

*Boletín* electrónico de la SEMA  
Número 28, octubre 2021



Boletín electrónico de la SEMA – Número 28, octubre 2021  
ISSN 2659-4129

© Sociedad Española de Matemática Aplicada – SEMA

© De los autores

**S $\vec{e}$ MA** Sociedad Española  
de Matemática Aplicada

<https://www.sema.org.es/>

*Diseño de la portada: FOG.*

*Imagen: Detalle de alicatado (s. XVI) de la galería norte del claustro de los Muertos, **Enclave Monumental de San Isidoro del Campo**, Santiponce, Sevilla. El motivo de un azulejo es repetido en sus cuatro giros, generando esta vistosa disposición con varias simetrías. Esta simetría solo se rompe por el uso de distintos colores en algunos azulejos. Foto de FOG.*

# *Boletín* electrónico de la SEMA

## Número 28, octubre 2021

### Índice

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Editorial                                                                                                                | 3  |
| Palabras del presidente                                                                                                  | 5  |
| 1 <i>Marzo, mes de las Matemáticas: La apuesta por la divulgación matemática cooperativa</i>                             | 7  |
| 1.1 Exposición «Matemáticas para un mundo mejor»                                                                         | 8  |
| 1.2 ¿Una exposición de Matemáticas?                                                                                      | 8  |
| 1.3 Público al que se dirige                                                                                             | 9  |
| 1.4 Contenidos                                                                                                           | 9  |
| 1.5 Una exposición virtual                                                                                               | 10 |
| 1.6 Los autores                                                                                                          | 10 |
| 1.7 Tarjetas matemáticas                                                                                                 | 12 |
| 1.8 Tarjetas Matemáticas + Literatura                                                                                    | 12 |
| 1.9 Tarjetas Pasatiempos matemáticos                                                                                     | 14 |
| 1.10 Tarjetas ¿Sabías que?                                                                                               | 15 |
| 1.11 Papiroflexia                                                                                                        | 16 |
| 1.12 Talleres de papiroflexia matemática                                                                                 | 17 |
| 1.13 Papiroproblemas                                                                                                     | 17 |
| 1.14 Material 3D y MathCityMap                                                                                           | 18 |
| 1.15 Escape Rooms                                                                                                        | 19 |
| 1.16 Sostenibilidad y matemáticas                                                                                        | 20 |
| 1.16.1 Consumo de agua                                                                                                   | 20 |
| 1.16.2 Tratamiento de residuos                                                                                           | 21 |
| 1.17 Exposición de fotografía y concurso escolar                                                                         | 22 |
| 1.18 Conferencias, monólogos y talleres                                                                                  | 23 |
| 2 Artículo de la Comisión Científica de la RSME sobre el factor de impacto de las revistas en los procesos de evaluación | 24 |
| 3 XXVI CEDYA / XVI CMA Gijón                                                                                             | 25 |

|          |                                                                                                                           |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b> | <b>XIX Escuela Hispano-Francesa Jacques-Louis Lions sobre Simulación Numérica en Física e Ingeniería</b>                  | <b>28</b> |
| <b>5</b> | <b>Obituario: Ireneo Peral Alonso <sup>1</sup></b>                                                                        | <b>31</b> |
| 5.1      | Estelas en el mar: recordando a Ireneo Peral (1946–2021) . .                                                              | 31        |
| 5.2      | Ireneo Peral y el renacer de las matemáticas en España . . .                                                              | 46        |
| 5.3      | Ireneo Peral en la memoria . . . . .                                                                                      | 49        |
| 5.4      | «Per Ireneo» . . . . .                                                                                                    | 50        |
| 5.5      | Ireneo Peral: mi hermano mayor . . . . .                                                                                  | 51        |
| <b>6</b> | <b>Anuncios</b>                                                                                                           | <b>54</b> |
| 6.1      | Journée scientifique du groupe SMAI-SIGMA, Mardi 19 Octobre 2021 . . . . .                                                | 54        |
| 6.2      | New Bridges between Mathematics and Data Science . . . .                                                                  | 55        |
| 6.3      | Non-Linear Analysis and Control Theory . . . . .                                                                          | 56        |
| 6.4      | Four full professorships - Open topic in Data Science . . . .                                                             | 57        |
| 6.5      | 27th Edition of the International Conference on Transport Theory . . . . .                                                | 58        |
| 6.6      | Actividades del Instituto de Matemáticas de la Universidad de Sevilla, IMUS . . . . .                                     | 59        |
| 6.7      | Basque Center for Applied Mathematics: Severo Ochoa Course program . . . . .                                              | 60        |
| 6.7.1    | Course 1 . . . . .                                                                                                        | 60        |
| 6.7.2    | Course 2 . . . . .                                                                                                        | 60        |
| 6.7.3    | Course 3 . . . . .                                                                                                        | 60        |
| 6.8      | Nuevo volumen de la serie SEMA-SIMAI: <i>Lecture Notes of the XVIII Jacques-Louis Lions Spanish-French School</i> . . . . | 61        |
| <b>7</b> | <b>SEMA <i>Journal</i></b>                                                                                                | <b>62</b> |
| <b>8</b> | <b>Socios institucionales</b>                                                                                             | <b>63</b> |





## Editorial

Estimados socios, tras el descanso estival y el arranque del nuevo curso académico, ponemos a vuestra disposición este nuevo número del Boletín electrónico de la SEMA.

Los contenidos comienzan con un muy interesante artículo sobre la iniciativa *Marzo, mes de las Matemáticas: La apuesta por la divulgación matemática cooperativa* un trabajo coordinado por la profesora Edith Padrón Fernández desde la Universidad de La Laguna, con la participación de profesores de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, la Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas, la Universidad de La Rioja, y la Universidad de Santiago de Compostela.

La siguiente sección incluye una breve nota que hace referencia al artículo *El factor de impacto de las revistas en los procesos de evaluación*, recientemente publicado por la Comisión Científica de la Real Sociedad Matemática Española (RSME).

Como fue anunciado en el número anterior de esta publicación, se ha dedicado una sección in memoriam a la figura del profesor Ireneo Peral Alonso, fallecido el 16 de febrero de este año. Esta sección, integrada por varios artículos, ha sido elaborada por compañeros, amigos y colaboradores de Ireneo, incluyendo a su hermano Juan Carlos, que han deseado así contribuir a este sentido homenaje. El artículo será publicado de forma simultánea en La Gaceta de la RSME. Desde estas líneas, deseamos agradecer a los firmantes de estos artículos in memoriam y a la RSME, en nombre de su presidente y editores de La Gaceta, por compartir estas líneas en homenaje al profesor Ireneo Peral con nuestro Boletín.

Los distintos acontecimientos vinculados con la pandemia covid-19 han influido en los momentos de la celebración de los dos eventos principales que

organiza la SEMA: el CEDYA/CMA y la EHF. De este modo, ha dado la casualidad de que estos dos eventos han tenido lugar el mismo año, en el pasado verano de 2021. Desde la Universidad de Oviedo, el profesor Mariano Mateos Alberdi, miembro del comité organizador del XXVI CEDYA/XVI CMA, nos ha enviado una breve crónica de esta edición del congreso celebrado en Gijón del 14 al 18 de junio. Por su parte, el comité organizador de la XIX EHF también nos ha remitido una reseña de este evento celebrado en la ETSI de Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid.

Asimismo, se anuncian diversas actividades científicas, convocatorias de plazas y la publicación del libro *Lecture Notes of the XVIII Jacques-Louis Lions Spanish-French School*, que es el volumen 24 de la serie SEMA-SIMAI.

No podemos terminar nuestro comentario editorial sin manifestar nuestro agradecimiento a todos los autores, miembros del comité editorial y colaboradores de la edición web que han contribuido de una u otra forma a la elaboración de este Boletín.

¡Buena suerte a todos!

Francisco Ortegón Gallego  
José Rafael Rodríguez Galván

Puerto Real, 8 de octubre de 2021

## Palabras del presidente

Estimados colegas:

Aunque el año 2021 comenzó con una gran incertidumbre debido a la evolución de la pandemia de covid-19 y la situación se complicó durante el verano, hemos arrancado este nuevo curso académico con el horizonte más despejado.

A pesar de todas las dificultades que todos hemos vivido, la Sociedad ha seguido trabajando, gestionando las diferentes convocatorias de los premios SEMA «Antonio Valle» al joven investigador y al mejor artículo de SEMA *Journal*. También colaborando con los organizadores del CEDYA/CMA 2020 que se celebró en Gijón el pasado mes de junio y la XIX Escuela Hispano-Francesa Jacques-Louis Lions sobre Simulación Numérica en Física e Ingeniería, celebrada en la ETSI Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid a finales de agosto. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los compañeros de sendos comités organizadores por todo el buen trabajo realizado, que han hecho posible que ambos eventos se hayan podido celebrar exitosamente en formato híbrido y con un buen número de participantes de forma presencial.

Durante este ejercicio tenemos nuevos retos, como la organización de CEDYA/CMA 2022 que se celebrará el próximo mes de julio en Zaragoza, o la mejora de nuestra web y el espacio privado de socios en la misma, de





forma que nuestra web y nuestra presencia en las redes sociales sea más efectiva y pueda prestar un mejor servicio a todos nosotros.

Nuestra Sociedad quiere servir de altavoz para todos los eventos relevantes relacionados con la Matemática Aplicada e Industrial que se organicen en España. Desde aquí os animo a que nos transmitáis toda la información que estiméis oportuna para difundirla entre nuestros socios. Es nuestra intención destinar una parte de nuestro presupuesto al mecenazgo de estos eventos, en la medida de nuestras posibilidades económicas.

Os deseo un fructífero año académico. Un cordial saludo,

Manuel Jesús Castro Díaz  
Presidente de la SEMA

Málaga, 7 de octubre de 2021

## 1 *Marzo, mes de las Matemáticas: La apuesta por la divulgación matemática cooperativa*

Pedro Alegría Ezquerro<sup>1</sup>, Raúl Ibáñez Torres<sup>1</sup>,  
Edith Padrón Fernández<sup>2</sup>, Antonio Pérez Sanz<sup>3</sup>,  
Juan Miguel Ribera Puchades<sup>4</sup>, José Ignacio Royo Prieto<sup>1</sup> y  
María Elena Vázquez Abal<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,

<sup>2</sup>Universidad de La Laguna,

<sup>3</sup>Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas,

<sup>4</sup>Universidad de La Rioja,

<sup>5</sup>Universidad de Santiago de Compostela

---

*A las personas e instituciones que  
hicieron posible este precioso proyecto*

Este año y medio de pandemia nos ha puesto a prueba a muchas personas, y aunque a veces solo señalamos lo malo, innumerables han sido las respuestas colectivas en positivo que hemos desplegado. Porque colaborar no solo supone sumar sino que multiplicas y a veces consigues un crecimiento exponencial. Esto lo sabemos gran parte de los divulgadores y divulgadoras de las matemáticas de este país y eso fue lo que motivó la creación de la Red *DiMa* en el año 2018. En ese momento comenzamos a andar con unas jornadas fundacionales y posteriormente con una primera escuela de formación en Castro Urdiales.

A finales de 2019, casi de sopetón, nos llegó la información de la celebración del primer *Día Internacional de las Matemáticas*: en su 40.<sup>a</sup> Conferencia General, la UNESCO proclamó el 14 de marzo (antiguo día de Pi) como el *Día Internacional de las Matemáticas*, a propuesta de la Unión Matemática Internacional (IMU). Casi sin tiempo para reaccionar, pensamos en incorporar las actividades que teníamos programadas para el día de Pi. Pero como si el destino nos estuviera diciendo que no era suficiente, llegó el confinamiento y la mayoría de ellas se tuvieron que cancelar. La celebración se posponía para 2021.

Unos meses antes habíamos pensado que debíamos organizar «una buena» para esta celebración, capaz de llegar a todos los medios, sin circunscribirlo solo a ese día y realizar actividades durante todo el mes de marzo. Para ello necesitábamos tiempo. Era necesario contar con la complicidad de muchas personas. Solo así podríamos dar un gran impulso a esta festividad en beneficio de futuras celebraciones. Montamos un proyecto que titulamos *Marzo, mes de las matemáticas* (#marzomates) pensado para la celebración de 2021. Pedimos cofinanciación a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y a las principales sociedades matemáticas de nuestro país, entre ellas SeMA. Una y otras acogieron muy favorablemente la propuesta y allí estábamos, a finales de 2019, casi un centenar de divulgadores y divulgadoras preparados para hacer una buena propuesta para el mes de marzo de 2021. Y de repente llegó la pandemia. Quedamos paralizados, sin saber qué hacer,... pero solo un instante. Las personas que trabajamos en el ámbito de la divulgación estamos acostumbradas a ser eficientes y muy operativas. Así que empezamos a reunirnos de forma online y a organizarnos en red: elegimos algunas personas para

coordinar parcelas del trabajo con el fin de generar material y diseñar actividades que facilitaran la celebración de las *Matemáticas para un mundo mejor* (ese era el lema del *Día Internacional de las Matemáticas* 2021). Todo el material elaborado iba a estar disponible para descargar libremente desde inicios del mes de marzo de 2021, pero el despliegue de actividades se desarrollaría entre diciembre de 2020 y septiembre de 2021. Esta ampliación de plazo está justificada por dos razones: durante el mes de marzo nos íbamos a encontrar con la imposibilidad de organizar eventos presenciales en algunas comunidades por razones de seguridad sanitaria y, por otra parte, los tiempos en actividades online no son los mismos que en presenciales.

A mí me ha tocado coordinar el proyecto y he de reconocer que ha sido un trabajo agotador, con momentos de no saber si seríamos capaces de desarrollar todas nuestras expectativas. Pero ahora que estamos terminándolo en este mes de septiembre, al mirar hacia atrás, me doy cuenta del empeño, cariño y profesionalidad que ha puesto cada persona de las que han participado en el proyecto, que no son pocas. Hemos construido mucho material e ideado diversas actividades en menos de un año, materiales que han sido compartidos por muchas instituciones en nuestro país, poniendo en valor las matemáticas en la búsqueda de un mundo mejor.

A continuación cada uno de los responsables de materiales y actividades del proyecto detallarán los logros conseguidos en el desarrollo del mismo. Juzguen ustedes si no es increíble todo lo que hemos conseguido en este año tan peculiar.

*Edith Padrón Fernández*  
*Coordinadora del proyecto*

## 1.1 Exposición «Matemáticas para un mundo mejor»



**Figura 1:** Cartel de la exposición

Desde Galileo, y mucho antes también, las matemáticas sirven para entender el mundo que nos rodea, el mundo físico, pero también el económico, el social, el sanitario, el de las comunicaciones, el artístico, el de la información. . . Pero también son una herramienta imprescindible para transformar y mejorar nuestra realidad, para hacer de nuestro mundo un mundo mejor. Y como decía Felipe Mellizo, un mundo feliz. De ahí el título de la exposición que coincide con el lema del *Día Internacional de las Matemáticas*.

## 1.2 ¿Una exposición de Matemáticas?

Las exposiciones de Madrid del ICM-2006 demostraron ser una forma atractiva de divulgación matemática dirigida a un público de todas las edades y sin conocimientos profundos de esta ciencia. La belleza de las imágenes, el atractivo de las actividades para interactuar y los textos sugerentes y sorprendentes por su contenido, además de captar la atención de un público

muy amplio permiten hacer aflorar los contenidos matemáticos que hay detrás.

Cuando la Red DiMa decidió acometer el proyecto *Marzo, mes de las Matemáticas*, una de las propuestas centrales fue la de crear una exposición de carácter divulgativo que se pudiese visitar de forma presencial en una decena de ciudades españolas simultáneamente a lo largo del mes de marzo de 2021. Pensábamos que el covid habría remitido para entonces y que sería posible la afluencia de un numeroso público en locales cerrados.

Y ese fue el planteamiento inicial de esta exposición. Otro objetivo era dotar a los contenidos de la exposición de un alto nivel de interactividad mediante actividades informáticas, manipulativas, juegos, retos, etc. Otra vez la pandemia nos hizo reducir las actividades a aplicaciones digitales en línea accesibles mediante códigos QR y ejecutables desde cualquier soporte informático.

### 1.3 Público al que se dirige

Es una exposición para todos los públicos. Está dirigida a un público muy amplio, no hay que ser un especialista en matemáticas para disfrutar de su contenido. Sus destinatarios: jóvenes y menos jóvenes, estudiantes, familias completas, profesionales y aficionados a las matemáticas. En su origen nuestro proyecto incluía organizar visitas de grupos de estudiantes de secundaria acompañados por sus respectivos profesores en las distintas sedes físicas, por desgracia la pandemia lo ha impedido. De cualquier forma, desde marzo hasta julio la exposición ha visitado 7 ciudades: Valladolid, Ponferrada, Logroño, Zaragoza, Huesca, La Laguna y Madrid. En el mes de septiembre se expondrá en Santiago de Compostela, Sevilla y Barcelona.



**Figura 2:** Exposición en el Museo de la Ciencia de Valladolid

En todas ellas hemos querido atraer a los que aman las matemáticas y también a los que las odian. Todos, incluidos estos últimos, han tenido ocasión de descubrir el rostro sorprendente, atractivo y amable de las matemáticas en nuestra vida.

### 1.4 Contenidos

La exposición consta de diez núcleos temáticos que abarcan los campos más dispares. Se presenta en dos formatos, presencial y virtual a través de internet. No es una exposición pasiva, es para ver las matemáticas a nuestro alrededor, pero también para sentirlas, tocarlas, jugar y disfrutar con ellas y sobre todo... para sorprendernos.

Cada núcleo consta tres paneles. En cada núcleo se exponen ideas matemáticas relacionadas con él y un poco de su historia pero también las aplicaciones a la vida real inmediata de esas ideas. El visitante, físico o virtual, puede acercarse a los contenidos y profundizar en ellos de forma interactiva a través de aplicaciones digitales.

En cada panel se incluyen **aplicaciones informáticas interactivas**, 140 en total, realizadas con *GeoGebra*, a las que se puede acceder desde el mismo panel a través de códigos QR y que funcionan en los distintos soportes informáticos: teléfonos móviles, tabletas y ordenadores y que pueden ser proyectados en pantallas o pizarras digitales.

## 1.5 Una exposición virtual

Como los matemáticos somos previsores, por si el covid nos lo ponía difícil para poder disfrutar la exposición de forma presencial, además de ampliar el periodo de las exposiciones hasta septiembre, hemos creado una versión digital, accesible a través de internet, ampliada tanto en los contenidos como en las aplicaciones informáticas. Esta exposición digital incluye los PDF de los paneles de la exposición presencial, lo que facilita que se pueda reproducir en distintos centros educativos o culturales.

En la exposición en internet el público puede disfrutar desde su propio domicilio de los mismos contenidos, los profesores podrán utilizarla en el aula con sus alumnos y los amantes de las matemáticas podrán reafirmarse en la belleza y armonía del universo matemático. De forma presencial o a través de la red nadie tendrá ningún pretexto para dejar de disfrutar y sorprenderse con las matemáticas. Además, hemos incorporado audios con los contenidos de los paneles para las personas invidentes.

## 1.6 Los autores

Cuando Edith Padrón y Raúl Ibáñez me propusieron coordinar la exposición, tuve claro que esta debería ser una tarea colectiva que implicase a matemáticos, matemáticas, divulgadores y divulgadoras de distintos perfiles académicos y de investigación. Me lancé a lo que pensaba sería un trabajo complejo, coordinar y poner de acuerdo a un equipo de elaboración de contenidos de unas 10 o 12 personas, más otro equipo de expertos en *GeoGebra*, otras 10 personas, para realizar las aplicaciones informáticas asociadas a los distintos contenidos. Pero todas las personas contactadas me brindaron su apoyo, sus ideas y su tiempo con una generosidad digna de aplauso. Desde la selección de los núcleos temáticos hasta la estructura de la exposición, el formato de los paneles y las aplicaciones asociadas, todo fue consensuado de una forma rápida y operativa. Los plazos eran muy cortos, teníamos tres meses, y el trabajo bastante amplio. Las reuniones virtuales y las plataformas de comunicación e intercambio de materiales obraron el milagro. Milagro que se vio rematado por el excelente trabajo del equipo de maquetación y diseño de La Laguna, supervisado muy de cerca por Edith Padrón. Los autores de los distintos murales se detallan en el cuadro que figura a continuación.

