o la Real Academia de Ciencias-, la alianza de centros Severo Ochoa y María de Maeztu y una veintena Premios Nacionales de Investigación. Actualmente, sigue abierto a la adhesión ciudadana a través de un [formulario web](#).

Pocos días después del lanzamiento del manifiesto se celebró una reunión entre la número uno de Educación y representantes de la comunidad matemática y científica española, en la que acordaron trabajar conjuntamente en el diseño de los nuevos currículos y planes de formación docente.

Premios

María Ángeles García Ferrero, escogida mejor matemático joven nacional 2019

La Real Sociedad Matemática Española (RSME) y la Fundación BBVA han concedido el Premio José Luis Rubio de Francia 2019 a María Ángeles García Ferrero, investigadora posdoctoral en el Instituto de Matemática Aplicada de la Universidad de Heidelberg (Alemania). García Ferrero realizó su doctorado en el Instituto de Ciencias Matemáticas bajo la supervisión de Alberto Enciso (ICMAT-CSIC), sobre las ecuaciones en derivadas parciales y, en concreto, sobre la ecuación del calor. El jurado ha destacado su capacidad de “probar algo realmente nuevo y general sobre un objeto simple y clásico como la ecuación del calor”.

La investigadora, quien ya [ganó en 2019 uno de los Premios Vicent Caselles RSME-FBBVA](#), es la segunda mujer en obtener el José Luis Rubio de Francia desde 2004, tras María Pe Pereira, también antigua doctoranda del ICMAT, y galardonada con este premio en 2012.

Con este reconocimiento, se “trata de reconocer y estimular la labor científica y las aportaciones de relevancia en el campo de las matemáticas” de investigadores e investigadoras de hasta 32 años, españoles o que hayan realizado su trabajo en España. Dotado con 3000 euros, el galardón conlleva además un *Start-up grant* de la Fundación BBVA de 35 000 euros para la investigación de la persona premiada en los siguientes tres años.

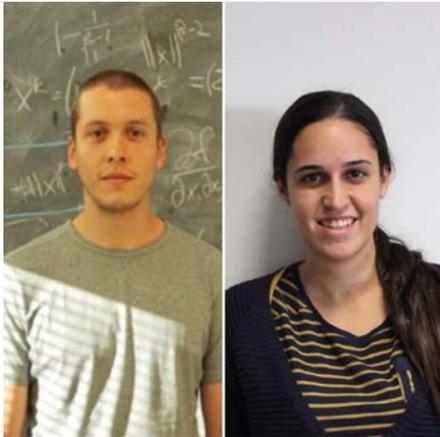


Imagen: María Ángeles García Ferrero

María Ángeles García Ferrero se convierte en la segunda mujer en ser reconocida con el Premio José Luis Rubio de Francia de la RSME y Fundación BBVA

Jezabel Curbelo Hernández y Rafael Granero Belinchón reciben el Premio SeMa Antonio Valle para jóvenes investigadores en el ámbito de la matemática aplicada

La Sociedad Española de Matemática Aplicada (SeMA) reconoce anualmente con sus Premios Antonio Valle la carrera de jóvenes investigadores cuyo trabajo se desarrolle en el campo de la matemática aplicada. Esta edición y por primera vez en los 22 años de historia del premio, dos investigadores comparten el reconocimiento: Jezabel Curbelo Hernández y Rafael Granero Belinchón. Ambos desarrollaron sus tesis doctorales en el ICMAT: Curbelo –profesora ayudante doctor en la Universidad Autónoma de Madrid y miembro del ICMAT–, bajo la dirección de Ana María Mancho (CSIC-ICMAT) en 2014, y Granero –profesor ayudante doctor en la Universidad de Cantabria–, con la supervisión de Diego Córdoba (CSIC-ICMAT) y Rafael Orive-Illera (UAM-ICMAT), en 2013. Además, los dos matemáticos han sido distinguidos con el Premio Vicent Caselles de la Real Sociedad Matemática Española y la Fundación BBVA.



Rafael Granero Belinchón y Jezabel Curbelo, Premios SeMa 2020

Imágenes: UC e ICMAT

Diego Alonso Orán, entre los ganadores del Premio Vicent Caselles de la RSME y la Fundación BBVA

Diego Alonso Orán, investigador posdoctoral en el Institute for Applied Mathematics de la Universidad de Bonn con una beca Alexander von Humboldt, es uno de los [seis premiados con el galardón Vicent Caselles](#) de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) y la Fundación BBVA de este año. Antes de ingresar en esta prestigiosa universidad europea, Diego ocupó un puesto posdoctoral en el ICMAT, donde también realizó su tesis bajo la dirección de Antonio Córdoba (ICMAT-Universidad Autónoma de Madrid). El trabajo de Diego se centra en el estudio de ecuaciones y modelos que provienen de la geofísica y la dinámica de fluidos, como la ecuación cuasi-geostrófica superficial. También ha realizado contribuciones en el área de ecuaciones en derivadas parciales estocásticas.