De forma presencial o a través de la red nadie tendrá ningún pretexto para dejar de disfrutar y sorprenderse con el maravilloso universo de las matemáticas.

*Antonio Pérez Sanz*

*Comisario-coordinador de la exposición*

## Números naturales: de contar a encriptar información



**Texto:**  
Manuel de León  
**Aplicaciones interactivas:**  
José Luis Álvarez García,  
Javier Cayetano Rodríguez

## Viajando sobre curvas y superficies



**Texto:**  
Daniel Ramos  
**Aplicaciones interactivas:**  
Bernat Ancochea,  
José Manuel Arranz, José Muñoz,  
Débora Pereiro, José Luis Muñoz

## Fractales, la geometría del Caos



**Texto:**  
Antonio Pérez Sanz  
**Aplicaciones interactivas:**  
Manuel Sada Allo,  
Rafael Losada Liste

## Estadística y mucho más: Matemáticas frente al Covid-19



**Texto:**  
Fernando Corbalán, Gerardo Sanz  
Santiago García Cremades  
**Aplicaciones interactivas:**  
Manuel Sada

## Redes y grafos: las comunicaciones y la logística



**Texto:**  
Rafael Losada Liste  
**Aplicaciones interactivas:**  
Rafael Losada Liste,  
José Antonio Mora Sánchez

## Matemáticas y belleza



**Texto:**  
Antonio J. Durán  
**Aplicaciones interactivas:**  
José Antonio Mora, Débora Pereiro,  
Rafael Losada, Luis Muñoz,  
José Manuel Arranz

## Matemáticas de las ciudades



**Texto:**  
Agustín Carrillo de Albornoz,  
Onofre Monzó, José María Sorando  
**Aplicaciones interactivas:**  
José Luis Muñoz Casado

## Matemáticas y juegos



**Texto:**  
Guido Ramellini  
**Aplicaciones interactivas:**  
Rafael Losada Liste,  
José Muñoz Santonja

## Arte y matemáticas



**Texto:**  
José Antonio Mora Sánchez  
**Aplicaciones interactivas:**  
Bernat Ancochea,  
José Muñoz, José Luis Muñoz,  
José Aurelio Pina, José Antonio Mora

## Big data e Inteligencia Artificial: el poder de los algoritmos



**Texto:**  
David Ríos  
**Selección de aplicaciones:**  
Daniel Ramos

## 1.7 Tarjetas matemáticas

La actividad que denominamos *tarjetas matemáticas* cuando se diseñó el proyecto *Marzo, Mes de las Matemáticas* tenía como objetivo la creación de una serie de materiales que podrían utilizarse como tarjetas para repartir, carteles para colocar en paredes o transporte público, paneles expositivos o material digital para compartir en redes sociales u otros destinos, todo ello en función de las ideas que se desarrollasen en cada nodo del proyecto, además de incluir copias en formato pdf en la página web del proyecto para que fuese, y sea, utilizado por quien lo desee.

Con el objetivo de desarrollar el material base de esta actividad se creó una comisión formada por miembros de los diferentes nodos del proyecto. En esta comisión estábamos las siguientes personas: Marithania Silvero (Andalucía), José Muñoz Santoja (Andalucía), Julio Bernués (Aragón), Ignacio García (Canarias), Diego Alonso Santamaría (Castilla y León), Claudi Alsina (Cataluña), Dolores Gómez (Galicia), Pedro Alegría (responsable, País Vasco), Raúl Ibáñez (responsable, País Vasco), Alberto Magreñán (Rioja), Lara Orcos (Rioja), Manuel de León (Madrid), Alejandro Miralles (Valencia). A todas ellas queremos agradecerles su colaboración y el magnífico trabajo que han realizado.

Desde el momento inicial se pensó en tres tipos de tarjetas para esta actividad, unas relacionadas con la literatura, otras con los problemas de ingenio y otras que incluyesen aplicaciones actuales de las matemáticas. Y cada tipo debía contar con al menos 15 diseños diferentes. La diseñadora canaria Carla Garrido se encargó del diseño de las tarjetas. Se realizaron versiones en castellano, euskera y gallego.

## 1.8 Tarjetas Matemáticas + Literatura

En el primer tipo de tarjetas matemáticas, que decidimos denominar *Matemáticas + Literatura*, se trataba de incluir en cada tarjeta una cita de una novela contemporánea en la que aparecieran reflejadas, de alguna forma, las matemáticas. Por ejemplo, en la siguiente imagen se muestra la tarjeta que lleva el título *Las matemáticas ¿se inventan o se descubren?* cuyo texto hemos extraído de la novela *La fórmula preferida del profesor*, de la escritora japonesa Yoko Ogawa. La cita es la siguiente:

—¿Qué especialidad de las matemáticas investigó usted en la universidad? —le pregunté, con la intención de hablar sobre algo relacionado con las matemáticas, en señal de agradecimiento por haber atendido a mi ruego y salido a la calle.

—Es un campo que suele llamarse la reina de las matemáticas —me comentó, después de un ruidoso trago de café—. Es tan hermoso como una reina, noble y al mismo tiempo cruel como un demonio. Es fácil de explicar en pocas palabras, pues son los números enteros que todo el mundo conoce. Estaba investigando la relación de los números 1, 2, 3, 4, 5, 6...

No esperaba que el profesor utilizara una palabra como «reina», que parecía salida de un cuento. Se oía el ruido de una pelota de tenis botando a lo lejos [...].

—¿Así que está usted descubriendo esa relación?

—Efectivamente, es un descubrimiento. No es una invención. Es como excavar y sacar de debajo de la tierra teoremas que ya existían mucho antes de que naciera, sin que nadie haya detectado su existencia. Es como transcribir línea tras línea una verdad que solo está escrita en el cuaderno de Dios. Nadie sabe dónde está ese cuaderno ni cuándo se abre.



Al decir «teoremas que ya existían...», señaló el punto en el espacio que siempre fijaba cuando estaba «pensando».



**Figura 3:** Matemáticas + Literatura. Tarjeta *Las matemáticas ¿se inventan o se descubren?*

Además, en la otra cara de la tarjeta se incluía una sencilla caricatura, y una breve reseña, sobre el escritor o escritora.



**Figura 4:** Librería en Bilbao con las tarjetas

Se diseñaron veinte tarjetas que incluían citas de novelas de Haruki Murakami, Jacqueline Kelly, Guillermo Martínez, Yannick Granec, Umberto Eco, Rosa Montero, Jonas Jonasson, Hanya Yanagihara, Ken Follet, Matilde Asensi o Amin Maalouf, entre otros. Todas estas tarjetas pueden encontrarse, y descargarse si así se desea, en la [página del proyecto Marzo, Mes de las Matemáticas](#).

Este es un material, al igual que los otros dos que comentaremos a continuación, creado para utilizar en diferentes formatos y lugares. Como tarjetas se repartieron en librerías (por ejemplo, en algunas librerías de Bilbao, como la Librería Cámara, la Librería Louise Michel o la Librería Anti, entre otras) y en tiendas (como en la tienda de ropa Serie B de Bilbao), en bibliotecas públicas y centros culturales (se repartieron tarjetas en distintas bibliotecas de España, en algunas de las cuales se colocaron además carteles expositivos). Otra de las ideas a la hora de crear este material es que fuesen utilizadas como carteles que se

podían colocar en medios de transporte, ya fuese en el propio medio de transporte, en las instalaciones relacionadas o en las pantallas informativas en versión digital; y son ideales como pósteres para una exposición, ya sea en un centro escolar o un centro cultural; o para todo lo que se nos pueda ocurrir, el límite es nuestra imaginación.

## 1.9 Tarjetas Pasatiempos matemáticos

En el segundo tipo de tarjetas matemáticas, que denominados *Pasatiempos matemáticos*, se trataba de incluir problemas de ingenio de diferentes dificultades. En una de las caras de la tarjeta se incluía el enunciado del pasatiempo matemático, acompañado de una ilustración, mientras que en la otra cara se añadía información relacionada con el mismo. Por ejemplo, en las siguientes imágenes vemos un problema de ingenio cuyo título es *Aquí hay gato encerrado*.



Figura 5: Pasatiempos matemáticos. Tarjeta *Aquí hay gato encerrado*

El enunciado del problema *Aquí hay gato encerrado*, es el siguiente:

*Hay 5 cajas numeradas del 1 al 5. Cada noche el gato duerme en una caja adyacente a la de la noche anterior. Cada mañana puedes abrir una caja y mirar si el gato está dentro. ¿Cuántos días necesitas para asegurarte de encontrar al gato?*

Y el comentario que aparece en la otra cara es:

*Este pasatiempo pertenece a la familia de problemas de tipo persecución-evasión (como el juego policías y ladrones), que son aquellos en los cuales un grupo –en este caso quien juega– intenta localizar a los miembros de otro grupo –el gato– en un entorno cerrado –las cinco cajas–. El rompecabezas fue presentado en 1999 por dos matemáticos rusos en el entorno de las olimpiadas matemáticas, aunque el estudio matemático de los problemas persecución-evasión se remonta a la década de 1970. En 2014 este pasatiempo se hizo famoso a raíz de su aparición, en una versión más general, en el periódico New York Times.*



**Figura 6:** Pasatiempos matemáticos en las pantallas del transporte público de Tenerife.

Las diecinueve tarjetas pertenecientes a la clase *Pasatiempos matemáticos* (figura 6) pueden encontrarse también en la [página del proyecto Marzo, Mes de las Matemáticas](#), así como las soluciones a los diferentes pasatiempos.

De nuevo, este material se puede utilizar en diferentes formatos. Por ejemplo, en Bilbao las repartimos en algunos bares, librerías y comercios, en Tenerife se estuvieron mostrando en las pantallas del transporte público, o en La Rioja se hicieron cuadernillos y carteles expositivos para centros escolares y bibliotecas. . . .

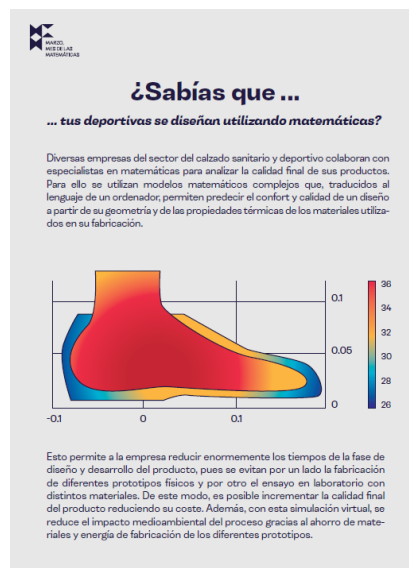
### 1.10 Tarjetas ¿Sabías que?

El tercer tipo de tarjetas es el denominado *¿Sabías que?*, que recogía aplicaciones de las matemáticas. Por ejemplo, en la siguiente imagen nos preguntamos *¿Sabías que . . . tus deportivas se diseñan utilizando matemáticas?*

El texto de esta tarjeta es el siguiente:

*Diversas empresas del sector del calzado sanitario y deportivo colaboran con especialistas en matemáticas para analizar la calidad final de sus productos. Para ello se utilizan modelos matemáticos complejos que traducidos al lenguaje de un ordenador permiten predecir el confort y calidad de un diseño a partir de su geometría y de las propiedades térmicas de los materiales utilizados en su fabricación.*

*Esto permite a la empresa reducir enormemente los tiempos de la fase de diseño y desarrollo del producto, pues se evitan por un lado la fabricación de diferentes prototipos físicos y por otro el ensayo en laboratorio con distintos materiales. De este modo, es posible incrementar*



la calidad final del producto reduciendo su coste. Además, con esta simulación virtual, se reduce el impacto medioambiental del proceso gracias al ahorro de materiales y energía de fabricación de los diferentes prototipos.

El contenido de esta tarjeta está basado en una investigación de los profesores J. Durany, L. Poceiro de la Universidad de Vigo y F. Varas de la UPM. Otras tarjetas también recogían aplicaciones actuales, como *¿Sabías que ... se puede cambiar la válvula aórtica usando matemáticas?* cortesía de Marcos Loureiro (UVigo), *¿Sabías que... las matemáticas permiten caracterizar una población?*, cortesía de María José Ginzo-Villamayor (USC), *¿Sabías que ... las matemáticas pueden ayudarte a salvar tus inversiones?*, cortesía de Carlos Vázquez Cendón (UDC), *¿Sabías que ... se utilizan matemáticas para diseñar los «brackets»?*, cortesía de Juan Viaño (USC), *¿Sabías que ... Suiza ganó la Copa América de vela gracias al uso de las matemáticas?*, cortesía de Alfio Quarteroni (Politécnico di Milano y EPFL) y *¿Sabías que ... las matemáticas son fundamentales en la predicción de tsunamis?*, cortesía del Grupo EDANYA(UMA). A todas estas personas queremos agradecerles su generosidad.

Las dieciocho tarjetas pertenecientes a la clase *¿Sabías que?* pueden encontrarse en la [página del proyecto](#). Y una vez más, este es un material que se podía utilizar en diferentes formatos y lugares. Un ejemplo ha sido la exposición, que se denominó también (en alusión al lema del *Día Internacional de las Matemáticas*) *Matemáticas para un mundo mejor* y que se organizó, junto a la exposición de fotografía matemática, del grupo Enfoque geométrico, *Geometría Natural*, en diferentes estaciones del Metro de Bilbao desde marzo hasta septiembre de 2021. Estas dos exposiciones han recorrido también diferentes ciudades de España: Logroño, Barcelona, La Laguna, ...

*Pedro Alegría Ezquerro y Raúl Ibáñez Torres*  
*Coordinadores de tarjetas del proyecto*

## 1.11 Papiroflexia

La papiroflexia u origami (en japonés, oru=doblar y kami=papel), el antiguo arte de plegar papel, no solo usa las matemáticas, sino que constituye un divertido recurso para visualizarlas y transmitirlas.

La relación entre ambas disciplinas es bidireccional. Por un lado, artistas de origami de todo el mundo utilizan métodos matemáticos para diseñar sus figuras de papel, y no solamente para diseñar objetos matemáticos tales como poliedros y teselaciones, sino que también se aplican para diseñar todo tipo de mamíferos, objetos, dragones, insectos, vehículos, etcétera. La explosión de creatividad que ha experimentado la papiroflexia en las últimas décadas se debe, entre otras cosas, a la aplicación de métodos matemáticos de diseño.

Por otro lado, la papiroflexia también ha sido fuente de inspiración para las matemáticas y para la ingeniería. Hoy en día las técnicas de origami se aplican con éxito al diseño de estructuras que se pliegan y despliegan de forma eficiente, tales como airbags de coches, paneles solares de telescopios (deben viajar plegados para después desplegarse de manera segura y eficiente en el espacio), e incluso stents (microtubos que se introducen en arterias u otros conductos obstruidos del cuerpo humano para después ensancharse).

Desde el proyecto *Marzo, mes de las matemáticas* hemos desarrollado dos tipos de materiales educativos relacionados con la papiroflexia: talleres y papiroproblemas. Ambos pueden visitarse en la [página web del proyecto](#).

### 1.12 Talleres de papiroflexia matemática

El equipo formado por Sandra Camiña Codesido, Maite Castro Bustelo, María Teresa Otero Suárez, María Trinidad Pérez López y José Ignacio Royo Prieto preparó la serie de talleres de actividades entorno a doce figuras de papiroflexia relativamente sencillas (una caja, un sobre en forma de barco, un octaedro, un dodecaedro rómbico, un cubilete para bolígrafos, un posavasos, un rosetón, una casa, una flor, teselaciones, y un marcapáginas). Cada taller va acompañado de una guía didáctica y un vídeo en el que se enseña cómo doblar la figura propuesta. Se trata de figuras diseñadas por auténticas primeras espadas del mundo del origami: Gay Merrill Gross, Robert Neale, Alfredo Giunta, Yuri Shumakov, Alice Gray, Nick Robinson, Michael Lafosse, Friedrich Fröbel y Mette Pederson, los cuales dieron amablemente su permiso para utilizarlas.



Cada taller consta, además, de varias actividades para realizar en el aula a propósito de cada figura, en forma de guía didáctica descargable en formato PDF. Las actividades de cada ficha se encuentran graduadas por su dificultad, desde un nivel inicial hasta un nivel mayor, de modo que cualquiera encuentre algo realizable sea cual sea su edad y nivel. Las guías se encuentran disponibles en varios idiomas (catalán, euskera y castellano).

Con motivo de la celebración del *Día Internacional de las Matemáticas* (14 de marzo), realicé una breve demostración de la 2-coloreabilidad del grafo de las figuras de papiroflexia planas ilustrándolo con el ejemplo de la pajarita de papel. La puedes encontrar en [este vídeo](#).

### 1.13 Papiroproblemas



Por otro lado, a lo largo del mes de marzo se ofreció una serie de papiroproblemas diseñados por Antonio Ledesma López. Los papiroproblemas son pequeños retos que persiguen ejercitar la visión geométrica, tanto plana como espacial, y la capacidad para realizar construcciones geométricas solo doblando papel. Para resolverlos hay que aplicar buenas dosis de ingenio, pensamiento lateral y todo ello

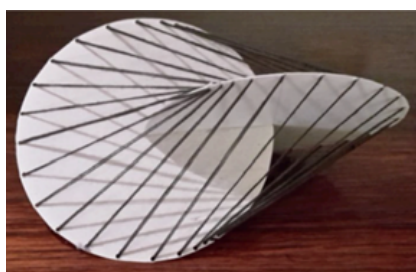


sin perder el contacto físico con el papel, que permite la experimentación sensorial directa. Es esta una de las grandes capacidades pedagógicas de la papiroflexia. Se ofrecieron un total de 16 papiroproblemas (uno por cada día impar del mes de marzo), más otro especial el día del número Pi. Algunos de los papiroproblemas van acompañados de un vídeo donde se presenta el reto.

*José Ignacio Royo Prieto*

*Coordinador de materiales de papiroflexia del proyecto*

### 1.14 Material 3D y MathCityMap



**Figura 7:** Oloide creado como envolvente convexa de una estructura de cartulina con hilos. Fuente: Wikipedia

En algo tan sencillo como una rueda, inventada hace demasiado tiempo, se pueden encontrar muchas matemáticas. La circunferencia, el círculo o el cilindro nos aportan sus propiedades geométricas para facilitar el avance del mundo, con menos esfuerzo, mayor eficiencia y unos resultados increíbles. En #MarzoMates hemos divulgado las características de un objeto geométrico que puede también ayudar al mundo, el oloide.

Este objeto fue inventado por el matemático y escultor alemán, Paul Schatz (1898-1979) en su patente Tumbling Apparatus (aparato giratorio). Se define como oloide la figura geométrica generada

por la envolvente convexa de la figura formada por dos círculos de igual radio y encajados uno dentro de otro de forma que, la distancia entre los centros de las dos circunferencias sea exactamente el radio. Se puede visualizar un oloide en el siguiente [enlace de Geogebra](#) o en la construcción manual con cartulina y cuerdas de la figura anterior.

Con esta figura geométrica, hemos mostrado que un objeto que, aparentemente no tenía la posibilidad de girar, era capaz de desplazarse y de crear trayectorias en forma de doble infinito. Usando matemáticas hemos tratado de analizar sus dimensiones, sus relaciones numéricas y lo hemos representado mediante programas de modelado 3D y Realidad Aumentada. Con estos programas, hemos usado los dispositivos digitales para poder transformar las características geométricas de estos objetos. Mientras que, con la Realidad Aumentada, hemos podido visualizar las tres dimensiones de estos objetos sin la necesidad de disponer de su representación física.



Con el interés de manipular el objeto y facilitar el análisis de sus características geométricas, hemos puesto a disposición de todos aquellos interesados una colección de archivos para la impresión del oloide y de su esqueleto mediante impresoras 3D y una guía para iniciar su estudio. Así mismo, se han generado plantillas para replicar la construcción de la figura del inicio de esta sección y enlaces a Geogebra 3D para su visualización.