Junto a Diego, han recibido el galardón Alessandro Audrito (Universidad de Zürich); Rubén Campoy García (Universidad de Massachusetts Laval en Estados Unidos); María Cumplido Cabello (Universidad Heriot-Watt de Edinburgh); Ujué Etayo (Institute of Analysis and Number Theory en Graz, Austria) y Judit Muñoz Matute (BCAM).



Diego Alonso Orán

Imagen: ICMAT

Resultados

Algoritmos para evitar engaños a vehículos autónomos y detectar ‘fake news’

Hoy en día, numerosas aplicaciones se basan en la capacidad de los ordenadores para aprender de forma autónoma, pero este proceso puede conducir a errores e incluso incorporar sesgos ocultos. Aún más si se introducen adrede datos que confunden a la máquina. “Los algoritmos de aprendizaje automático pueden recibir ataques maliciosos que pongan en peligro su funcionamiento, simplemente enfrentándolos a tipos de datos frente a los que no estaban entrenados”, explica David Ríos Insua, director de la Cátedra AXA ICMAT de Análisis de Riesgos Adversarios. Él es el investigador principal de un nuevo proyecto sobre aprendizaje de máquina adversario que ha sido seleccionado en la convocatoria 2019 de Ayudas Fundación BBVA a Equipos de Investigación Científica en el área de Big Data.

El objetivo de la investigación es evitar situaciones como la provocada por un equipo de científicos que diseñó un estampado para ropa que impedía que quien lo llevase fuese detectado por un vehículo autónomo; y que, por tanto, no frenaría si se encontraran. Otro ejemplo más mediático fue el del artista que consiguió con un carrito repleto de móviles que Google Maps creyera erróneamente que se había producido un gran atasco en una calle desierta.

El nuevo proyecto hará frente a estos peligros desarrollando nuevos algoritmos robustos y fiables frente a posibles ataques desde otra perspectiva. El grupo liderado por Ríos, que incluye a 18 matemáticos e informáticos de una decena de instituciones españolas, estadounidenses, italianas y chinas, estudiará varios escenarios. Uno de ellos, la protección de algoritmos de conducción en vehículos autónomos frente ataques como el que se ha mencionado. “También trabajaremos en la detección de *software* malicioso y de fake news”, añade.



El miembro del ICMAT David Ríos es el investigador principal del proyecto sobre aprendizaje de máquina adversario seleccionado por la Fundación BBVA

Imagen: ICMAT

El ICMAT recibe dos becas Marie Curie

Las becas Marie Curie pretenden fomentar la movilidad de investigadores e investigadoras dentro de Europa. Los proyectos se conceden de manera conjunta a la institución de acogida y al investigador. En esta última convocatoria, el ICMAT ha obtenido dos de ellas, englobadas en sendas áreas de las matemáticas: la geometría algebraica y la dinámica hamiltoniana.

En primer lugar, Amna Shaddad, licenciada por el Imperial College London y doctora por la Universidad de Manchester, realizará un proyecto en dinámica hamiltoniana con aplicaciones a problemas de ingeniería, en particular, al movimiento de vehículos y a la robótica. Estudiará la aplicación momento, “una extensión de los conceptos de momento lineal y momento angular de la mecánica clásica a sistemas hamiltonianos que posean simetrías”, tal y como detallaba Manuel de León, investigador del Instituto y tutor del proyecto de Shaddad.

Por su parte, el investigador Alberto Navarro Garmendia, licenciado por la Universidad Complutense de Madrid y doctor por la misma universidad, investigará problemas de la teoría de motivos, un planteamiento relativamente moderno que propone estudiar la forma de los objetos a través de la geometría algebraica y aritmética. "Es un marco teórico que permanece en gran medida sin probar", explicaba José Ignacio Burgos, miembro del ICMAT que supervisará el trabajo de Navarro. "Sin embargo, ha dado importantes frutos, como los trabajos de Vladímir Voevodsky en la década de los 90 del siglo pasado, que le valieron la Medalla Fields en 2002", afirma. Dentro de la teoría de motivos, Navarro trabajará en el llamado teorema de Riemann-Roch y sus variantes enteras.