Pero esto no ha acabado con el oloide. Otras figuras geométricas como el Esfericón, el Tetraedro de Reuleaux o el Sólido de Steinmetz se pueden construir con esta capacidad de girar y desplazarse, aunque aparentemente no parezca posible y, ¿quién sabe?, alguno de los estudiantes puede utilizarla en sus futuros diseños para usar las matemáticas para un mundo mejor. Todo este material ha sido elaborado por Luisa Cuadrado Sáez, Tania Giraldo Sastre, Nelo Alberto Maestre Blanco, José Luis Muñoz Casado, Rafael Ramírez Uclés, Juan Miguel Ribera Puchades y Lucía Rotger García.

Por otra parte, desde el proyecto hemos colaborado con la creación de algunas visitas guiadas matemáticas con la aplicación **MathCityMap**. Esta es una aplicación para crear y experimentar paseos matemáticos a través de dispositivos móviles. Se puede instalar en iOS y Android y genera mapas con actividades. MathCityMap es la herramienta principal del proyecto europeo Mobile Math Trails in Europe, un proyecto Erasmus+, coordinado por la Universidad Goethe-Frankfurt ([www.momatre.eu](http://www.momatre.eu)).

Desde el proyecto *Marzo, mes de las matemáticas* hemos ayudado a generar las rutas de Alcobendas, Málaga Alcazaba (Primaria), Málaga Alcazaba (ESO), Málaga Parque (Primaria), Málaga Parque (ESO), Jaén Primaria y Jaén (ESO). La comisión que ha preparado una guía para generar los contenidos de las rutas está formada por Ana García Lema, Julio Rodríguez Taboada (coordinador), Claudia Lázaro, María Consuelo Monterrubio, Pilar García.

*Juan Miguel Ribera Puchades*

*Coordinador de material 3D y MathCityMap del proyecto*

### 1.15 Escape Rooms

Como diría Miguel de Guzmán, «*la matemática ha sido y es arte y juego*». Y es que un juego matemático bien escogido puede conducir a la juventud, independientemente del nivel, a mejorar sus habilidades de aprendizaje debido a la motivación, el interés, el entusiasmo o la diversión.

Con esta finalidad, surge la idea de generar Escape Rooms virtuales para todos los niveles. En concreto, hemos generado las Escape Rooms virtuales para alumnado de primaria y secundaria *El Lado oscuro de  $\pi$  (secundaria)*, *El Lado oscuro de  $\pi$  (primaria)* y para el público en general *Una noche en el museo matemático*. Algunos de estos Escape Rooms están en varios idiomas de nuestro país.



En la primera de ellas, los más jóvenes pueden sumergirse en un viaje matemático por España con el interés de detener a un villano interesado en eliminar las herramientas tecnológicas a nivel mundial. Para ello, en cada una de las paradas distribuidas en el mapa español, se podrán encontrar diferentes retos que se deben respon-

der matemáticamente con la finalidad de juntar las piezas del puzzle que llevan a derrotar al villano. En los retos, además, se puede disfrutar de elementos arquitectónicos representativos de la geografía española sobre los que se deben responder a las preguntas de



matemáticas formuladas. Además, las Escape se pueden encontrar también en Catalán, Euskera y Gallego.

En la segunda de las Escape Room, los participantes podrán acceder a un museo con salas dedicadas a diferentes referentes matemáticos como Sophie Germain o Alan Turing. La visita a cada una de las salas se debe realizar con mucho detenimiento porque esconde retos matemáticos y acertijos que, posteriormente, serán vitales para poder responder al reto final. Muy recomendable para jugar en grupo y descubrir todos los elementos escondidos sobre la aplicación web.

Para ambas opciones, se recomienda disponer de un ordenador con sonido sobre el que disfrutar de los vídeos y la música que se incluye. Todo ello, para poder pasar un rato entretenido con familia o amistades usando matemáticas para tratar de resolver los acertijos escondidos en la web.

*Juan Miguel Ribera Puchades y María Elena Vázquez Abal*  
Coordinadores de Escape Rooms del proyecto



## 1.16 Sostenibilidad y matemáticas

Siguiendo la temática elegida para la celebración del *Día Internacional de las Matemáticas* del 14 de marzo de 2021, *Matemáticas para un mundo mejor*, en este proyecto hemos elaborado varias actividades didácticas, en diferentes formatos, cuya temática es la sostenibilidad. Las áreas elegidas han sido, el consumo de agua y el reciclado de residuos. Estas actividades están orientadas para la educación infantil y para el alumnado de educación secundaria.

### 1.16.1 Consumo de agua

**Dimalitros: audiolibro ¿Pueden las matemáticas alertarnos del consumo de agua?**

*Autoría: Mercedes Conde Amboage, Laura Calaza Díaz, Cristina Vilas Taboada*  
*Ilustradora: Carla Garrido Puerta*

Se trata de un libro audiolibro (en formato online) con actividades para que niñas y niños se conciencien sobre el consumo del agua a través de las Matemáticas. Contiene dos documentos descargables: una plantilla para hacer cálculos sobre el consumo de agua y una hoja tipo póster para poder compartir sus reflexiones a través de las redes sociales con los hashtags #marzomates y #DiMaLitros. También es posible obtener de la página web el libro completo en formato pdf y hemos realizado una tirada de libros impresos para ser distribuidos. Este audiolibro es recomendable para niñas y niños a partir de 8 años.



## Sostenibilidad y agua

*Autoría: María Cristina Vilas Taboada*



Esta actividad consiste en la realización de un estudio sobre el embalse de Zamáns (Vigo) a través del diseño de experimentos y recogida de datos. En su análisis, el alumnado trabaja el campo de las matemáticas, combinando la geometría y la estadística desde la perspectiva de resolución de pro-

blemas. Es una actividad online, cuenta con una guía didáctica y va dirigida al alumnado de educación secundaria.

### 1.16.2 Tratamiento de residuos

*Autoría: Israel García Alonso, Clara Jiménez Gestal y José Luis Ríos Calle*



En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas adopta la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En el centro de dicha agenda se encuentran los **Diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, que recopilan los principales desafíos de desarrollo para la humanidad y buscan garantizar una vida sostenible, pacífica, próspera y justa en la tierra para todas las personas, ahora y en el futuro. La educación tiene una gran responsabilidad ante los ODS, no en vano, prepara la sociedad del futuro y desde esa perspectiva es responsable de construir una sociedad consciente con los retos que los ODS nos ponen en nuestro camino.

En estas actividades se ofrecen propuestas de trabajo sobre los ODS en el aula, a través de la indagación y el uso de las matemáticas para explicar la realidad que nos rodea.

Se pretende, entre otras cosas, desarrollar los siguientes aspectos:

- Sensibilizar sobre el tratamiento de residuos.
- Indagar acerca de cómo estamos enfrentando y desarrollando el trabajo de los ODS en el entorno en el que nos encontramos.
- Hacer propuestas concretas que persigan acciones de concienciación, o bien de modificación de conductas, fundamentadas en el análisis realizado.

Estas propuestas se pueden descargar de la web del proyecto *Marzo Mes de las Matemáticas* en formato pdf y en los idiomas: castellano, euskera y gallego.

De forma más precisa, se han generado **situaciones de aprendizaje y talleres para Primaria y Secundaria**:

- Matemáticas y Sostenibilidad Primaria
- Matemáticas y Sostenibilidad Secundaria
- Matemáticas y Sostenibilidad Taller: Investigadores privados sobre la sostenibilidad
- Matemáticas y Sostenibilidad Taller: ¿Cuántos envases puedo meter en este contenedor de basura?

*María Elena Vázquez Abal*

*Coordinadora de sostenibilidad del proyecto*

### 1.17 Exposición de fotografía y concurso escolar



**Figura 8:** Exposición «Geometría Natural» en el metro de Bilbao

El grupo *Enfoque geométrico*, nos ha cedido la exposición de fotografía matemática titulada **Geometría Natural** para este proyecto. Inmaculada Gutiérrez, Pilar Moreno, Leopoldo Martínez y Lucía Morales han fotografiado estas preciosas imágenes y Pedro Alegría, Raúl Ibáñez y Marta Macho han redactado los textos que las acompañan.

El propio cartel de presentación de la exposición constituye una declaración de intenciones:

*Dirige tu mirada a una flor, una planta, un animal o un paisaje, y sorpréndete con la geometría presente en la naturaleza. Las matemáticas nos ayudan a comprender el mundo*

*en que vivimos, pero también a crear un mundo mejor. Ojalá esta exposición provoque tu deseo de saber más, de conocer, de investigar y de descubrir las respuestas a los enigmas que la naturaleza nos propone.*



La exposición va acompañada de **audios** que reproducen los textos que incluyen cada una de las láminas. Esta exposición ha sido exhibida en diferentes estaciones del Metro de Bilbao desde marzo hasta septiembre de 2021 o en la Biblioteca Rafael Azcona y el complejo científico de Logroño.

Junto con la exposición, se lanzó el concurso escolar **Matemáticas con un clic** en el que se ha premiado a 15 fotografías de entre unas aproximadamente 1200 que optaron a este concurso.

En Caldas de Reis (Pontevedra), localidad del alumno que recibió el premio especial del concurso, se ha realizado una exposición al aire libre durante los meses de julio y agosto de 2021 de las fotografías de los ganadores del concurso.

*Raúl Ibáñez Torres y Edith Padrón Fernández*  
*Coordinadores de materiales asociados a fotografía matemática*

### 1.18 Conferencias, monólogos y talleres

Desde diciembre de 2020 hasta principios de junio de 2021 hemos organizado diferentes conferencias y talleres online: **24 conferencias**, **11 talleres** y **17 monólogos**. Se han abordado en los mismos temáticas tan diversas como el uso de las matemáticas en la arquitectura, poesía visual y matemáticas, la geometría del sistema solar, el origen del calendario, una versión matemática del Mago de Oz y los secretos geométricos del diseño y de la moda. Se han presentado algunos pasatiempos matemáticos del gran divulgador Martin Gardner y las aportaciones de los matemáticos y matemáticas que recientemente han sido galardonados con el premio Princesa de Asturias. También se ha analizado cómo las matemáticas ayudan a entender el funcionamiento del corazón y cómo pueden convertirse en una herramienta artística. La matemática del COVID19 o la que se esconde en algunos deportes como el fútbol o el baloncesto han sido, como el resto, conferencias muy aplaudidas por el público. Se han impartido talleres orientados al mundo infantil tales como cuentos y juegos matemáticos. Hemos aprendido cómo optimizar la cata de alimentos y nuevas herramientas educativas relacionadas con las matemáticas. Todos ellos y algunos otros se pueden encontrar grabados en nuestro **canal de Youtube** en donde tenemos casi un millar de suscriptores, con algo más de 32.000 visualizaciones. Estas actividades fueron retransmitidas en directo por zoom con una media de 70 asistentes por conferencia. En nuestro formulario de inscripción para recibir información de la programación de estas charlas se apuntaron 1.170 personas.

El 14 de marzo de 2021 hicimos una gala especial de 3 horas que tiene en la actualidad

casi 7.800 visualizaciones con la participación de muchos divulgadores y divulgadoras de nuestro país. Con esta actividad celebramos conjuntamente este día tan especial.



*Edith Padrón Fernández*  
*Coordinadora de conferencias, monólogos y talleres*



## 2 Artículo de la Comisión Científica de la RSME sobre el factor de impacto de las revistas en los procesos de evaluación

La Comisión Científica de la RSME ha publicado recientemente el artículo *El factor de impacto de las revistas en los procesos de evaluación*, Boletín de RSME, num. 717. El artículo está también accesible directamente a través del enlace <https://www.rsme.es/wp-content/uploads/2021/06/Indicadores-Bibliometricos-Matematicas.pdf>, o desde la pestaña de la comisión en la página web de RSME, <https://www.rsme.es/la-sociedad/organizacion-interna/comisiones-comites-y-grupos/comision-cientifica/>.



### 3 XXVI CEDYA / XVI CMA Gijón

Mariano Mateos Alberdi

Universidad de Oviedo

---

Entre los días 14 y 18 de junio celebramos en Gijón el XXVI Congreso de Ecuaciones Diferenciales y Aplicaciones / XVI Congreso de Matemática Aplicada, el congreso bienal de nuestra Sociedad. Inicialmente programado para 2020, tuvo que posponerse a causa de las restricciones motivadas por la pandemia y fue finalmente celebrado de forma híbrida, con asistencia tanto presencial como telemática. De los 386 participantes, unos 230 optaron por la modalidad videoconferencia, mientras el resto acudió al edificio de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón de forma presencial.

El comité científico, presidido por Juan Luis Vázquez, seleccionó diez conferenciantes plenarios y aprobó la presentación de dieciocho minisimposios, además de charlas en cinco sesiones temáticas y una sesión de pósteres. En total, hubo casi trescientas veinte comunicaciones a lo largo de la semana.

El congreso fue inaugurado por el rector de la Universidad de Oviedo, Ignacio Villaverde, en un acto que contó con la presencia de la alcaldesa de Gijón, Ana González, el director del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Oviedo, Jesús Suárez Pérez del Río, el presidente de la SEMA, Manuel J. Castro, y el presidente del comité organizador local, Mariano Mateos.

La conferencia inaugural fue impartida por José M. Mazón, de la Universidad de Valencia, quien disertó sobre *Gradient flows in metric random walk spaces*. El lunes por la tarde, Bernardo Cockburn inauguró los actos de homenaje a nuestro compañero fallecido en 2019, Francisco Javier Sayas. Cockburn, quien intervino de forma telemática desde la Universidad de Minnesota, impartió una charla sobre *Static condensation, hybridization and the devising of the HDG methods*, un tema en el que había trabajado con Sayas durante varios años. Al comienzo de su charla, dedicó varios minutos a recordar la figura de Javier, con una emocionante presentación de algunas de las etapas de su periplo americano.

El martes intervinieron David Ruiz, desde la Universidad de Granada, con la conferencia *Traveling waves for the Gross-Pitaevskii equation in the subsonic regime* y Yousef Saad, que desde Minnesota nos habló de *Numerical Linear Algebra for data-related Applications*.

El día central del congreso, empezó con una interesante disertación en Gijón de Tere M-Seara, Universidad Politécnica de Cataluña, sobre *Breakdown of small amplitude breathers for some Klein-Gordon equations*. Ese día se celebró, también de forma semi-presencial, la asamblea de la SEMA, en la que se entregó el premio SEMA al Joven Investigador 2020 a Rafael Granero, de la Universidad de Cantabria, y Jezabel Curbelo, de la Universidad Politécnica de Cataluña, así como las distinciones a los candidatos en 2019 y 2020 de la SEMA para los premios ECCOMAS a las mejores tesis europeas en Métodos Computacionales en Ciencias Aplicadas e Ingeniería, Judit Muñoz Matute, del BCAM, y Amanda Carreño, de la Universidad Politécnica de Valencia.

El jueves hubo tres charlas plenarias. Por la mañana Daniel Peralta-Salas, ICMAT, habló sobre *Vortex reconnections in classical and quantum fluids* y Boris Vexler, Univer-





**Figura 9:** Apertura del XXVI CEDYA/XVI CMA.

sidad Técnica de Munich, intervino de forma telemática desde Alemania para impartir la conferencia *Numerical Analysis of sparse initial data identification for parabolic problems*. Esa tarde, Salim Meddahi cerró desde Oviedo los actos de homenaje a Sayas hablando de *Mixed Finite Element Methods in Elastodynamics*.

Finalmente, el viernes, Marco Ellero habló desde el BCAM de *GENERIC-compliant stochastic particle models of discrete hydrodynamics* y la última charla plenaria estuvo a cargo de Ernesto Estrada, de IFISC de Palma de Mallorca, quien vino a Gijón para disertar sobre *Communicability function in complex networks*.

Los minisimposios se celebraron en sesiones paralelas, hasta ocho cada vez. En cada minisimposio hubo participantes tanto presenciales como por videoconferencia. Se celebraron los siguientes minisimposios:

1. Advances In Multiresolution And Subdivision Techniques And Its Applications
2. Algorithms And Structure In Numerical Linear Algebra
3. Dynamical Systems: Qualitative Aspects And Applications
4. Efficient Time Integrators For Ordinary Differential Equations
5. Electromagnetic Problems Arising In Industry Modelling And Numerical Techniques
6. Industrial Problems And PDEs
7. Iterative Processes And Non Linear Equations
8. Local And Non-Local Partial Differential Equations
9. math-In: Success Stories Between Academia And Industry
10. Modelling And Computational Methods In Quantitative Finance
11. Nonlinear PDEs And Its Applications In Natural Sciences
12. Numerical Integration Of Partial Differential Equations
13. Numerical Methods For Balance Laws And Non-Conservative Hyperbolic Systems
14. Optimal Control And Inverse Problems
15. Progress On Numerical Modeling Of Geophysical Flows For Environment And Natural Hazards
16. Reduced Order Modelling
17. Successful Cases Of Mathematical Applications In Biology, Ecology And Medicine
18. Tribute To Francisco-Javier Sayas

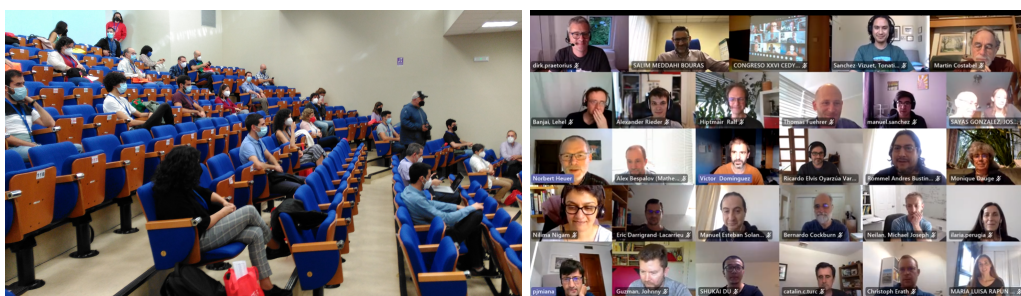


**Figura 10:** Equipo de voluntarios del XXVI CEDYA/XVI CMA.

Además de la habitual exhibición de pósteres en la zona destinada al efecto en la cafetería de la Escuela, cada póster, junto con un video explicativo, estuvo disponible en la plataforma online utilizada para la parte telemática del congreso. El premio al mejor póster fue otorgado por SEMA a Maria Isabel Asensio, Universidad de Salamanca, por el trabajo *Simulation models for geospatial environmental problems*.

Los asistentes de forma presencial pudieron disfrutar del habitual programa social en los congresos de SEMA: pausas para tomar un café, almuerzos, excursión y cena del congreso. La estructura del congreso permitió en todo momento una estricta observación de los protocolos sanitarios. Todas las personas que tuvieron que realizarse pruebas para regresar a sus países de origen dieron negativo.

Merece en este punto una mención especial el equipo de **voluntarios**. Veinte estudiantes provenientes de la Facultad de Ciencias de Oviedo y de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón que, enfundados en camisetas y sudaderas rojas de la Universidad de Oviedo, guiaron a los congresistas por los pasillos del laberíntico edificio donde se desarrolló el encuentro, facilitaron el acceso a las aulas tal como era requerido por la normativa sanitaria y nos ayudaron a todos con las conexiones telemáticas, que a veces se nos resistían.



**Figura 11:** Minisimposio *Tribute to Francisco Javier Sayas*.

El **libro de resúmenes** puede ser descargado de la web del congreso. Las actas ya están disponibles en el repositorio de la Universidad de Oviedo, tanto el **libro completo** como enlaces permanentes a los **trabajos individuales**.

## 4 XIX Escuela Hispano-Francesa Jacques-Louis Lions sobre Simulación Numérica en Física e Ingeniería

Carlos Manuel Castro Barbero, Miguel Hermanns,  
Laura Saavedra Lago, Fabricio Macià Lang y  
María Luisa Rapún Banzo

Universidad Politécnica de Madrid

El pasado día 30 de agosto arrancamos la *XIX Escuela Jacques-Louis Lions sobre Simulación Numérica en Física e Ingeniería* en la ETSI de Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid con un éxito de participación presencial, proveniente no solo de universidades sino también de empresas y otros centros de investigación.



**Figura 12:** Clément Cancès

A la ceremonia de apertura asistieron la directora de la ETSI de Aeronáutica y del Espacio, Cristina Cuerno Rejado, que dio la bienvenida como anfitriona; el presidente de la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI), Olivier Goubet; el presidente de la SEMA, Manuel Jesús Castro Díaz, y Carlos Manuel Castro Barbero representando al comité organizador. Todos ellos resaltaron su satisfacción por el encuentro y, en especial, por la nutrida participación de jóvenes, deseándoles una fructífera experiencia.

Como estaba previsto, se celebraron cuatro minicursos de cuatro horas de duración y tres conferencias. La web del evento se mantuvo actualizada con el material y transparencias que iban a presentar los ponentes y que podéis consultar para tener una idea del contenido y calidad científica de las presentaciones: [http://eventos.upm.es/go/EHF\\_Madrid2021](http://eventos.upm.es/go/EHF_Madrid2021).



**Figura 13:** Izquierda: El profesor Tomás Chacón Rebollo recibe el premio al mejor artículo publicado en *SEMA Journal* 2020. Derecha: Félix del Teso Méndez recibe el premio «Antonio Valle» al joven investigador 2021. En el centro de las imágenes, el presidente de la SEMA y, a su derecha, el secretario.

El martes por la tarde celebramos la ceremonia de entrega de los premios SEMA. En el acto, el secretario de SEMA, Fernando de Terán Vergara, leyó los méritos de los premiados destacados por los jurados. En concreto, se entregó el Premio SEMA «Antonio Valle» al joven investigador 2021 a Félix del Teso Méndez, que impartió una interesante charla sobre una nueva estrategia para obtener métodos numéricos de diferencias finitas en problemas no locales. Posteriormente, Charles Dapogny recogió el Premio al mejor artículo de SEMA *Journal* 2019 por un trabajo en colaboración con F. Feppon, G. Allaire, F. Bordeu y J. Cortial sobre optimización de forma con conjuntos de nivel en problemas complejos de fluido-estructura. Finalmente, Tomás Chacón Rebollo recogió el Premio al mejor artículo de SEMA *Journal* 2020 por un trabajo en colaboración con M. Azañez y M. Gómez Mármol sobre la convergencia del método de potencias iteradas para calcular los primeros modos de la descomposición propia generalizada (PGD) en una familia de problemas elípticos que dependen de un parámetro. El presidente de la SEMA felicitó a los premiados y resaltó la brillante trayectoria de Félix así como la calidad científica de los trabajos publicados en SEMA *Journal*, y como ejemplo los premiados.



**Figura 14:** Entrega del premio SEMA *Journal* 2019 a Charles Dapogny.



**Figura 15:** Izquierda: Descanso entre sesiones. Derecha: Sesión de pósteres.

La sesión de pósteres tuvo lugar el miércoles después del café, en la que los participantes tuvieron la oportunidad de presentar sus trabajos. Hubo un éxito de participación con quince pósteres en temas muy diversos. El premio al mejor póster fue entregado por la presidenta del jurado, Laura Saavedra Lago, el viernes en la ceremonia de clausura. Lo compartieron Manuel Peña (Universidad Politécnica de Madrid) e Irene Gómez Bueno (Universidad de Málaga). El trabajo de M. Peña, en colaboración con A. Carpio y M. L. Rapún, se titulaba *Topological derivative inversion method tested against microwave experimental data*, mientras que el de I. Gómez-Bueno, en colaboración con M. J. Castro Díaz, C. Parés Madroñal y G. Russo tenía el título *Collocation methods for high order*





**Figura 16:** Foto de grupo.

*well-balanced methods for systems of balance laws.*

El jueves por la tarde tuvimos uno de los momentos más emotivos del encuentro con el homenaje a Amable sobre el que informaremos en el siguiente número del Boletín.

La Escuela finalizó el viernes tras una semana intensa en la que descubrimos nuevos e interesantes problemas. Además, tuvimos la oportunidad de compartir nuestro trabajo con otros participantes y conferenciantes. En la ceremonia de clausura el presidente de la SEMA agradeció a los participantes su presencia y nos emplazó a todos a la próxima cita que organiza nuestra Sociedad: el CEDYA/CMA de Zaragoza el año próximo.

Desde el comité organizador nos gustaría agradecer a todos los que han hecho posible la Escuela: las dos Sociedades SEMA y SMAI, junto con sus respectivos presidentes, el comité científico, la Universidad Politécnica de Madrid, la Escuela de Aeronáutica y del Espacio, su directora, los conferenciantes, los premiados por la SEMA, los participantes tanto presenciales como a través de la red y, por supuesto, a Amable que nos permitió dedicarle este evento como homenaje.

#### **Comité organizador**

Carlos Manuel Castro Barbero  
Miguel Hermanns  
Laura Saavedra Lago  
Fabrizio Macià Lang  
María Luisa Rapún Banzo

## 5 Obituario: Ireneo Peral Alonso<sup>2</sup>

### 5.1 Estelas en el mar: recordando a Ireneo Peral (1946–2021)

David Arcoya<sup>1</sup>, Jesús García Azorero<sup>2</sup>,  
Ana Primo<sup>2</sup> y Fernando Soria<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Granada,

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Madrid,

«Estelas en el mar». Con ese nombre tituló Ireneo Peral su conferencia de clausura del congreso internacional *New trends in Partial Differential Equations* celebrado en Granada en mayo de 2017. Podía haber hablado de muchas cosas. Después de todo, el congreso se celebraba en su honor por su 70 cumpleaños y, por tanto, por su inminente jubilación. Habló de matemáticas, por supuesto, y por una vez nos habló también de él, de sus proyectos, de cómo había sido su vida hasta entonces y, sobre todo, de sus grandes pasiones: su familia, sus amigos, el trabajo. Ireneo falleció el pasado 16 de febrero y reproducir aquí lo que entonces nos contó sería la mejor forma de recordarlo, el mejor homenaje que ofrecerle. Pero esa es una tarea imposible y solo nos queda la opción de hacer un recuento, quizás de una forma desordenada, de lo que su vida y su obra han supuesto para aquellos que tuvimos la suerte de conocerlo.



**Figura 17:** Ireneo trabajando en la UAM.

2. NE: Los artículos siguientes, dedicados a la figura del profesor Ireneo Peral Alonso, han sido publicados simultáneamente en el volumen 24, número 3 de LA GACETA de la RSME. Desde estas líneas, queremos agradecer a todos sus autores, así como a los editores de La Gaceta y al presidente de la RSME, el haber permitido la reproducción de los mismos en el presente Boletín.



En la página web personal de Ireneo de la Universidad Autónoma de Madrid se puede leer un poema de Borges, *Los Justos*. Dice así:

*Un hombre que cultiva su jardín, como quería Voltaire./ El que agradece que en la tierra haya música./ El que descubre con placer una etimología./ Dos empleados que en un café del Sur juegan un silencioso ajedrez./ El ceramista que premedita un color y una forma./ Un tipógrafo que compone bien esta página, que tal vez no le agrada./ Una mujer y un hombre que leen los tercetos finales de cierto canto./ El que acaricia a un animal dormido./ El que justifica o quiere justificar un mal que le han hecho./ El que agradece que en la tierra haya Stevenson./ El que prefiere que los otros tengan razón./ Esas personas, que se ignoran, están salvando el mundo.*

Ireneo era una persona sensible y seguro que estos versos le ayudaban a expresar mejor el sentido de la vida tal como él la percibía. Su carácter le hacía ser optimista por naturaleza, alguien que busca la felicidad, la suya y, a ser posible, la de los que le rodean. En una de las transparencias de su charla en Granada nos mostró a modo de decálogo lo que para él significaban las Matemáticas desde un punto de vista muy personal. De forma breve, decía lo siguiente:

- Las Matemáticas son un magnífico reto intelectual.
- Considero un privilegio trabajar en Matemáticas, porque disfruto con ellas.
- Las Matemáticas son una ciencia experimental [¡y a los hechos me remito!]
- Me veo a mí mismo como un estudiante inexperto al que le gusta ir más allá de lo que se conoce, buscando nuevos problemas «en el lado oscuro» de la ciencia.
- Odio la tristeza en nuestro trabajo ...

Optimismo -y buen humor- son solo algunos de los rasgos que mejor describen a Ireneo. Pero hay muchos otros, como humildad, sencillez, generosidad y, muy especialmente, el sentido del agradecimiento, que van unidos a su persona. Consideraba que la relación humana se debe cimentar necesariamente en ser agradecido. Y así lo hizo mencionando a sus padres, a sus hermanos, a su esposa y compañera de tantísimos años, Magdalena Walias, a sus hijas, a sus nietos y a sus colegas. En otro de los puntos sobre su visión personal de las Matemáticas que mencionó en la ya citada charla de Granada en 2017, Ireneo escribe:

*Creo que he sido muy afortunado de haber conocido a matemáticos del más alto nivel humano y científico, que me han enseñado a trabajar. Entre ellos quiero mencionar a cuatro de ellos que me han ayudado directamente en mi vida profesional: Antonio Ambrosetti, Lucio Boccardo, Luis Caffarelli e Yves Meyer.*

Esta misma referencia a los que él llamó más tarde mis «maestros»<sup>3</sup> aparece en el prólogo del libro que estaba terminando de corregir cuando la enfermedad le sorprendió ([29]). Quería poner a todos los que le habían ayudado de una forma u otra y sufría con la idea de olvidarse de alguien. En este artículo hemos querido dar la palabra a sus maestros para que nos hablen de sus recuerdos sobre Ireneo. Esta nota concluye

---

3. Ireneo puede considerarse un autodidacta en muchos aspectos, especialmente en el origen de su trabajo en EDP. Creemos que esto es compatible no obstante con la profunda convicción que él siempre tuvo sobre el papel que jugaron estas personas en su trayectoria científica y con las que mantuvo una relación de amistad muy entrañable. Véase, por ejemplo, la entrevista que Ireneo realizó a Yves Meyer para LA GACETA con ocasión de la entrega a este del premio Abel en 2017 ([28]).



**Figura 18:** Ireneo y Magdalena a los pies de la Alhambra en 2017, con sus hijas, Irene y Magdalena, yernos, David y Carlos, y nietos, Iria y Óscar.

con las reseñas de cada uno de ellos. Desgraciadamente, Antonio Ambrosetti falleció en noviembre de 2020 y no podrá participar en este homenaje. Ambos colaboraron en numerosos trabajos de investigación, en la organización de congresos y escuelas de verano, compartieron estudiantes e, incluso, Antonio Ambrosetti fue nombrado *Doctor honoris causa* por la Universidad Autónoma de Madrid, siendo Ireneo su padrino. Su profunda amistad rebasaba los límites académicos. Era entrañable escuchar sus charlas futbolísticas o culinarias. Las familias de ambos mantenían una estrecha relación que, a pesar de su ausencia, persiste aún hoy en día. A la muerte de Antonio, fue Ireneo, junto con David Arcoya, el encargado de elaborar la reseña publicada en LA GACETA para recordar su figura ([13]).

También hemos pedido a su familia, en la figura de su hermano Juan Carlos, que nos de una visión más cercana de nuestro querido Ireneo. A todos ellos les damos las gracias por su generosidad al aceptar la petición que les hemos hecho llegar y unimos sus escritos a este homenaje que nunca nos hubiera gustado hacer de forma tan temprana.

## Obra científica

La tesis doctoral de Ireneo, defendida en 1974, versó sobre la Teoría de Diferenciación de Integrales, una incipiente área del Análisis que había llegado a España de la mano de su director, Miguel de Guzmán. Este a su vez había sido estudiante de Alberto Calderón, uno de los fundadores, junto a Antoni Zygmund, de la llamada Escuela de Análisis de Chicago. Además de publicar varios artículos que relacionaban convergencia con aco-

taciones débiles del operador maximal asociado, Ireneo fue el co-organizador de los dos primeros congresos de Análisis Armónico de El Escorial que, de forma ininterrumpida, se vienen celebrando desde entonces cada cuatro años en este lugar de la sierra de Madrid. El primero lo organizó conjuntamente con Miguel de Guzmán, el segundo con José Luis Rubio de Francia. Esta faceta como analista armónico duró poco porque enseguida su atención giró hacia el mundo de la ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Sin embargo, en muchos de sus artículos posteriores se puede apreciar su manejo en esa área, especialmente a la hora de utilizar argumentos de tipo geométrico, como los lemas de cubrimiento o la descomposición de Calderón-Zygmund.

A lo largo de su dilatada carrera, Ireneo se interesó por muchos temas distintos dentro de la ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Se sentía especialmente orgulloso de sus resultados en problemas relacionados con el potencial de Hardy; de hecho, como ya se ha mencionado anteriormente, la enfermedad le sorprendió mientras terminaba de corregir las pruebas de imprenta de su libro sobre este tema, *Elliptic and Parabolic Equations Involving the Hardy-Leray Potential* ([29]). El libro, escrito conjuntamente con Fernando Soria, recoge una gran parte de su obra. Fue terminado de corregir y publicado a principios de 2021.

Pero antes de llegar al potencial de Hardy, hubo mucho trabajo previo. Por ejemplo, Ireneo siempre recordó con especial cariño un trabajo con Julián Aguirre, sobre soluciones periódicas para la ecuación de ondas (ver [7]). Luego, en 1985, se embarcó en la dirección de la tesis doctoral de Jesús García Azorero. Y, como siempre, lo hizo de forma entusiasta, proponiendo problemas, proporcionando referencias y ayudando con una guía constante y eficaz. El objetivo inicial fue conseguir una cierta soltura con los métodos variacionales a través de un operador que entonces empezaba a estar de moda, el  $p$ -laplaciano, definido por

$$-\Delta_p u = -\operatorname{div}(|\nabla u|^{p-2} \nabla u).$$

Así, al salir del caso lineal  $p = 2$  había un gran campo por explorar. En particular, todo lo relacionado con los problemas que incluían el exponente crítico de Sobolev, siguiendo los pasos del célebre trabajo de Brezis-Nirenberg para el caso del laplaciano clásico. El problema era cómo conseguir la condición de compacidad de Palais-Smale local en el caso no lineal. Una de las características de Ireneo era siempre su amplia cultura matemática y su conocimiento de los últimos avances. Por aquel tiempo, aparecieron publicados en la recién nacida *Revista Matemática Iberoamericana* dos excelentes artículos de Pierre Louis Lions en los que daba una versión muy clara y detallada del principio de concentración-compacidad. Entender estos artículos fue la clave para poder demostrar la deseada condición de compacidad y obtener los resultados que presentamos a continuación en los problemas con exponente crítico.

Dado el problema

$$\begin{cases} -\Delta_p u &= \lambda |u|^{q-2} u + |u|^{p^*-2} u, \text{ en } \Omega, \\ u|_{\partial\Omega} &= 0, \end{cases}$$

siendo  $\Omega$  un dominio acotado y regular en  $\mathbb{R}^N$ ,  $p < N$  y  $p^* = Np/(N-p)$  el exponente crítico de Sobolev, se tienen los resultados siguientes:

- Si  $p < q < p^*$ , existe una constante positiva  $\lambda_0$  tal que el problema crítico tiene al menos una solución positiva para todo  $\lambda > \lambda_0$ .

- Si  $\max\{p, p^* - p/(p-1)\} < q < p^*$ , el problema crítico tiene al menos una solución positiva para todo  $\lambda > 0$ .
- Si  $q = p$ ,  $N \geq p^2$ , el problema crítico tiene al menos una solución positiva cuando  $0 < \lambda < \lambda_1(p)$  (siendo  $\lambda_1(p)$  el primer autovalor del  $p$ -laplaciano en el dominio  $\Omega$ ).

Estos resultados generalizaban lo demostrado por Brezis-Nirenberg en el caso lineal  $p = 2$ . Pero, viendo el rango de parámetros, resultaba natural plantearse un caso más: el problema crítico cuando el término de perturbación satisface  $1 < q < p$ . Es decir, el equivalente a añadir una potencia *cóncava* en el caso lineal. En este caso, mediante un sencillo truncamiento, se pudo probar que para valores pequeños de  $\lambda$  el término dominante era lo que inicialmente se veía como un término de perturbación, y era posible aplicar la teoría minimax para demostrar la existencia de infinitas soluciones (una de ellas positiva), todas con energía negativa.

- Si  $1 < q < p$ , existe una constante positiva  $\lambda_*$  tal que si  $0 < \lambda < \lambda_*$  el problema crítico tiene infinitas soluciones.

Este resultado de multiplicidad de soluciones en un problema crítico era interesante, pero claramente mejorable: dejaba la puerta abierta al estudio de la existencia de soluciones con energía positiva. En cualquier caso, junto con otros resultados (por ejemplo, la prueba del comportamiento asintótico de la sucesión de autovalores del  $p$ -laplaciano obtenidos a partir de la teorías de Lusternik-Schnirelman, o el estudio de problemas con crecimiento exponencial cuando  $p = N$ ) Ireneo consideró que era material suficiente como para dar por concluida una tesis doctoral, que fue defendida en 1989, con el habitual y comprensible alivio tanto del alumno como del director, y cuyos resultados se recogen en varias publicaciones (entre ellas [24, 25]).

Era bastante evidente que el resultado para el problema crítico con  $1 < q < p$  aún dejaba un amplio margen de mejora y unos años después aparecieron dos avances fundamentales. Por un lado, durante una visita de Lucio Boccardo a España en la primavera de 1991, Ireneo, Lucio y otro de sus amigos, Miguel Escobedo, escribieron el trabajo [16] donde, vía el método de sub-super soluciones, probaban para valores pequeños del parámetro  $\lambda > 0$  la existencia de solución positiva incluso en problemas supercríticos. De otro lado, este resultado fue presentado por Lucio Boccardo en un congreso celebrado en Erice, Italia y captó la atención de A. Ambrosetti, H. Brezis y G. Cerami, quienes, usando un elegante argumento de reducción al absurdo y sin salirse del caso  $p = 2$ , consiguieron demostrar la existencia de una segunda solución positiva<sup>4</sup> y de paso, acuñaron el término *cóncavo-convexo* que desde entonces ha pasado a ser la manera habitual de referirse a estos problemas.

La visita anteriormente reseñada de Lucio Boccardo a Madrid fue también el germen de otra relación importante de Ireneo al ponerle en conocimiento de la existencia de un joven matemático en la Universidad de Granada, David Arcoya, que había trabajado en Italia con Antonio Ambrosetti y el propio Boccardo. Ireneo tomó nota inmediatamente y, tras cursar una invitación a David para una visita a la Autónoma, comenzó un estrecha relación de tutelaje del incipiente grupo de Granada-Almería, facilitando su desarrollo hasta llegar a ser el que hoy en día conforman el propio David Arcoya, José Carmona, José Luis Gámez, David Ruiz y Salvador Villegas, junto con sus respectivos estudiantes.

Ciertamente, el mundo cóncavo-convexo se reveló mucho más rico de lo sospechado inicialmente, y dio lugar a una serie de trabajos que tuvieron una repercusión considera-

4. A. AMBROSETTI, H. BREZIS, G. CERAMI, Combined Effects of Concave and Convex Nonlinearities in Some Elliptic Problems. *J. Funct. Anal.* **122** (1994), no.2, 519–543.

ble, al menos si aceptamos como unidad de medida el número de citas, algo que Ireneo miraba habitualmente con un cierto escepticismo. Siempre decía que lo importante era valorar los resultados, y no usar los rankings para evitar la fastidiosa tarea de pensar. Pero en paralelo, otros muchos problemas captaron la atención de Ireneo. En particular, en la tesis de Juan Antonio Aguilar (presentada en 1998), comenzaron a explorar el efecto de la presencia de potenciales singulares en el término de reacción, tanto en el caso parabólico como en el caso elíptico, estudiando ecuaciones del tipo  $u_t - \Delta_p u = \lambda V(x)f(u)$  y sus correspondientes estados estacionarios. Cuando  $V(x) = |x|^{-\gamma}$  (y, por supuesto, el dominio donde se plantea la ecuación es un entorno del origen de coordenadas) descubrieron y analizaron una rica variedad de fenómenos, dependiendo de las relaciones entre los parámetros característicos del problema,  $N, \lambda, \gamma$  y  $p$ , y también de los diferentes términos de reacción  $f(u)$ . Un trabajo muy completo, a la vez que muy meritorio, que dio lugar a numerosos artículos (entre ellos [6]) y que fue realizado mientras Juan Antonio desempeñaba con éxito su vida profesional en la empresa privada, robando horas al sueño para estudiar las matemáticas que tanto le apasionaban. Ireneo, al igual que todos nosotros, sintió profundamente su prematura muerte, en plena juventud.