Actividades científicas

El experto en teoría de números Samir Siksek (Universidad de Warwick) imparte un coloquio UAM-ICMAT

Samir Siksek (Universidad de Warwick, Reino Unido), experto en teoría de números, impartió el coloquio UAM-ICMAT que tuvo lugar el viernes 7 de febrero en la Universidad Autónoma de Madrid. Su charla, titulada "Which numbers are sums of seven cubes?", trató sobre su resolución del problema de Waring/Jacobi.

En 1770, el matemático inglés Edward Waring conjeturó que todo número natural es la suma de, como máximo, nueve cubos (podrían ser menos cubos), y también, se puede escribir como 19 potencias cuartas. El problema de Waring establece, en general, que fijado un número natural k , es posible escribir todo número natural como la suma de s potencias k -ésimas positivas (donde s depende de k). El problema fue resuelto por David Hilbert en 1909 de forma afirmativa. Sin embargo, Hilbert dio una demostración teórica, pero no constructiva. Siksek demostró recientemente esta conjetura y presentó su resultado en el coloquio.



Imagen: Samir Siksek

Samir Siksek impartió el Coloquio UAM-ICMAT "Which numbers are sums of seven cubes?"

Expertos internacionales en matemáticas financieras debaten sobre gestión de crisis

El Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), junto con la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad Nacional de Educación a Distancia, acogió el congreso online "Virtual Workshop on Financial Mathematics and Stochastic Analysis" los días 22 y 23 de junio.

Entre los ponentes, destacó el austriaco Stephan Sturm (Instituto Politécnico de Worcester, EE. UU.), experto en métodos de evaluación de derivados financieros en mercados en los que hay periodos de crisis. Por su parte, Isabel Figuerola-Ferreti (Universidad Pontificia Comillas) habló en el congreso sobre el riesgo crediticio en el sector energético, enfocado a los precios del petróleo. Completaron el programa las charlas de Tomoyuki Ichiba (Departamento de Estadística y Probabilidad Aplicada, y en el Centro de Matemáticas Financieras e Investigación Actuarial y Matemáticas de la Facultad de Estudios Creativos de la Universidad de California, Santa Bárbara, EE. UU.) y Ionannis Paraskevopoulos (Bankia).

Según Mauricio Elizalde, investigador predoctoral en la UAM y organizador del evento junto a Carlos Escudero (UNED), "el principal reto de esta área de investigación es la flexibilización de los modelos y las hipótesis para adaptarlos a las situaciones cambiantes".

Abierta la inscripción a la Escuela JAE del ICMAT de iniciación a la investigación matemática

La inscripción a la Escuela JAE de Matemáticas 2020, que organiza el ICMAT, ya está abierta y puede realizarse a través de la [página web de la actividad](#). La escuela, que ofrecerá la oportunidad de que los asistentes se acojan a la modalidad presencial, si la situación sanitaria no lo impide, u *online*, acercará un año más a estudiantes de últimos cursos de grado y máster la investigación en matemáticas y sus aplicaciones.

A lo largo de dos semanas, del 1 al 11 de septiembre, habrá sesiones en las que se presentarán temáticas que suelen quedar fuera del currículum de grado y que son de interés en la investigación actual. Además, las personas participantes tendrán la oportunidad de interactuar con investigadores e investigadoras de alto nivel.