El trabajo de Ambrosetti-Brezis-Cerami antes citado fue muy influyente para Ireneo, por varios motivos. De un lado, porque intentar la extensión de las pruebas allí contenidas al caso  $p \neq 2$  requería de unos resultados de regularidad, que obtuvo en colaboración con otro gran matemático y amigo, Juanjo Manfredi, y con Jesús García Azorero ([22]). Pero sobre todo, porque a raíz de la aparición de ese artículo Ireneo invitó a Antonio Ambrosetti a visitar el Departamento de Matemáticas de la Universidad Autónoma. Esta primera visita de Antonio tuvo un impacto fundamental en el desarrollo matemático de Ireneo y de todo su grupo de colaboradores, con una producción científica conjunta de considerable interés (veáanse [8-12]). Pero sobre todo permitió iniciar una amistad personal sincera y profunda que se mantuvo a lo largo de los años. Antonio se sentía especialmente cómodo con la cálida acogida y el ambiente familiar que Ireneo supo crear en su entorno. Esa amistad se tradujo en un contacto permanente y los sucesivos viajes en las dos direcciones permitieron también a Ireneo hacerse un hueco importante en los grupos de investigadores italianos, donde era realmente muy querido.

En aquella época, el flujo de visitantes en el departamento de matemáticas de la Autónoma era constante. En varias etapas tuvo el lujo de acoger como visitante de larga duración al profesor Grigory Barenblatt. Durante los almuerzos en el comedor de la facultad, Barenblatt era habitualmente el centro de la conversación. Entre anécdota y anécdota, siempre estaba comentando nuevos modelos, proponiendo cuestiones originales e interesantes. Una de estas conversaciones captó pronto la atención de Ireneo, que para entonces ya había comenzado a leer trabajos relacionados con cuestiones de homogeneización: la idea era estudiar un problema de contorno para el laplaciano, u otro operador elíptico, con la particularidad de que las condiciones de frontera eran de tipo mixto Dirichlet-Neumann, y el objetivo final era ir moviendo estas condiciones de frontera de una manera uniforme, haciendo que la medida del subconjunto con condición de Dirichlet fuera tendiendo a cero a la velocidad adecuada. Aquí surgieron cuestiones muy interesantes de falta de regularidad, que fueron cuidadosamente estudiadas en la tesis doctoral de Eduardo Colorado, junto con problemas tanto elípticos como parabólicos en los que aparecía un operador singular,  $-\Delta_{p,\gamma} u = -\operatorname{div}(|x|^{-p\gamma} |\nabla u|^{p-2} \nabla u)$ , relacionado con las desigualdades de Caffarelli-Kohn-Nirenberg (CKN) y reflejado en un trabajo inicial en dicha línea ([19]). Animado por Ireneo, Eduardo Colorado viajó a Trieste (Italia)

a realizar una estancia postdoctoral bajo la dirección de Antonio Ambrosetti, hecho que a Ireneo le hizo muy feliz.

Una vez abierta la *caja* de los potenciales singulares, inmediatamente se lanzó a estudiar los que serían unos de sus problemas favoritos: los problemas relacionados con el potencial de Hardy. En su reciente libro [29] escribe:

*El potencial de Hardy tiene algo fascinante, puede complicar enormemente los cálculos pero al mismo tiempo proporciona un conjunto muy rico de propiedades adicionales. En ese sentido es a la vez un monstruo y un amigo.*

De hecho hay una sección titulada «Dónde (y por qué) aparece el monstruo», en la que se explica la importancia de este objeto matemático.

En su primer trabajo en esta área, en colaboración con Jesús García Azorero (ver [26]), la idea inicial fue intentar entender los resultados del célebre trabajo de Baras-Goldstein sobre blow-up instantáneo y completo en una ecuación del calor con término de reacción  $\lambda \frac{u}{|x|^2}$  (con  $\lambda > (N-2)/2$ ), y extenderlos al correspondiente problema con el  $p$ -laplaciano, donde por cuestiones de homogeneidad el término de reacción pasaba a ser  $\lambda \frac{u^{p-1}}{|x|^p}$ . Una vez más, la presencia del parámetro  $p$  permitió estudiar fenómenos muy interesantes, especialmente en el caso  $1 < p < 2$ , en el que para  $\lambda > (N-p)/p$  el blow-up resultó no ser tan drástico como en el caso lineal, y algunas normas permanecían acotadas. De este modo, se abrieron muchos problemas que requerían nuevas ideas, cuyo estudio recibió el impulso inestimable de la incorporación de nuevos miembros al grupo de investigación. Así en Noviembre de 1997, llegó Boumediene Abdellaoui a Madrid. Era el primer estudiante argelino en venir a realizar una tesis de Matemáticas a España. Se puso en contacto con Ireneo, quien amablemente le recibió (en francés) y le orientó acerca de los cursos de doctorado. También le ayudó con sus problemas administrativos y le propuso asistir al curso de Jesús García Azorero sobre ecuaciones cuasilineales. Al terminar, Boumediene estaba convencido de querer empezar una tesis en Ecuaciones, y volvió a llamar a la puerta de Ireneo para pedirle un problema. Le quedaban solo dos años de beca y «tenía miedo de no llegar», le dijo. Ireneo, con su energía y entusiasmo característico, le contestó: «ese es el primer signo de que lo conseguirás, solo tienes que trabajar». Fue el comienzo no solo de una tesis doctoral, sino de una colaboración muy fructífera que dio lugar a muy buenos teoremas hasta el final. Ireneo era el investigador responsable de un proyecto de cooperación científica con Argelia financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional, y periódicamente se veían por el Departamento estudiantes argelinos que venían a aprender con él. A día de hoy, Boumediene Abdellaoui mantiene vivo este legado con la hermosa tarea de formación de doctores en la Universidad de Tlemcen.

Boumediene comenzó a leer el artículo de Brezis-Cabré acerca del potencial de Hardy <sup>5</sup>, con la intención de extenderlo al  $p$ -laplaciano. Pero los argumentos usados en el caso lineal, no se aplicaban al caso cuasilineal. Ese fue el primer encuentro con la identidad de Picone, una herramienta muy útil que permitió obtener resultados importantes (tanto para ecuaciones elípticas como parabólicas cuasilineales).

El objetivo principal de la tesis era estudiar problemas cuasilineales con peso de tipo CKN y términos singulares. Analizar la existencia o la no existencia de soluciones puede dar lugar a bastantes situaciones sorprendentes dependiendo de la relación entre el peso y el término singular. La filosofía de Ireneo era simple:

5. H. BREZIS, X. CABRÉ, Some simple nonlinear PDE's without solutions, *Boll. Unione Mat. Ital.*, **1** (1998), 223–262.





**Figura 19:** Ireneo y algunos de sus alumnos de doctorado. De izquierda a derecha, L. Montoro, B. Abdellaoui, A. Primo, E. Colorado, Ireneo, F. Charro, J.A. Aguilar y J. García Azorero.

Hardy (universal) + Harnack (local)  $\Rightarrow$  no existencia + Blow-up completo. Al final, esta idea fue usada en numerosos artículos (ver por ejemplo [2]) y estos trabajos dieron lugar a una excelente tesis doctoral.

En Septiembre de 2002, llegó, procedente de la Universidad de Salamanca, otra estudiante para hacer los cursos de doctorado, Ana Primo. De nuevo, Ireneo con su gran capacidad de acogida, se ofreció a ayudarla con el papeleo de la beca FPU del MECD, y tras los cursos de doctorado, le propuso el problema de estudiar la influencia conjunta de un término gradiente, tanto en el lado de absorción como de reacción, con el potencial de Hardy:

$$\begin{cases} -\Delta u \pm |\nabla u|^2 = \lambda \frac{u}{|x|^2} + f & \text{en } \Omega, \\ u > 0 & \text{en } \Omega, \\ u = 0 & \text{en } \partial\Omega, \end{cases}$$

con  $\Omega \subset \mathbb{R}^N$  un dominio abierto acotado,  $\lambda \in \mathbb{R}$ ,  $N \geq 3$ ,  $0 \in \Omega$  y  $f$  una función medible positiva.

Por un lado, si el gradiente está en el lado derecho de la ecuación,

$$-\Delta u = |\nabla u|^2 + \lambda \frac{u}{|x|^2} + f \text{ en } \Omega, \quad u > 0 \text{ en } \Omega, \quad u = 0 \text{ en } \partial\Omega,$$

se probó que para todo  $\lambda > 0$  no existe solución, incluso en el sentido más débil posible. Este hecho muestra fuertemente la influencia del potencial de Hardy, puesto que el problema

$$-\Delta u = |\nabla u|^2 + f \text{ en } \Omega, \quad u > 0 \text{ en } \Omega, \quad u = 0 \text{ en } \partial\Omega,$$

tiene solución para un dato adecuado  $f$ . Además, si se cambia el potencial de Hardy  $|x|^{-2}$  por un peso  $g \in L^m(\Omega)$ , con  $m > \frac{N}{2}$ , y  $\lambda_1(g)$  denota el primer autovalor del problema con dicho peso  $g$ , existe  $0 < \lambda_0 < \lambda_1(g)$  tal que para todo  $0 < \lambda < \lambda_0$ , el problema tiene una solución débil para un cierto dato  $f$ . También se probó que la interacción entre el término de Hardy y el gradiente produce un blow-up completo.

Por otro lado, si el gradiente aparece en el lado izquierdo de la ecuación,

$$-\Delta u + |\nabla u|^2 = \lambda \frac{u}{|x|^2} + f \quad \text{en } \Omega, \quad u > 0 \quad \text{en } \Omega, \quad u = 0 \quad \text{en } \partial\Omega,$$

se demostró que, si  $\lambda \geq 0$ , entonces existe solución para cada función  $f \in L^1(\Omega)$ ,  $f \geq 0$ , sin ninguna restricción en el tamaño de  $\lambda$ . De hecho, se probó un resultado de existencia para una clase de pesos, los llamados *pesos admisibles*. En particular, el potencial de Hardy pertenece a esta clase.

La importancia de este resultado estaba en el fuerte efecto regularizante del gradiente, ya que en un trabajo de Boccardo, Orsina y Peral ([17]) de 2006 se prueba que para todo  $\lambda > 0$ , la ecuación

$$-\Delta u = \lambda \frac{u}{|x|^2} + f(x) \quad \text{en } \Omega \subset \mathbb{R}^N, \quad N \geq 3 \quad \text{y} \quad 0 \in \Omega, \quad (1)$$

no tiene en general solución para una función positiva  $f \in L^1(\Omega)$ . A Ireneo le gustaba especialmente este resultado (que puede verse en [3, 4]). En la tesis se estudiaron también en profundidad los correspondientes resultados en el mundo parabólico (véase [5]).

Cuando las cuentas se *atascaban*, Ireneo siempre sugería parar unos días y cambiar tanto el punto de vista como los argumentos. Cuando no llevaban al resultado esperado, él disfrutaba: «mejor, más interesante, aquí puede haber nuevas ideas. Cuando estudias un problema, tienes que ir viendo el paisaje». Ireneo se caracterizaba por ser un empuje para seguir. No habíamos terminado un problema, y ya estaba proponiendo otro. Así ocurrió en 2004 durante una visita de Andrea Dall'Aglio a la UAM. Andrea trabajaba en problemas con dependencia del gradiente y datos generales y dio un seminario en el Departamento, en el que expuso problemas abiertos en el tema, en particular, habló sobre los cálculos radiales de Ferone-Murat para el problema con gradiente cuadrado en la bola: al hacer el cambio de Hopf-Cole, aparece la medida de Dirac en el cero. Con su enorme capacidad de inferir nuevos problemas, Ireneo sugirió pensar qué sucedería con otras medidas, haciendo el cambio al revés. Así surgió la idea de clasificar las soluciones poniendo en el lado derecho de la ecuación medidas singulares con respecto a la capacidad, dando lugar a un resultado de multiplicidad entre Andrea, Ireneo y Boumediene ([1]).

Ireneo tenía una mentalidad muy abierta. El mundo de las Matemáticas era una gran familia para él y siempre insistía a sus estudiantes en discutir con otros matemáticos, intercambiar ideas, viajar, trabajar con gente distinta... Así que, empezando a analizar problemas en esta dirección, surgieron muchas colaboraciones con otros colegas como Magdalena Walias, Daniela Giachetti, Veronica Felli, Lucio Boccardo, Sergio Segura de León, Alessio Porretta, Anna Mercaldo, Tommaso Leonori y muchos otros.

En 2007, se celebró en Salamanca un Congreso homenaje por su 60 cumpleaños. Ireneo estaba muy contento de que fuera en la ciudad de sus inicios, de la que siempre decía con cariño que la sentía como la Pisa española y se lamentaba de no haber impartido allí algún curso: «nadie es profeta en su propia tierra», decía.

**"Recent Trends in Nonlinear Partial Differential Equations"**

*A celebration of the 60th birthday of Prof. Ireneo Peral*

**Febr 12-15, 2007. Salamanca (Spain)**

**Invited speakers:**

|                       |                    |                    |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Boumediene ABDELLAOUI | Juan DÁVILA        | Anna MERCALDO      |
| Julián AGUIRRE        | Miguel ESCOBEDO    | Eugenio MONTEFUSCO |
| Antonio AMBROSETTI    | Veronica FELLI     | Jean Pierre PUEL   |
| Marino BADIALE        | D.G. de FIGUEIREDO | Julio D. ROSSI     |
| Lucio BOCCARDO        | José Luis GÁMEZ    | David RUIZ         |
| Xavier CABRÉ          | Daniela GIACHETTI  | Fernando SORIA     |
| Luis Ángel CAFFARELLI | Cristian GUTIÉRREZ | Charles A. STUART  |
| Eduardo COLORADO      | Juan José MANFREDI | Juan Luis VÁZQUEZ  |
| Andrea DALL'AGLIO     | José M. MAZON      | Laurent VERON      |

**Scientific committee:**  
Antonio AMBROSETTI  
Luis Ángel CAFFARELLI  
Luis FERRAGUT  
Juan Luis VÁZQUEZ

**Organizing committee:**  
David ARCOYA  
Manuela CHAVES  
Jesús GARCÍA-AZORERO

Logos: UA, UNIVERSIDAD DE SALAMANCA, UGR, SeMA, Santander, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SALAMANCA

<http://www.ugr.es/local/edp/ireneo07/index.html>

**Figura 20:** Cartel del congreso en su honor celebrado en Salamanca en 2007.

Aparte de los trabajos con sus estudiantes de doctorado, Ireneo mantuvo colaboraciones con colegas, algunos ya citados, a los que siempre consideró amigos. De hecho, en la cena oficial de dicho Congreso de Salamanca (celebrada en el impresionante salón del Colegio Fonseca) él mismo lo reconoció con unas breves y emocionadas palabras, feliz por verse rodeado por los que consideraba sus amigos, más allá de colegas o colaboradores. Entre todas estas colaboraciones hay dos de las que siempre se mostró especialmente orgulloso. Por un lado, un artículo con Juan Luis Vázquez ([30]), mencionado en el preámbulo de su libro en De Gruyter con un agradecimiento por esta colaboración. Por otro lado, un trabajo con Luis Caffarelli ([18]), en el que se obtenían estimaciones  $W^{1,p}$  para las soluciones de familias de operadores elípticos muy generales, combinando un resultado de regularidad para un operador fijo  $A_0$  con una cuidadosa comparación local entre problemas relacionados, y finalmente una descomposición de tipo Calderón-Zygmund. Un bonito resultado con aplicación en problemas de homogeneización. Ireneo siempre decía que lo más estimulante era trabajar con compañeros que le exigían salir fuera de su zona de confort matemática y llegar a límites para él inexplorados. Este trabajo con Luis Caffarelli era sin duda uno de sus favoritos.

La idea de pasar al límite en problemas dependientes de un parámetro, en busca de comportamientos extremos, fue explorada en una dirección distinta en la tesis doctoral de otro de sus estudiantes, Fernando Charro, defendida en 2009. Juntos estudiaron cómo pasar al límite en la familia de problemas de Dirichlet  $-\Delta_p u = \lambda u^q$  con  $q < p$ , cuando  $p \rightarrow \infty$  y el resto de parámetros crecen de forma adecuada, con  $q/p \rightarrow Q \in (0, 1)$  y  $\lambda^{1/p} \rightarrow \Lambda > 0$ . Con estas velocidades de convergencia, en el límite encontraron soluciones viscosas de un

problema completamente no lineal,  $\min\{|\nabla u| - \Lambda u^Q, -\Delta_\infty u\} = 0$ . Una interesante manera de combinar teoría variacional con las soluciones de viscosidad, y un primer encuentro con el operador  $\infty$ -laplaciano,  $-\Delta_\infty u = -\sum_{i,j} u_{x_i} u_{x_j} u_{x_i x_j}$ , que obligaba a salir fuera del mundo variacional, y que más adelante fue uno de los muchos campos de colaboración con otro gran amigo, Julio Rossi (ver por ejemplo [23]). Gracias al apoyo de Ireneo, Fernando Charro pudo realizar durante su doctorado sendas estancias de investigación en Pittsburgh con Juanjo Manfredi y en Milan con Sandro Salsa y, una vez terminada la tesis, estancias postdoctorales con Luis Caffarelli en Austin y con Xavier Cabré en Barcelona.

Mientras se resolvía su solicitud de una beca postdoctoral Fulbright-MEC con la que a la postre se marcharía a EEUU con Luis Caffarelli, Ireneo le propuso a Fernando trabajar junto con Roberto Argiolas, un visitante italiano recién llegado, en una extensión del principio del máximo de Alexandroff-Bakelman-Pucci (ABP) al  $p$ -laplaciano. Este era un problema que ilusionaba a Ireneo y que ya había mencionado otra vez. Sin embargo, en esa ocasión, Ireneo se presentó con una cuenta manuscrita por él fechada casi diez años antes donde desarrollaba una prueba extremadamente elegante de la ABP para el  $p$ -laplaciano en el caso de soluciones regulares. Estas ideas resultaron ser tremendamente versátiles y permitieron crear un marco común para probar estimaciones de tipo ABP para operadores no lineales elípticos y parabólicos muy generales, incluyendo no solo el  $p$ -laplaciano sino también los operadores de curvatura prescrita y  $k$ -Hessianos ([14]).