Imagen: ICMAT

Escuela JAE 2018

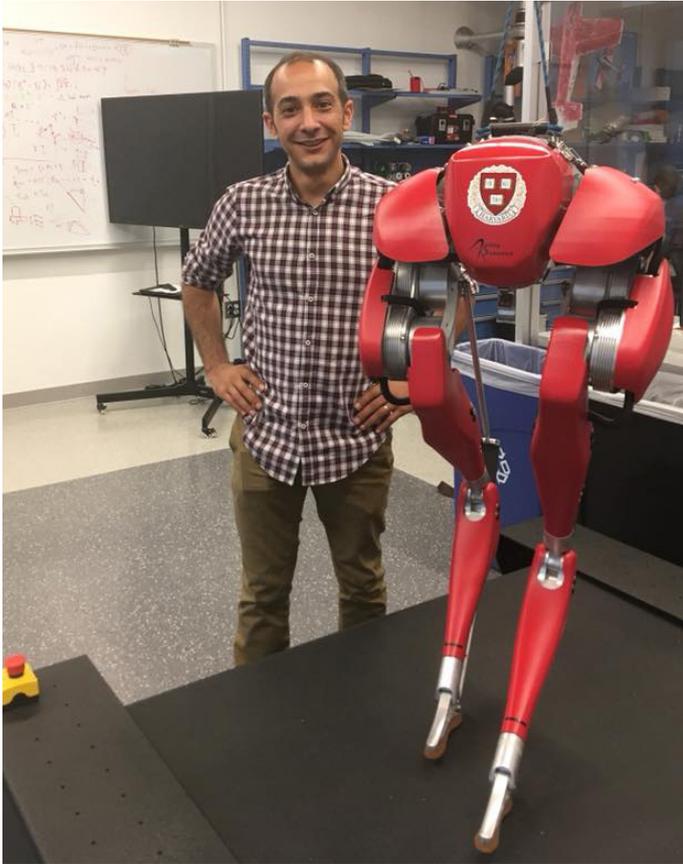
Divulgación

El investigador del ICMAT Leonardo Colombo participa en el concurso 'Somos Científicos y Científicas, ¡sácanos de aquí!'

Estudiantado de más de 50 centros educativos pudieron conocer, de primera mano, el trabajo que desarrollan investigadores de diversos campos. A través de un chat, lanzaron preguntas directas a los más de 30 profesionales que participaban en la última edición del concurso 'Somos Científicos y Científicas, ¡sácanos de aquí!', y que tuvo lugar del 4 al 15 de mayo de manera virtual. Entre ellos, estuvo Leonardo Colombo, miembro del ICMAT, que actualmente dirige un proyecto Junior Leader de la Fundación La Caixa sobre desarrollo de algoritmos para la coordinación de equipos de drones.

El investigador habló con los estudiantes de su trabajo con estos vehículos aéreos, objetos cada vez más familiares, pero cuyo funcionamiento sigue siendo desconocido para la mayoría. Entre otras cosas, las matemáticas permiten que el vehículo se mantenga estable, que se quede quieto en el aire, que siga las instrucciones del conductor y que distribuya la fuerza entre los motores para moverse. Hablando de todos estos temas, Colombo mostró los aspectos interdisciplinares de parte de la investigación que realiza en el ICMAT.

Imagen: Leonardo Colombo



Leonardo Colombo es investigador postdoctoral en el ICMAT, donde dirige un proyecto Junior Leader de la Fundación la Caixa

28 de junio, Día Internacional del Orgullo LGBTQI+

La Comisión de Género ICMAT, junto con los institutos del CSIC del Campus de Cantoblanco, se unió a la celebración del 28 de junio, Día Internacional del Orgullo LGBTQI+, reivindicando unas matemáticas diversas e inclusivas en diversos medios. En la web del ICMAT se publicó un [reportaje](#) en el que se destacaba el papel de varios investigadores e investigadoras del colectivo LGBTQI+.

Encuentros en directo a través de Instagram sobre la educación universitaria en matemáticas

En el mes de junio, el ICMAT organizó una serie de encuentros a través de su perfil de Instagram con jóvenes investigadores e investigadoras que compartieron su experiencia como estudiantes de Matemáticas. El miércoles 24 de junio, inauguró este ciclo Patricia Contreras Tejada (UCM-ICMAT), que fue presentada por Laura Moreno Iraola (ICMAT); el jueves 25 de junio, fue el turno de Emilio Franco (Universidad de Lisboa, Portugal), entrevistado por Ágata Timón (ICMAT); y el viernes 26 de junio, el de Álvaro del Pino (Universidad de Utrecht, Países Bajos), quien charló con David Martín de Diego (ICMAT).

Todos los directos contaron con una gran participación del público, que pudo lanzar sus preguntas y comentarios a los invitados. Los vídeos están disponibles en el perfil de Instagram del ICMAT (@icmat_)

La formación matemática, un reto de primer orden

El pasado jueves 2 de julio, el ICMAT organizó el encuentro “[El futuro de la educación matemática](#)”, en el que participaron los máximos responsables de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) y de la Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (FESPM): Francisco Marcellán y Onofre Monzó, respectivamente. “La formación matemática, no solo en el ámbito escolar sino también en el seno de la ciudadanía, es un reto de primer orden”, aseguraba Marcellán, presidente de la RSME y catedrático de la Universidad Carlos III de Madrid.

“En el ámbito escolar se presentan retos múltiples y diversos, los venimos arrastrando a lo largo de los años, y tienen que ver con el currículo y la metodología, la transición desde infantil hasta la universidad, el cambio social –que avanza más rápido que los cambios introducidos en la práctica educativa–, la globalización o el impacto tecnológico, entre otros”, añadía Monzó, presidente de la FESPM y catedrático de Matemáticas de Enseñanza Secundaria.

El debate estuvo moderado por José María Martell, director del ICMAT, y contó con la intervención de Javier Aramayona (ICMAT), quien expuso las conclusiones y puntos abordados en la discusión. El vídeo de la actividad, que contó en directo con 130 asistentes muy activos en el chat habilitado durante la retransmisión, está disponible en el [canal de YouTube del ICMAT](#).



Francisco Marcellán y Onofre Monzó fueron los participantes del debate “El futuro de la educación matemática”

Imágenes: RSME y Onofre Monzó

Estreno de la segunda temporada de la serie divulgativa ‘Revoluciones Matemáticas’

‘Revoluciones Matemáticas’ es una serie de animación que busca mostrar personas y momentos clave de la historia de la disciplina, en los que se rompió el paradigma establecido, con importantes consecuencias para toda la sociedad. En su segunda temporada el proyecto se incluye en Ciudad Ciencia, un programa de divulgación científica en el entorno local coordinado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

Esta nueva entrega consta de cuatro capítulos de unos dos minutos protagonizados por Emmy Noether, Leonhard Euler, Ada Lovelace y Henri Poincaré. Ya están [disponibles en el canal de YouTube del ICMAT](#), creador de la iniciativa junto con Divermates.

Además, como complemento a cada uno de los episodios, se propone un [taller de matemática recreativa](#), en el que se trata con mayor profundidad algunos de los conceptos presentados en la serie. El objetivo es llegar a profesorado y estudiantes de Matemáticas para que puedan apreciar la disciplina con otros ojos.

En esta temporada se ha modificado el diseño de la serie, optando por una animación tipo collage de la que se ha encargado la empresa Beyond.

Imagen: Beyond



Protagonistas de la segunda temporada de "Revoluciones Matemáticas"

**El ICMAT se suma a las actividades del 11 de febrero,
Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia 2020**

Con motivo de la celebración del 11 de febrero, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, el ICMAT acogió ese mismo día la charla-taller "Mujeres matemáticas", impartida por Ana Bravo (profesora de la UAM, miembro del ICMAT y presidenta de la Comisión de Género del ICMAT), en la que se presentó el trabajo de mujeres matemáticas en los campos de la aritmética y la geometría. Asistieron 30 estudiantes de 4º de ESO del IES Juan de Herrera de San Lorenzo del Escorial (Madrid).

Además, el ICMAT participó, junto a otros centros del CSIC del Campus de Cantoblanco, en el Escape Road: "A la búsqueda de las científica Nobel y no Nobel", organizado del 3 al 14 de febrero en las Facultades de Biología y de Ciencias.



Imagen: ICMAT

Ana Bravo, durante el taller del pasado 11 de febrero en el ICMAT

ICMAT
INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

ESCUELA JAE DE MATEMÁTICAS 2020

Instituto de Ciencias Matemáticas, Madrid
1 - 11 de septiembre de 2020

Para estudiantes de grado y máster interesados en conocer de cerca la investigación matemática



Programa

Semana 1 Roots of random polynomials Joaquim Ortega Cerdà (UB) El teorema $p^a q^b$ de Burnside Carolina Vallejo (ICMAT - UAM)	Semana 2 Coarse geometry, groups and operator algebras Fernando Lledó (ICMAT - UC3M) Homotopia de espacios de encajes Francisco Presas (ICMAT - CSIC) Knots and braids Marithania Silvero (UHU)
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Organizan: Luis Hernández (UPM) y Daniel Seco (ICMAT-UC3M)

Más información y registro en icmat.es/es/actividades/escuela-jae/programa2020/



Boletín semestral Instituto de Ciencias Matemáticas N.20 – Segundo semestre 2020

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

Comité editorial:
Alberto Enciso
Daniel Peralta-Salas
Ágata Timón García-Longoria
José María Martell

Coordinación:
Ignacio F. Bayo
Laura Moreno Iraola
Ágata Timón García-Longoria

Diseño:
Fábrica de Chocolate

Maquetación:
Equipo globalCOMUNICA

Traducción:
Jeff Palmer

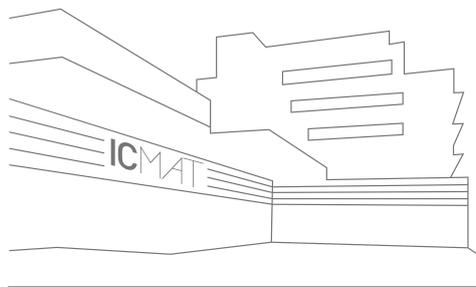
Redacción:
Ignacio Fernández Bayo
Nuria Chamorro Díaz
Laura Moreno Iraola
Elvira del Pozo Campos
Ágata Timón García-Longoria

Creative Commons



ICMAT

INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS



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

www.icmat.es