En noviembre de 2007 llegaba a Madrid Luigi Montoro, un estudiante italiano. Luigi estaba trabajando en SISSA, Trieste, con Andrea Malchiodi en un problema elíptico de tipo perturbativo, con condiciones mixtas en la frontera. Andrea le comentó a Antonio Ambrosetti que Ireneo estaba interesado en el mismo tipo de problemas. Entonces, en noviembre de 2007, Ambrosetti habló con Ireneo y Luigi marchó a la UAM, donde Ireneo, amabilísimamente, le dio la bienvenida en italiano. Junto con Jesús García Azorero y Andrea Malchiodi estudiaron el problema perturbativo mixto (ver [21])

$$\begin{cases} -\varepsilon^2 \Delta u + u = u^p & \text{en } \Omega; \\ \frac{\partial u}{\partial \nu} = 0 & \text{en } \partial_N \Omega; \quad u = 0 & \text{en } \partial_D \Omega; \\ u > 0 & \text{en } \Omega, \end{cases}$$

analizando la existencia de soluciones del tipo *spike layers*, que se concentran en la interfaz  $\mathcal{I}_\Omega$ , intersección de las clausuras de los dos conjuntos,  $\partial_D \Omega$  y  $\partial_N \Omega$ , en los que se divide la frontera, y estudiando también el comportamiento y análisis cualitativo de las soluciones de mínima energía. En palabras de Luigi,

*El trabajo de esta tesis estuvo siempre acompañado y motivado por el entusiasmo de Ireneo. Él decía: «la Matemática es una ciencia experimental», es necesario probar y probar siempre. Cada día, por la tarde, cansado y feliz concluía «Mañana más pero no mejor, porque es imposible». El año 2007 no fue solo el principio de una tesis doctoral, sino de una colaboración larga, fructífera y constante hasta el final con resultados matemáticos óptimos y también resultados de vida, que Ireneo enseñaba gratuitamente con amor y respeto.*

En 2009, Ireneo incorporó una estudiante más, Susana Merchán, a través de una beca FPI de su proyecto. Susana había hecho un Trabajo Fin de Máster con Ireneo sobre el problema de Kardar-Parisi-Zhang aunque el tema de su tesis giró en torno a la



**Figura 21:** Ireneo con sus alumnas de doctorado A. Primo, Begoña Barrios, Susana Merchán y María Medina.

existencia de soluciones para problemas elípticos y parabólicos con el potencial de Hardy. Susana realizó una estancia predoctoral en la Universidad de la Calabria junto a Luigi Montoro y Berardino Sciunzi que dio lugar a una fluida colaboración con este equipo de matemáticos ([27]). Ireneo tuvo un especial interés en que sus alumnos mantuvieran una estrecha relación de trabajo, incluso terminada la tesis. De esa forma creó una pequeña escuela cuya semilla ha germinado y se mantiene intacta hasta hoy. En ese sentido, Susana, trabajó con Boumediene Abdellaoui y, junto a Ahmed Attar, produjeron varios artículos de un alto nivel.

A finales de 2009 Begoña Barrios, que inicialmente iba a hacer su tesis en Análisis Armónico, atraída por la relación entre esta área y las EDP comenzó a estudiar bajo la dirección de Fernando Soria diversos temas en el campo de los operadores no locales en un momento en el que dicha teoría se expandía a gran velocidad. Fernando, que había trabajado con Luis Caffarelli y Juan Luis Vázquez en la ecuación de los medios porosos con difusión no local, le propuso a Ireneo codirigir la tesis, algo que aceptó de inmediato. Ireneo, con su alegría habitual y encantado de formar parte de ello, entró un día en el despacho de la que sería su nueva alumna y le dijo «Fernando me ha hablado de ti, mañana nos vemos en mi despacho y verás qué bien lo vamos a pasar». Y no se equivocó. Este fue el comienzo de una frenética actividad científica por parte de Ireneo que le llevó a producir en un periodo de pocos años junto a sus estudiantes y colaboradores más de 20 artículos sobre problemas relacionados con difusión no local.

Pero volviendo a la tesis, uno de los primeros trabajos que estudió Begoña analizaba el problema crítico cóncavo-convexo con condiciones de Dirichlet cero para el laplaciano fraccionario espectral  $A_s u(x) := \sum \rho_j^s a_j \varphi_j(x)$ ,  $x \in \Omega$ , siendo  $u(x) = \sum a_j \varphi_j(x)$ ,  $x \in \Omega$  y  $(\varphi_j, \rho_j)$  las autofunciones y autovalores del laplaciano  $(-\Delta)$  en  $\Omega$  con condiciones



Dirichlet cero. Este resultado motivaría el estudio del mismo problema para el operador definido como integral singular unos años más tarde. El siguiente, desarrollado en gran parte durante la estancia predoctoral de Begoña Barrios en la Università degli Studi di Milano Statale con Enrico Valdinoci, versó sobre un argumento de regularidad tipo bootstrap para operadores integro-diferenciales generales

$$Iu(x) = \frac{1}{2} \int_{\mathbb{R}^N} (u(x+y) + u(x-y) - 2u(x))K(x,y) dy,$$

que posteriormente se aplicó para obtener la regularidad  $C^\infty$  de las superficies mínimas no locales en un trabajo conjunto con Figalli y Valdinoci. Este último trabajo, a su vez, permitió a Begoña trabajar con estos dos expertos en el área y establecer una relación matemática y personal que dio lugar a visitas del profesor Valdinoci y de algunos de sus colaboradores a la UAM, creando así momentos de charlas de pizarra en el despacho de Ireneo y el inicio de otras colaboraciones como la del estudio del Teorema de Widder para la ecuación del calor fraccionaria, problema que a él le apasionaba ([15]). Asimismo estas colaboraciones internacionales fueron el impulso para que, tiempo después, Begoña realizara su primer postdoctorado bajo la dirección de Alessio Figalli en la Universidad de Austin.

No todos los trabajos de Ireneo de esta época están relacionados con difusión fraccionaria. En este periodo mantiene una intensa colaboración con Carlos Escudero sobre diversos problemas de la Física relacionados con crecimiento epitaxial así como sobre ecuaciones en derivadas parciales de cuarto orden conjuntamente, entre otros, con Fillipo Gazzola.

En noviembre de 2011 comenzaba su doctorado la que sería la última estudiante de Ireneo, María Medina. Aunque inicialmente esta tesis iba a girar en torno a los operadores de cuarto orden y su interacción con diversas no linealidades, el auge de los fenómenos no locales hizo a Ireneo proponer un cambio en la temática del trabajo. De la mano de Begoña Barrios, que aún era estudiante, ambas comenzaron a estudiar el efecto del potencial de Hardy fraccionario en problemas con el laplaciano fraccionario como operador principal. Esta colaboración culminó en dos trabajos, uno en el que se revisitaba el clásico problema cóncavo-convexo en este marco no local, y un segundo donde se consideran términos singulares en la frontera, teniendo así ecuaciones doblemente singulares. El siguiente paso consistió en estudiar la regularidad de las soluciones de estos problemas con el potencial de Hardy no local en función de la regularidad de los datos. Este análisis derivó a su vez en otros dos trabajos, uno elíptico y otro parabólico, en colaboración con Boumediene Abdellaoui y Ana Primo.

Ha quedado claro que para Ireneo la movilidad internacional era fundamental en la formación de sus estudiantes. No lo fue menos en el caso de María Medina. Así, a lo largo de su tesis María llevó a cabo estancias de formación, primero en la University of Pittsburgh, bajo la supervisión de Juan J. Manfredi, y luego en el Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics (WIAS) de Berlín. En esta última, ya en tercer año de doctorado, María tuvo la oportunidad de colaborar con Enrico Valdinoci y Serena Dipierro y comenzar a estudiar los llamados fenómenos de concentración y los métodos de reducción finito-dimensional ([20]). Este trabajo supuso el final de la tesis de María, pero el inicio del que sería el tema principal de su investigación posdoctoral.

Como ha quedado reflejado en lo que a la recopilación de los trabajos de sus alumnos se refiere, la dirección de tesis ocupó gran parte de la vida académica de Ireneo. Se involucró



en ello, tanto en lo profesional como en lo personal, como pocos lo han hecho. Sus alumnos terminaban sus tesis con un importante bagaje de artículos bajo el brazo. Pero también con la sensación de pertenecer a una familia, la de Ireneo y Magdalena, que les recibía con los brazos abiertos, les ayudaba con sus necesidades del día a día, especialmente a los que no eran de Madrid, celebraba con ellos sus alegrías y les animaba en sus penas, cuando alguna vez las padecieron. Ireneo siempre estaba disponible para ellos y para cualquier otro invitado que llegara al departamento. Creía y defendía la universidad pública de calidad y puso de su parte, como investigador, docente y gestor, todo lo que estuvo en su mano para lograr que la suya lo fuera. Un día calculó la distancia que había recorrido yendo al departamento en sus más de 40 años de servicio en la Universidad Autónoma de Madrid: le salieron cerca de 250.000 kilómetros. Cuando se jubiló, como profesor emérito siguió añadiendo a estos unos pocos más. Tiene razón Borges, *‘esas’ personas están salvando el mundo*.

## Referencias

- [1] B. ABDELLAOUI, A. DALL’AGLIO, I. PERAL, Some remarks on elliptic problems with critical growth in the gradient, *J. Differential Equations* **222** (2006), no.1, 21–62.
- [2] B. ABDELLAOUI, I. PERAL, Existence and nonexistence results for quasilinear elliptic equations involving the p-Laplacian with a critical potential, *Ann. Mat. Pura Appl.* **182** (2003), no.3, 247–270.
- [3] B. ABDELLAOUI, I. PERAL, A. PRIMO, Elliptic problems with a Hardy potential and critical growth in the gradient: non-resonance and blow-up results. *J. Differential Equations* **239** (2007), no. 2, 386–416.
- [4] B. ABDELLAOUI, I. PERAL, A. PRIMO, Breaking of resonance and regularizing effect of a first order quasi-linear term in some elliptic equations, *Annales de l’Institut Henri Poincaré* **25** (2008), no. 5, 962–985.
- [5] B. ABDELLAOUI, I. PERAL, A. PRIMO, Optimal results for parabolic problems arising in some physical models with critical growth in the gradient respect to a Hardy potential. *Adv. Math.* **225** (2010), no. 6, 2967–3021.
- [6] J.A. AGUILAR, I. PERAL, Global behaviour of the Cauchy Problem for some Critical Nonlinear Parabolic Equations, *SIAM Journal in Mathematical Analysis* **31** (2000), no. 6, 1270–1294.
- [7] J. AGUIRRE, I. PERAL, Existence of periodic solutions for a class of nonlinear equations, *Contributions to nonlinear partial differential equations (Madrid, 1981)*, 1–6, Res. Notes in Math. **89**, Pitman, Boston, MA, 1983.
- [8] A. AMBROSETTI, J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Multiplicity of solutions for semilinear and quasilinear elliptic problems. *J. Funct. Anal.* **137** (1996), 219–242.
- [9] A. AMBROSETTI, J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Perturbation of  $-\Delta u + u^{(N+2)/(N-2)} = 0$ , the scalar curvature problem in  $\mathbb{R}^N$  and related topics, *J. Funct. Anal.* **165** (1999), no. 1, 117–149.
- [10] A. AMBROSETTI, J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Elliptic variational problems in  $\mathbb{R}^N$  with critical growth, *J. Differential Equations* **168** (2000), no. 1, 10–32.
- [11] A. AMBROSETTI, J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Existence and Multiplicity Results for Some Nonlinear Elliptic Equations: A Survey, *Rendiconti di Matematica Univ. Roma, Serie VII* Vol. 20 (in Honor to G. Fichera) (2000), 167–198.

- [12] A. AMBROSETTI, J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Remarks on a class of Semilinear Elliptic equations on  $\mathbb{R}^n$ , via perturbation Methods, *Adv. Nonlinear Studies* **1** (2001), 1–15.
- [13] D. ARCOYA, I. PERAL, En recuerdo de un maestro y amigo, Antonio Ambrosetti. *Gac. R. Soc. Mat. Esp.* **24** (2021), no. 1, 25–34
- [14] R. ARGIOLOS, F. CHARRO, AND I. PERAL, On the Aleksandrov-Bakel'man-Pucci estimate for some elliptic and parabolic nonlinear operators, *Arch. Ration. Mech. Anal.* **202** (2011), no. 3, 875–917.
- [15] B. BARRIOS, I. PERAL, F. SORIA, E. VALDINOCI, A Widder's type Theorem for the heat equation with nonlocal diffusion. *Arch. Ration. Mech. Anal.* **213** (2014) no. 2, 629–650.
- [16] L. BOCCARDO, M. ESCOBEDO, I. PERAL, A remark on Elliptic Problems involving critical exponent. *Nonlinear Analysis T.M.A.* **24** (1995), no. 11, 1639–1648.
- [17] L. BOCCARDO, L. ORSINA, I. PERAL, A remark on existence and optimal summability of solutions of elliptic problems involving Hardy potential. *Discrete Contin. Dyn. Syst.* **16** (2006), no. 3, 513–523.
- [18] L. A. CAFFARELLI, I. PERAL, On  $W^{1,p}$  estimates for elliptic equations, *Comm. in Pure Appl. Math.* **51** (1998), 1–21.
- [19] E. COLORADO, I. PERAL, Eigenvalues and bifurcation for elliptic equations with mixed Dirichlet-Neumann boundary conditions related to Caffarelli-Kohn-Nirenberg inequalities. *Topol. Methods Nonlinear Anal.* **23** (2004), no. 2, 239–273.
- [20] S. DIPIERRO, M. MEDINA, I. PERAL, E. VALDINOCI, Bifurcation results for a fractional elliptic equation with critical exponent in  $\mathbb{R}^n$ , *Manuscripta Mathematica* **153** (2017), no. 1, 183–230.
- [21] J. GARCÍA AZORERO, A. MALCHIODI, L. MONTORO, I. PERAL, Concentration of solutions for some singularly perturbed mixed problems: existence results. *Arch. Ration. Mech. Anal.* **196** (2010), no. 3, 907–950.
- [22] J. GARCÍA AZORERO, J.J. MANFREDI, I. PERAL, Sobolev versus Hölder Minimizers with Applications to Quasilinear Elliptic Equations, *Comm. in Contemporary Math.* **2** (2000), no. 3, 385–404.
- [23] J. GARCIA AZORERO, J.J. MANFREDI, I PERAL, J. ROSSI, D. Limits for Monge-Kantorovich mass transport problems. *Comm. Pure Appl. Anal.* **7** (2008), no. 4, 853–865.
- [24] J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Existence and nonuniqueness for the p-laplacian: Nonlinear eigenvalues, *Comm. in Partial Differential Equations* **12** (1987), no. 12, 1389–1430.
- [25] J.GARCÍA AZORERO, I. PERAL, Multiplicity of solutions for elliptic problems with critical exponents or with a non-symmetric term. *Trans. Amer. Math. Soc.* **323** (1991), no. 2, 877–895.
- [26] J. GARCÍA AZORERO, I. PERAL ALONSO, Hardy inequalities and some critical elliptic and parabolic problems. *J. Differential Equations* **144** (1998), no. 2, 441–476.
- [27] S. MERCHÁN, L. MONTORO, I. PERAL, B. SCIUNZI, , Existence and qualitative properties of solutions to a quasilinear elliptic equation involving the Hardy-Leray potential, *Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire* **31** (2014), no. 1, 1–22.
- [28] I. PERAL ALONSO Entrevista a Yves Meyer, Premio Abel 2017, un excepcional matemático, itinerante y visionario. *Gac. R. Soc. Mat. Esp.* **20** (2017), no. 3, 493–512
- [29] I. PERAL, F. SORIA, *Elliptic and Parabolic Equations Involving the Hardy-Leray Potential*, De Gruyter Series in Nonlinear Analysis and Applications **38**, 2021.
- [30] I. PERAL, J.L. VAZQUEZ, On the Stability or Instability of the Singular Solution of the Semilinear Heat Equation with Exponential Reaction Term. *Arch. Ration. Mech. Anal.* **129** (1995), no. 3, 201–224.

## 5.2 Irene Peral y el renacer de las matemáticas en España

Yves Meyer

École Normale Supérieure Paris-Saclay, Francia

---

La singular trayectoria de Irene Peral Alonso<sup>6</sup> se entiende mejor si se tiene en cuenta la situación de la investigación científica en España, a finales de los años 60, momento en el que Irene era estudiante. En esos años fue cuando la Escuela Matemática Española tomó impulso. La noche había sido profunda, larga y dolorosa. Sin embargo, algunos matemáticos españoles de la generación anterior habían procurado mantener la llama encendida. Tuve la suerte de coincidir con Ferran Sunyer i Balaguer en un congreso de análisis armónico en Oberwolfach en 1965, dos años antes de su muerte. Fue mucho más tarde cuando conocí a Alberto Dou.

España destacaba desde hacía tiempo por sus investigaciones en biología y medicina. La obra de Santiago Ramón y Cajal, completada por la de David Hubel, de Torsten Wiesel y de David Marr, conducirá a los trabajos revolucionarios sobre las redes de neuronas convolutivas de Yann Le Cun. El bioquímico Severo Ochoa se marchará de España en 1936 para emigrar a Estados Unidos, tras una breve estancia en Alemania. Ochoa se hizo ciudadano estadounidense en 1956. Renunció entonces a la ciudadanía española. Obtuvo el premio Nobel de Fisiología en 1959. Pero la España de los estudiantes y de los investigadores seguirá viva en su corazón. Así es como Ochoa y Alberto Sols fundaron en 1963, mucho antes del final de la noche, la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular. En 1971 Ochoa fue nombrado director del Departamento de Biología Molecular que acababa de crearse en la nueva Universidad Autónoma de Madrid. En 1975 Ochoa volvió definitivamente a España.

Pero regresemos a la matemáticas. En abril de 1964 Alberto Calderón impartía en la Complutense de Madrid un curso sobre Análisis de Fourier. Se fijó allí en un estudiante especialmente brillante. Era Miguel de Guzmán. Calderón se propuso dirigir la tesis de Miguel. Miguel pasó entonces cuatro años en Estados Unidos, para regresar en 1969. De vuelta a Madrid, Miguel creó un grupo de investigación muy activo, y dirigió numerosas tesis de doctorado, entre ellas las de Irene y Magdalena Walias. Algunos jóvenes matemáticos españoles siguieron el ejemplo de Miguel de Guzmán y marcharon a Estados Unidos para empezar una tesis. Otros estudiaron en Francia. Ese fue el caso de Ildefonso Díaz, que defendió su tesis en 1976 (directores Alberto Dou y Haïm Brezis), de Jesús Hernández, que defendió su tesis en 1977 (directores Haïm Brezis y José Antonio Fernández Viña) y de Juan Luis Vázquez que defendió la suya en 1979 (directores Ildefonso Díaz y Haïm Brezis). Irene eligió quedarse en España.

Antoni Zygmund admiraba el renacer de las matemáticas españolas. Pero le preocupaba que, en el campo del Análisis de Fourier, los jóvenes matemáticos españoles se especializaran en problemas que pudieran posteriormente resultar demasiado estrechos. Yo compartía la misma preocupación, pero pensaba que algunos de los alumnos de Miguel de Guzmán serían capaces de abandonar el puerto y salir a navegar en alta mar. Así hizo Irene. A Irene le gustaban los desafíos arriesgados. Hacia 1980, se decantó por el

---

6. No me hubiese sido posible escribir este homenaje sin la valiosa ayuda de Magdalena Walias, de Juan Carlos Peral y de Miguel Escobedo.

estudio de las ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Tenía 34 años y acababa de ser padre. Algunos matemáticos españoles como Ildefonso Díaz, Jesús Hernández y Juan Luis Vázquez habían realizado su tesis en ese campo y llevaban ya un cierto tiempo trabajando en el estudio de las ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Cuando Ireneo decidió trabajar en esa área redobló sus esfuerzos para alcanzar el nivel que se exigía a sí mismo, sin poder beneficiarse de los consejos y ánimos de ningún maestro. Como escribe Cervantes, *cada uno es hijo de sus obras*, y esto bien puede aplicarse a Ireneo.

Las ecuaciones en derivadas parciales son uno de los más bellos capítulos de las matemáticas. Constituyen una interfaz entre las matemáticas y el mundo que nos rodea. Sirven para modelizar los fenómenos físicos y predecir su evolución. Por ejemplo, las ecuaciones en derivadas parciales son esenciales en el estudio y comprensión del cambio climático. Profundizar en el conocimiento de la naturaleza requiere matemáticas bellas y difíciles. Así, los agujeros negros y las ondas gravitacionales han sido primero soluciones de ecuaciones en derivadas parciales. No fueron detectados hasta mucho después, el 14 de septiembre de 2015. Pero esta eficacia tiene un precio. En primer lugar, el problema estudiado debe ser de interés para la Física, o la Mecánica (o incluso otros campos del saber). Luego, la búsqueda de un modelo pertinente y de herramientas matemáticas adecuadas es a menudo una tarea difícil, que requiere una doble competencia, en Matemáticas y en Física. Puede ocurrir que el modelo venga directamente dado por la Física y que las herramientas necesarias vengan dictadas por las leyes de conservación. Pero rara vez sucede, y más a menudo el trabajo del matemático consiste en descubrir lo que podríamos llamar nuevas leyes de conservación e incluso nuevas leyes físicas. Es el caso de la simulación numérica de la combustión en los motores de cohetes: descansa por supuesto sobre las leyes fundamentales que rigen los flujos de fluidos y las leyes de la Química. Pero eso es todo, porque no existen todavía leyes propias de la combustión. Finalmente, el análisis matemático de una ecuación en derivadas parciales es el requisito previo indispensable para su resolución numérica. Esta requiere encontrar códigos de cálculo eficaces. Solo entonces puede el trabajo matemático desarrollado tener aplicaciones científicas o industriales. Jacques-Louis Lions fue capaz de llevar a cabo este programa científico en su globalidad. Saludemos su influencia en el renacer de las Matemáticas Aplicadas españolas.

Tras siete años de trabajo Ireneo estaba en condiciones de organizar, junto con Antonio Córdoba y Juan Luis Vázquez, una escuela de verano sobre ecuaciones en derivadas parciales (Encuentro internacional de ecuaciones en derivadas parciales). Tuvo lugar en la Universidad Menéndez Pelayo de Santander del 29 de junio al 3 de julio de 1987. Allí conoció Ireneo a Luis Caffarelli y Louis Nirenberg. Este último le aconsejó colaborar con la Escuela Italiana. Caffarelli le invitó al Institute for Advanced Study de Princeton.

Ireneo escribió 138 artículos. Muchos son notables, tanto por el interés de los problemas estudiados como por la belleza de las herramientas matemáticas utilizadas. Elijo tres, de manera un tanto egoísta. *Some fourth order nonlinear elliptic problems related to epitaxial growth* está escrito en colaboración con Carlos Escudero. *Global existence versus blow-up results for a fourth order parabolic PDE involving the Hessian* es la continuación del anterior y es un trabajo en colaboración con Carlos Escudero y Filippo Gazzola. En estos, Ireneo y sus colaboradores estudian de manera macroscópica el crecimiento epitaxial de una capa rugosa. Es un problema que proviene de la física-matemática y cuyas aplicaciones científicas e industriales son importantes. Las herramientas matemáticas utilizadas por Ireneo son absolutamente notables. Van del *Mountain Pass Lemma*, en la versión de Ambrosetti y de Rabinowitz, al teorema sobre la compacidad por compensación, que



**Figura 22:** Ireneo y Magdalena con sus nietos.

prolonga los resultados de Murat y Tartar y utiliza el espacio de Hardy  $H^1$ . Ireneo está tan presente, tan vivo, en estos dos trabajos que me gustaría poder hablar todavía con él sobre ellos.

El tercer artículo del que deseo hablar es un trabajo en colaboración con Luis Caffarelli. Ireneo estaba entonces invitado (otoño 1992) por Caffarelli en el Institute for Advanced Study de Princeton. Utilizando de manera magistral el famoso lema de Calderón-Zygmund, Ireneo y Luis mejoraron las estimaciones  $W^{1,p}$  para las soluciones de ecuaciones elípticas en forma de divergencia. Volvía así Ireneo a las herramientas aprendidas con Miguel de Guzmán.

Remonto un poco en el tiempo. Invitado, el 16 de diciembre de 1981, en el seminario Goulaouic-Schwartz de la École Polytechnique, Ireneo nos habló de sus resultados recientes sobre la ecuación de ondas no lineal. Su hija mayor, Irene, tenía dos años y su hija pequeña, Magdalena, uno. Estaba loco de felicidad por ser padre. Pero, me decía, eso le obligaba a mantener una disciplina estricta en la gestión del tiempo. Debía, siempre disfrutando de la presencia de sus dos hijas, intentar trabajar tanto como antes. En realidad estas nuevas obligaciones lo estimulaban. A Ireneo le gustaba enfrentarse a los desafíos. Y ¿qué decir de Ireneo abuelo? Su felicidad estalla en la fotografía que acompaña mi testimonio. Sus cuatro nietos: Iria, Óscar, Laura y Jaime lo llenaban de orgullo.

Durante cuarenta años Ireneo ha proseguido con coraje y entusiasmo sus investigaciones sobre las ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Amaba compartir sus ideas y entre sus colaboradores encontramos tanto los mayores nombres (como Luis Caffarelli y Antonio Ambrosetti) como los más jóvenes y menos conocidos (como Boumediene Abdellaoui, que trabaja en Tlemcen, Argelia). Su alegría de vivir y su felicidad juvenil por crear, enfrentarse y resolver problemas matemáticos arduos eran tan fuertes que iluminaban su vida profesional. Cuando dejaba a Ireneo, tras pasar un día con él, recobraba

ánimo, me sentía más fuerte y el mundo era más bello. Ireneo era muy sensible y atento con los demás y, al mismo tiempo, muy exigente. La amistad y la lealtad no podían desfallecer. Enseguida sentí una gran simpatía por la pareja que Ireneo formaba con Magdalena. Frecuentarlos me llevó a hacerme de España una idea diferente de la que tenía en mi juventud. Ireneo y Magdalena suavizaron mi visión maniquea (la de la izquierda francesa). Por la fuerza y la belleza de su trabajo de investigador y por el calor de su vida familiar, Ireneo me demostraba que una España diferente podía existir, una España que se le pareciese, realista y con talento, fuerte y generosa, liberada de los mitos del pasado.



### 5.3 Ireneo Peral en la memoria

**Luis Caffarelli**

University of Texas at Austin, EE.UU.

---

Nací y crecí en Buenos Aires una ciudad muy conectada con España. Después de la secundaria fui admitido en el Centro de Ciencias de la Universidad de Buenos Aires, que albergaba, entre otras, secciones de Matemáticas, Física y Química. Entre los profesores que impartían cursos avanzados había varios de un alto nivel científico que habían emigrado de España con motivo de la Guerra Civil. Gracias a estos tuve la oportunidad de recibir una educación científica muy sólida. Entre ellos se encontraba Luis Santaló, al que recuerdo con mucho cariño, que me ayudó a avanzar en geometría y análisis.

Realicé el doctorado en Buenos Aires y obtuve una beca posdoctoral para ir a Estados Unidos. En ese momento en Europa y EE. UU. existía una red internacional de científicos y, en particular, jóvenes y excelentes matemáticos en España involucrados con el Análisis Real y sus aplicaciones. A través de la Universidad Menéndez Pelayo en España y varias instituciones en los Estados Unidos integradas con ella (Instituto de Estudios Avanzados, el Instituto Courant, la Universidad de Chicago) desarrollé investigaciones comunes y conexiones con varios de estos matemáticos, como Juan Luis Vázquez, Antonio Córdoba, Fernando Soria o Rafael de la Llave. Y entre ellos también con Ireneo, un matemático igualmente brillante.

Cuando lo conocí, él era joven y, sin embargo, ya me pareció un científico con un profundo conocimiento de las propiedades estructurales del Análisis. Su trabajo a lo largo del tiempo ha consistido en estudiar ecuaciones que describen fenómenos naturales por un lado y que requieren estructuras matemáticas muy complejas por otro, lo que implica un esfuerzo considerable para superar esa complejidad. Personalmente siempre tuve una gran admiración por la comprensión matemática que poseía en su trabajo. Ireneo tenía una forma natural de avanzar a través de las dificultades de un problema matemático confrontando entre sí cada una de las posibles líneas estructurales que se podían presentar. De hecho, su trabajo es muy valorado como lo atestigua, por ejemplo, el gran número de menciones que ha recibido en sus artículos y que se pueden consultar en MathSciNet. No solo su obra tuvo cientos de citas, sino que estas citas han sobrevivido al paso del tiempo



y aparecen en artículos actuales de revistas fundamentales. Para mí fue una enorme satisfacción que Ireneo, con el que ya había empezado a trabar una gran amistad, visitara el Instituto de Estudios Avanzados. De esta forma tuvimos la oportunidad de desarrollar ideas y nuevos métodos, algunos de los mejores que he encontrado en mi trabajo. Puedo decir que estoy muy orgulloso de esa colaboración que pude mantener con él.

Para completar el retrato de Ireneo en este breve escrito, me queda agregar su profundo sentido de humanidad. Como ya he dicho, habíamos desarrollado a lo largo de estos años una gran amistad compartiendo momentos agradables, expectativas comunes, celebraciones de felicidad. De hecho, nuestro último recuerdo es de hace unos meses, de visita en Madrid, disfrutando de una cena llena de felicidad con él y su esposa, Magdalena Walias, Ángeles Encinar y su esposo Fernando Soria e Irene Gamba, mi esposa. Todo discurría en un ambiente plácido, y en nuestra conversación nuestras matemáticas eran el presente, nuestros hijos eran el futuro. Él quedará grabado en nuestra memoria para siempre.



#### 5.4 «Per Ireneo»

**Lucio Boccardo**

Sapienza Università di Roma, Italia

---

Ireneo, esta mañana vendré de nuevo a la Autónoma.

En la quinta planta, sobre la puerta de tu despacho, leeré «Sed breves con las malas noticias».

Hoy no tengo malas noticias. La última vez que vine, tenía una: Ireneo, no hemos ganado la Medalla Fields; tú me respondiste: la próxima vez intentaremos ser más jóvenes.

Hoy no tengo malas noticias. Empezaremos trabajando en la pizarra; después de un rato, me llevarás a la cafetería para un *cappuccino*: tú esperas que el café del *cappuccino* haga de mí un coautor de nivel Medalla Fields; no es verdad, pero me alegran el *cappuccino* y las charlas amistosas.

Hoy no tengo malas noticias, pero te desvelaré un secreto: fui el *referee* de tu artículo sobre Hardy; y estoy contento de haberlo sido. Pues continuaremos trabajando, como hacemos cuando estamos juntos: con serenidad, pasión por las EDP y con amistad entre nosotros.

Ireneo, estoy subiendo a la quinta planta.



## 5.5 Irene Peral: mi hermano mayor

Juan Carlos Peral

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

---

En estas líneas me referiré a mi hermano Irene, que nos dejó de forma prematura el día 16 de febrero de 2021. No entraré en su trabajo matemático porque otros, con mayor conocimiento del mismo, ya lo glosan en estas páginas.

Han pasado unos meses desde el fallecimiento de Irene, mi querido hermano mayor, y en este tiempo hay dos ideas que vuelven una y otra vez a mi mente y creo que reflejan bien mis sensaciones tras su inesperada muerte.

La primera se puede resumir con este verso de un poeta de la generación del 27:

*Cuando yo vine al mundo, ya estaba todo hecho.* (Luis Felipe Vivanco)

Para mí, su significado describe muy bien mis sentimientos sobre el papel tutelar y el profundo sentido familiar que mi hermano tuvo siempre y que yo experimenté desde la infancia. Irene, Ito como le llamábamos nosotros, era cuatro años mayor que yo y era el que en los lejanos tiempos de nuestra infancia y adolescencia, primero en Madrid, donde nacimos él, nuestra hermana María del Carmen y yo, y luego en Bercimuelle (Salamanca), donde nacieron los dos pequeños, Julián y Germán, era, como decía, el hermano mayor, el protector que cuidaba de mí en la escuela de Bercimuelle si algún chico osaba meterse conmigo. Más de uno se llevó un buen pescozón por intentarlo.

Compartíamos habitación y muchas veces desde su cama en voz alta hacía como si fuese un locutor de radio y relataba sus crónicas para que yo las escuchase, absolutamente embelesado, desde la mía. Podía tratarse de las victorias de su equipo de fútbol favorito, como es bien sabido el Real Madrid, o de relatos de la actualidad diaria o referencias a noticias importantes de aquellos tiempos, como el asesinato de Kennedy. Tras estos años, en Bercimuelle, Irene cursó sus estudios preuniversitarios y el primer curso de universidad en Salamanca. Se alojaba en una pensión de la calle San Justo. Curiosamente la misma calle en la que vivieron unos años nuestros abuelos paternos y nuestro padre, Irene, mientras comenzaba, también él, sus estudios de Exactas, como se decía entonces para referirse a las Matemáticas.

Durante ese curso en Salamanca sucedió algo fundamental en su vida: conoció a Magdalena, que era compañera de clase. Años después se casarían frente al bellissimo retablo de Nicolás Florentino en la catedral románica de Salamanca, más conocida como la Catedral Vieja. También en ese curso en Salamanca decidió que estudiaría matemáticas.

Las matemáticas eran algo natural en nuestra casa ya que nuestro padre, como licenciado en Matemáticas, tenía ejemplares del análisis de Goursat, de la geometría proyectiva de Enriques o de las gruesas tablas de logaritmos de Schron y otros muchos textos de la época, libros que aún conservamos. De vez en cuando nuestro padre nos daba clase en un viejo encerado negro mientras nuestra madre, María del Carmen, se ocupaba de la casa.

Esa elección de las Matemáticas hecha por mi hermano me acabó de decidir a mí también por la misma disciplina. Es decir, mi hermano ha supuesto no solo una especie de manto protector en mi infancia, sino también alguien que iba sirviendo de guía y abriendo camino en diferentes aspectos.



**Figura 23:** Ireneo y Magdalena.

Creo que esto explica esa sensación que me transmite el verso que citaba al principio, y que ahora transcribo de nuevo, *cuando yo vine al mundo, ya estaba todo hecho*, cuando pienso en mi hermano Ireneo.

Pasados estos años en Bercimuelle la familia volvió a Madrid, donde Ireneo siguió con el segundo curso hasta finalizar la licenciatura y luego entró en el Departamento que dirigía el padre Alberto Dou. Allí conoció a Miguel de Guzmán, recién llegado de Chicago, y con él hizo su tesis doctoral.

De su desarrollo profesional posterior se da cumplida cuenta en otros testimonios por lo que no insistiré en ello.

Sí mencionaré algo que me parece muy relevante, y es que fue capaz de compaginar su investigación, sus viajes y el mantenimiento de una amplia red de contactos con matemáticos de primera fila de varios países con su vida familiar, puesto que pronto nacieron Irene y Magdalena, sus queridísimas hijas. Después vinieron sus cuatro nietos: Iria, Óscar, Laura y Jaime. Los *cuatro magníficos*, como él solía decir, eran una auténtica pasión para Ireneo.

Durante esta época tuvo habilidad e inteligencia para reorientar su investigación y centrarse en cuestiones centrales de las EDP. Esto quiero destacarlo mucho, ya que supuso un esfuerzo personal muy importante. Desarrolló también una amplia labor de dirección y colaboración, como atestigua el amplio número de personas que de una u otra forma han colaborado y publicado con Ireneo. Era un trabajador incansable, de hecho los días previos a su hospitalización acabó de revisar las pruebas de imprenta de su libro con Fernando Soria, *Elliptic and parabolic equations involving the Hardy-Leray potential*,

publicado recientemente.

Acabaré con esa segunda idea que mencionaba al principio. Cuando estos meses he tratado de buscar algún paliativo para la tristeza provocada por su muerte, lo único que venía una y otra vez a mi mente es que Ireneo vivió una vida intensa y plena, la vida que a él le gustaba, dedicada a su pasiones: la familia, las amistades y las matemáticas, siempre con entusiasmo, con alegría, con generosidad y con un inmenso goce de la vida.

Estos pensamientos son el único y escaso alivio que encuentro a la enorme pena producida por su muerte y rememorando a los clásicos acabo con estos versos:

*... y aunque la vida perdió,  
dejónos harto consuelo su memoria.*



## 6 Anuncios

### 6.1 Journée scientifique du groupe SMAI-SIGMA, Mardi 19 Octobre 2021

<http://smai.emath.fr/spip/spip.php?article839&lang=fr>

Le groupe thématique SIGMA (Signal-Image-Géométrie-Modélisation-Approximation) de la SMAI organise sa journée de rencontre annuelle le mardi 19 Octobre 2021.

**Lieu :** Laboratoire Jacques-Louis Lions, Sorbonne Université, Salle 309, couloir 15-16, site Jussieu.

Cette journée aura lieu en présentiel. Il sera néanmoins possible de la suivre à distance par zoom :

<https://us02web.zoom.us/j/87544565014?pwd=OSszMUo0ZTRCKzhBdEVITk1jRTd2dz09>

#### Programme (exposés en français)

**9h00-9h30** Accueil des participants

**9h30-10h20** Emilie Chouzenoux (Inria, Saclay) «Majorization-Minimization algorithms : New convergence results in a stochastic setting»

**10h20-10h50** Pause café

**10h50-11h40** Nicolas Courty (IRISA, Rennes) «Co-Optimal Transport : definition, applications to machine learning and links with multi-marginal transport problems»

**11h40-12h30** Damiano Lombardi (Inria, Paris) «Adaptive tensor methods for scientific computing»

**12h30-14h30** Buffet déjeuner + AG du groupe SIGMA à 13 :30

**14h30-15h20** Didier Henrion (LAAS-CNRS, Toulouse) «Comment reconstruire une fonction à partir d'un petit nombre de moments»

**15h20-16h10** Claire Brecheteau (Université Rennes) «Approximation de données par des unions d'ellipsoïdes et partitionnement»

**16h10-16h40** Pause café

**16h40-17h30** Elsa Cazelles (IRIT-CNRS, Toulouse) «A novel notion of barycenter for probability distributions based on optimal weak mass transport»

**17h30-18h20** Gabriel Peyré (CNRS, ENS, Paris) : «Optimisation lisse bi-niveau pour la régularisation parcimonieuse»

L'inscription pour venir en présentiel est obligatoire pour des raisons de logistique, pour s'inscrire, envoyer un message à :

[albert.cohen@sorbonne-universite.fr](mailto:albert.cohen@sorbonne-universite.fr)

## 6.2 New Bridges between Mathematics and Data Science

<http://nbmds.uva.es>



Understanding the world through data and computation has always been at the heart of scientific discovery. In the past decade primarily data-driven approaches, such as neural networks, have been very successful. Nevertheless, the reason for this success is to some extent mysterious and raises multiple questions regarding the robustness, explainability, interpretability and fairness of the algorithms used. The answer to these questions is crucial when it comes to decision making.

In recent years, there has been increasing activity in building bridges between these new ideas and other well-established approaches based on models typically derived from first principles. However, the computational cost of the latter makes them unaffordable except in low dimensions, which is a limitation from which neural networks are exempt. Establishing solid connections between these two different points of view have already proved to be extremely fruitful.

The Spanish ‘Mathematical Strategic Network’ (Red Estratégica de Matemáticas, REM) organizes a one-week workshop in **8-11 November 2021 in Valladolid**, Spain, with the aim of bringing together researchers in mathematics, machine learning, and data science, to exchange ideas and progress in the construction of new bridges among these fields and make visible the work already done.

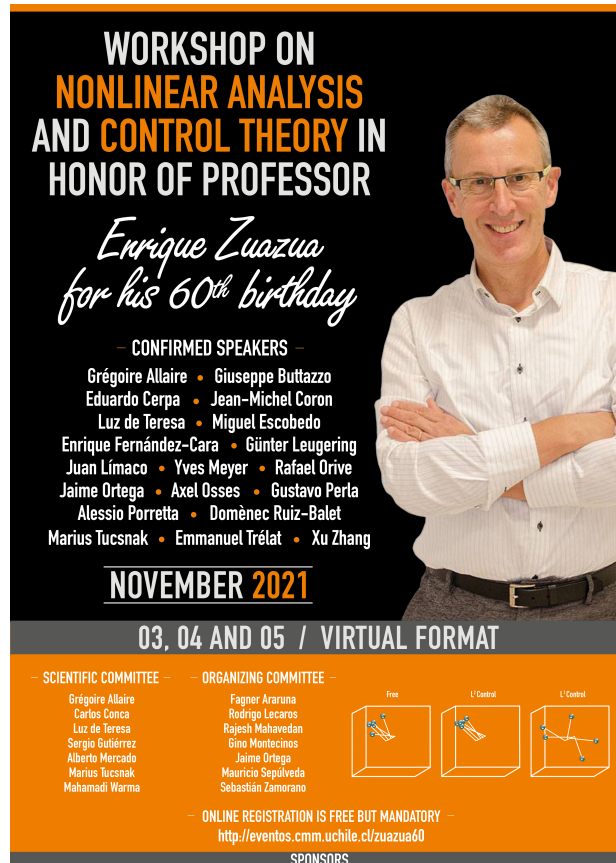
The workshop will be structured around five **plenary sessions** by leading scientists on the international scene, plus three **round-tables** and a large number (20-25) of thematic **minisymposia**.

The REM is a network of mathematical research institutes which aims at fostering the international presence of the Spanish research in mathematics, the creation of synergies among the mathematical scientific community and the socioeconomic impact of Spanish mathematical research. It promotes the dissemination and transfer of mathematical technology, orienting research towards the needs of companies, industries and public administrations.





### 6.3 Non-Linear Analysis and Control Theory



**WORKSHOP ON  
NONLINEAR ANALYSIS  
AND CONTROL THEORY IN  
HONOR OF PROFESSOR**

*Enrique Zuazua  
for his 60<sup>th</sup> birthday*

— CONFIRMED SPEAKERS —

Grégoire Allaire • Giuseppe Buttazzo  
Eduardo Cerpa • Jean-Michel Coron  
Luz de Teresa • Miguel Escobedo  
Enrique Fernández-Cara • Günter Leugering  
Juan Limaco • Yves Meyer • Rafael Orive  
Jaime Ortega • Axel Osses • Gustavo Perla  
Alessio Porretta • Domènec Ruiz-Balet  
Marius Tucsnak • Emmanuel Trélat • Xu Zhang

**NOVEMBER 2021**

**03, 04 AND 05 / VIRTUAL FORMAT**

— SCIENTIFIC COMMITTEE —

Grégoire Allaire  
Carlos Conca  
Luz de Teresa  
Sergio Gutiérrez  
Alberto Mercado  
Marius Tucsnak  
Mahamadi Warma

— ORGANIZING COMMITTEE —

Fagner Araruna  
Rodrigo Lecaros  
Rajesh Mahaveedan  
Gino Montecinos  
Jaime Ortega  
Mauricio Sepúlveda  
Sebastián Zamorano

— ONLINE REGISTRATION IS FREE BUT MANDATORY —  
<http://eventos.cmm.uchile.cl/zuazua60>

**SPONSORS**

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
CMM Center for Mathematical Modelling  
FACULTAD DE CIENCIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO E INNOVACIÓN

El taller en *Non-Linear Analysis and Control Theory* se va a celebrar los próximos días 3 al 5 de noviembre para celebrar el 60 cumpleaños del profesor Enrique Zuazua Iriondo. Esta actividad está organizada por el **Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile**.

Debido a la crisis sanitaria la actividad se realiza por videoconferencia. El acceso es libre pero uno debe registrarse previamente en su página web. Para más información visitar la página:

<https://eventos.cmm.uchile.cl/zuazua60/>

Rafael Orive

## 6.4 Four full professorships - Open topic in Data Science



Our newly established Department of Data Science (DDS) is looking for **4** Full Professors - Open Topic in Data Science within the context of the High-Tech Agenda Bavaria.

**Positions available: 4.**

**Location:** Department of Data Science, FAU Erlangen-Nürnberg (Germany).

**DEADLINE:** November 15th, 2021.

We seek to appoint leading experts (including early career scientists) with internationally visible research and teachings profiles in the mathematical aspects of data science, i.e:

- Statistical modelling
- Mathematical foundations of machine learning
- Modern algorithms for data science
- Numerical analysis
- Harmonic analysis
- Mathematical analysis of large data sets
- Mathematics of edge computing
- Information geometry
- Statistical manifolds

**SEE MORE**



## 6.5 27th Edition of the International Conference on Transport Theory

<https://events.unibo.it/ictt-27/>



This is the first announcement for the upcoming International Conference on Transport Theory, ICTT-27, to be organized in Bertinoro (near Bologna, Italy) at the convention center of the University of Bologna. The conference will take place at this venue - pending Covid-19 health restrictions - December 12-18, 2021.

### Organizing scientific

Domiziano Mostacci (Bologna University)  
Maria Groppi (Parma University)  
Jorge Fernández (Bologna University)  
Francesco Teodori (Bologna University)  
Paola Di Marzo (Bologna University)  
Davide Giusti (Enea Bologna)  
Federico Rocchi (Enea Bologna)  
Salvatore Lepiane (Bologna University)

### Scientific committee

Barry Ganapol (University Of Arizona), Chair  
Luigi Barletti (Florence University)  
Bardo Bodmann (Universidade Federal do Rio Grande Do Sul)  
Jorge Fernández (Bologna University)  
Roberto Furfaro (University Of Arizona)  
Nick Gentile (Lawrence Livermore National Laboratory)  
Maria Groppi (Parma University)  
Fausto Malvagi (Institut de Radioprotection et Sureté Nucléaire)  
Domiziano Mostacci (Bologna University)  
Imre Paszít (Chalmers University Of Technology)  
Alberto Previti (Framatome)  
Anil Prinja (University Of New Mexico)  
Richard Sanchez (CEA)  
Marco Sumini (Bologna University)  
Andrea Zoia (CEA)

### Contacts

For more informations please check the workshop [web-site](#), or contact [domiziano.mostacci@unibo.it](mailto:domiziano.mostacci@unibo.it), [mmichelacci@ceub.it](mailto:mmichelacci@ceub.it) (local organizing secretariat).



## 6.6 Actividades del Instituto de Matemáticas de la Universidad de Sevilla, IMUS



### Entradas en el blog

- [Matemáticas en tiempos de cólera](#), 14 de junio de 2021.
- [Un punto en la mediatriz](#), 18 de junio de 2021.
- [Modelando una epidemia I: Confinamientos](#), 19 de junio de 2021.
- [Cardano, o lo que realmente significó ser un genio del Renacimiento](#), 23 de junio de 2021.
- [Creación artística y creación matemática](#), 25 de junio de 2021.
- [Poniendo un poco de orden III: Heisenberg vs Schrödinger](#), 28 de junio de 2021.
- [Las agujas del reloj](#), 2 de julio de 2021.
- [Solución: Las agujas del reloj](#), 14 de julio de 2021.
- [Al-Bīrūnī: más ácido que el vinagre, I](#), 6 de septiembre de 2021.
- [Progresiones aritméticas](#), 10 de septiembre de 2021.
- [La hipsometría en la Nueva Granada](#), 20 de septiembre de 2021.
- [¿Dios juega a los dados?](#), 21 de septiembre de 2021.
- [Solución: Progresiones aritméticas](#), 22 de septiembre de 2021.
- [La Inteligencia Artificial y la Solución de Problemas](#), 23 de septiembre de 2021.
- [El día del examen](#), 24 de septiembre de 2021.

## 6.7 Basque Center for Applied Mathematics: Severo Ochoa Course program



BCAM - Severo Ochoa Course program in Pure Mathematics with 3 courses:

### 6.7.1 Course 1

27 September - 15 November. Mondays and Wednesdays 16:00-18:00

#### Course Online

GROUP COHOMOLOGY AND BIERI-STREBEL-NEUMANN-RENN IN-VARIANTS

C. Martínez (Universidad de Zaragoza)

Inaugural lecture: Peter Kropholler (University of Southampton). Wednesday, September 29th, 2021 at 12:00.

### 6.7.2 Course 2

10 January - 22 February, 2022. Mondays and Wednesdays 16:00-18:00. It will also take place Friday, February 11th from 16:00 to 18:00

#### Course BCAM and Online.

HARMONIC ANALYSIS

I. Parissis (UPV/EHU), L. Roncal and M. Sousa (BCAM)

Inaugural lecture: M. J. Carro (U. Complutense de Madrid). Wednesday, December 15th 2021, from 12:00 to 13:45.

### 6.7.3 Course 3

01 March - 05 May, 2022. with a 2 weeks break for Easter. Tuesdays and Thursdays from 16:00 to 18:00

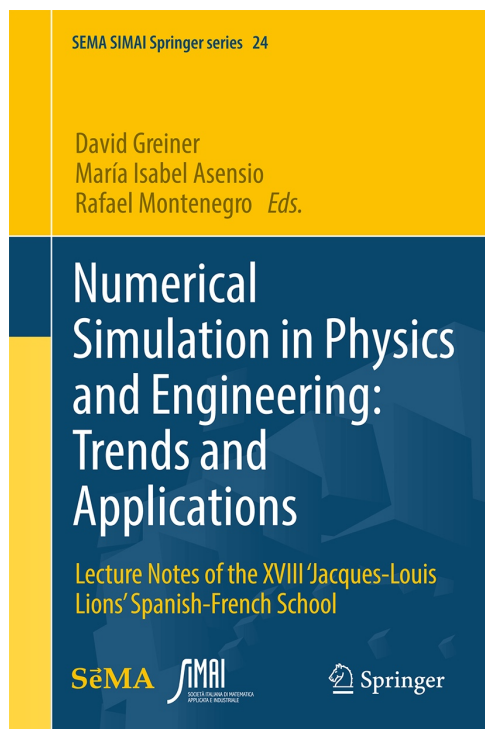
#### Course UPV/EHU and Online

KÄHLER MANIFOLDS

M. Fernández (UPV/EHU)

Inaugural lecture: V. Apostolov (Université du Québec à Montréal) February 2022, precise time to be announced.

## 6.8 Nuevo volumen de la serie SEMA-SIMAI: *Lecture Notes of the XVIII Jacques-Louis Lions Spanish-French School*



Ya está disponible un nuevo volumen de la prestigiosa serie SEMA-SIMAI donde se recogen los principales resultados de los cursos y conferencias impartidos durante la XVIII Escuela Hispano-Francesa Jacques-Louis Lions de Simulación Numérica en Física e Ingeniería, que tuvo lugar en Las Palmas de Gran Canaria del 25 al 29 de junio de 2018.

Este volumen, editado por David Greiner, María Isabel Asensio y Rafael Montenegro Armas, consta de seis capítulos y es muy recomendable para estudiantes graduados en Matemáticas o Ingeniería interesados en la simulación numérica, ya sea como tema de investigación o en el campo de las aplicaciones industriales.

También puede interesar a investigadores y técnicos de alto nivel que trabajan en la industria y que están interesados en el uso de técnicas numéricas de última generación. Además, el libro se puede utilizar como libro de texto para cursos de máster en Matemáticas, Física o Ingeniería.

Puedes consultar el contenido del mismo en el siguiente enlace [Numerical Simulation in Physics and Engineering: Trends and Applications - Lecture Notes of the XVIII 'Jacques-Louis Lions' Spanish-French School | David Greiner | Springer](#).



## SEMA *Journal*

Boletín de la Sociedad Española de Matemática Aplicada

Redactor jefe: **Carlos Vázquez Cendón**

ISSN: 2254-3902 (versión impresa)

ISSN: 2281-7875 (versión digital)

## 7 SEMA *Journal*

### Índice del *Volume 78, Issue 3, September 2021* de SEMA *Journal*

1. [Some open problems in low dimensional dynamical systems](#), Armengol Gassul, 233-269.
2. [Direct versus iterative methods for forward-backward diffusion equations. Numerical comparisons](#), Óscar López Pouso & Nizomjon Jumaniyazov, 271-286.
3. [The influence of the coefficients of a system of wave equations coupled by velocities on its stabilization](#), Mohammad Akil, Mouhammad Ghader & Ali Wehbe, 287-333.
4. [Achieving an extended convergence analysis for the secant method under a restricted Hölder continuity condition](#), H. M. Ren & I. K. Argyros, 335-345.
5. [Extreme multistability in a fractional-order thin magnetostrictive actuator \(TMA\)](#), Zango Nkeutia Sylvain, Kamdoun Tamba Victor, Nkamgang Gilbert Bruno & Talla Pierre Kisito, 347-365.
6. [The new operational matrix of integration for the numerical solution of integro-differential equations via Hermite wavelet](#), S. Kumbinarasaiah & R. A. Mundewadi, 367-384.
7. [Well-posedness and energy decay for some thermoelastic systems of Timoshenko type with Kelvin-Voigt damping](#), Hanni Dridi & Khaled Zennir, 385-400.



## 8 Socios institucionales



1. Banco Santander (Socio de Honor).
2. Basque Center for Applied Mathematics (BCAM).
3. Centre de Recerca Matemàtica (CRM).
4. Iberdrola.
5. Departamento de Matemáticas (Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid).
6. Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT).
7. Departamento de Matemáticas (Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III de Madrid).
8. Departamento de Matemática Aplicada (Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid).
9. Departamento de Matemáticas (Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz).
10. Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación (E.T.S.I. Industriales y de Telecomunicación, Universidad de Cantabria).
11. Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación (Facultad de Ciencias, Universidad de Cantabria).
12. Departamento de Matemáticas (E.T.S.I. Industriales, Universidad de Castilla-La Mancha).
13. Instituto de Matemática Aplicada a la Ciencia y la Ingeniería (IMACI) (E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad de Castilla-La Mancha).
14. Departamento de Informática y Análisis Numérico (Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba).
15. Departamento de Matemática Aplicada (Facultad de Ciencias, Universidad de Granada).
16. Departamento de Ciencias Integradas (Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva).
17. Departamento de Matemáticas (Facultad de Informática, Universidad de La Coruña).
18. Departamento de Análisis Matemático (Facultad de Matemáticas, Universidad de La Laguna).
19. Departamento de Matemáticas (Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial, Universidad de León).
20. Departamento de Matemática (Escuela Politécnica Superior, Universidad de Lleida).
21. Departamento de Análisis Matemático, Estadística e Investigación Operativa y Matemática Aplicada (Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga).
22. Departamento de Matemáticas (Facultad de Ciencias, Universidad de Oviedo).
23. Facultad de Ciencias (Universidad de Oviedo).

24. Departamento de Matemática Aplicada (Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca).
25. Departamento de Matemática Aplicada (Facultad de Matemáticas, Universidad de Santiago de Compostela).
26. Facultad de Matemáticas (Universidad de Santiago de Compostela).
27. Departamento de Ecuaciones Diferenciales y Análisis Numérico (Facultad de Matemáticas, Universidad de Sevilla).
28. Facultad de Matemáticas (Universidad de Sevilla).
29. Departamento de Matemática Aplicada II (E.T.S. de Ingeniería, Universidad de Sevilla).
30. Departamento de Matemática Aplicada (Universidad de Valencia).
31. Departamento de Matemática Aplicada II (E.I. de Telecomunicación, Universidad de Vigo).
32. Departamento de Matemática Aplicada I (E.I. de Telecomunicación, Universidad de Vigo).
33. Departamento de Matemática Aplicada (Universidad de Zaragoza).
34. Departamento de Matemática Aplicada, Estadística e Investigación Operativa (Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco).
35. Departamento de Matemática Aplicada I (E.T.S.I. Industriales, Universidad Nacional de Educación a Distancia).
36. Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (E.U.I.T. Civil y Naval, Universidad Politécnica de Cartagena).
37. Departamento de Matemática e Informática Aplicadas a la Ingeniería Civil (E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid).
38. Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial (E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid).
39. Departamento de Matemática Aplicada, Sección E.T.S. de Arquitectura (Universidad Politécnica de Madrid).
40. Departamento de Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información (E.T.S.I. Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid).
41. Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Industrial (Universidad Politécnica de Madrid).
42. Departamento de Matemática Aplicada (Universidad Politécnica de Valencia).
43. Institut de Matemàtiques i Aplicacions de Castelló (IMAC, Universitat Jaume I).
44. Instituto de Matemática Multidisciplinar (IM2, Universidad Politécnica de Valencia).
45. Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada (IUMPA, Universidad Politécnica de Valencia).
46. Departamento de Estadística, Informática y Matemáticas (Universidad Pública de Navarra).

## Hacerse socio de la SEMA es muy sencillo, y barato

La Sociedad Española de Matemática Española es una sociedad científica totalmente consolidada en el panorama nacional e internacional. En 2016 celebró el veinticinco aniversario de su fundación. Su historia se describe en su [página web](#) y está documentada en los archivos que se crearon ad hoc con motivo de la conmemoración de su [veinticinco aniversario](#).

Ser miembro de la SEMA tiene sus ventajas. Estarás informado de las distintas actividades de la Matemática Aplicada, en el ámbito nacional, e incluso en muchos casos, en el internacional, a través de la edición de su Boletín electrónico, del que se publican cuatro números al año. La SEMA organiza, con carácter bienal y en años alternos, dos eventos de carácter internacional: el Congreso de Ecuaciones Diferenciales y Aplicaciones/Congreso de Matemática Aplicada, CEDYA/CMA, y la Escuela Hispano-Francesa Jacques-Louis Lions de Simulación Numérica en Física e Ingeniería, EHF; en los dos casos, sus socios disfrutan de una cuota reducida, que sumada a la cuota de socio anual alcanzaría un valor inferior a la cuota de inscripción de los no asociados. Además, la SEMA es la responsable de la publicación de la revista *SEMA Journal*, que edita Springer, a la que los socios tienen acceso integral a todos los números y artículos publicados hasta la fecha. La SEMA otorga dos premios al año: el premio SEMA «Antonio Valle» al joven investigador, y el premio SEMA al mejor artículo publicado ese año en *SEMA Journal* (siempre que al menos uno de los autores sea miembro de la SEMA). La Sociedad Española de Matemática Aplicada celebra la asamblea anual de socios coincidiendo con la celebración del CEDYA/CMA o de la EHF; en esta asamblea, sus socios tienen derecho a voz y voto y, entre otras cosas, se elige al presidente de la Sociedad y a los miembros del consejo ejecutivo.

**Para hacerse socio de la SEMA** basta con rellenar el [formulario «hazte socio»](#) disponible en la página web de la Sociedad y, a continuación, enviarlo pulsando el botón  al final del formulario.

**Los estudiantes tienen derecho a una cuota reducida.** Además, la SEMA mantiene acuerdos de reciprocidad con las sociedades RSME, SIAM, SMAI y SCM con cuotas reducidas para sus socios.

Para los socios de reciprocidad es necesario adjuntar el justificante de miembro de la sociedad que corresponda, y para los estudiantes un certificado de matrícula del centro.

### Cuotas anuales

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Socio ordinario                   | 35 €    |
| Socio estudiante                  | 17,50 € |
| Socio de reciprocidad con la RSME | 14 €    |
| Socio de reciprocidad con la SIAM | 17,50 € |
| Socio de reciprocidad con la SMAI | 17,50 € |
| Socio de reciprocidad con la SCM  | 17,50 € |
| Socio extranjero                  | 35 €    |
| Socio institucional               | 175 €   |



# Boletín Electrónico de la Sociedad Española de Matemática Aplicada SEMA

## *Editores*

Francisco Ortegon Gallego (Universidad de Cádiz)  
José Rafael Rodríguez Galván (Universidad de Cádiz)

## *Comité editorial*

M. J. Castro Díaz (Universidad de Málaga)  
M. A. Rodríguez Bellido (Universidad de Sevilla)  
E. Barrabés Vera (Universitat de Girona)  
F. de Terán Vergara (Universidad Carlos III de Madrid)  
G. Fernández Manín (Universidade de Vigo)  
J. M. González Vida (Universidad de Málaga)  
M. Mateos Alberdi (Universidad de Oviedo)  
M. L. Rapún Banzo (Universidad Politécnica de Madrid)  
T. Roldán Marrodán (Universidad Pública de Navarra)  
A. Dani Zarnescu (Basque Center for Applied Mathematics, BCAM)

## *Colaboradores de la edición web*

Daniel Acosta Soba (Universidad de Cádiz)  
Gloria Almozara Sainz (Universidad de Cádiz)  
Juan Antonio Guitarte Fernández (Universidad de Cádiz)  
Alba María Navarro Izquierdo (Universidad de Cádiz)  
Noelia Ortega Román (Universidad de Cádiz)

## *Página web*

<http://www.sema.org.es/>

## *Contacto*

[boletin@sema.org.es](mailto:boletin@sema.org.es)

# S $\vec{e}$ MA

Sociedad Española  
de Matemática Aplicada

# ISSN 2659-4129