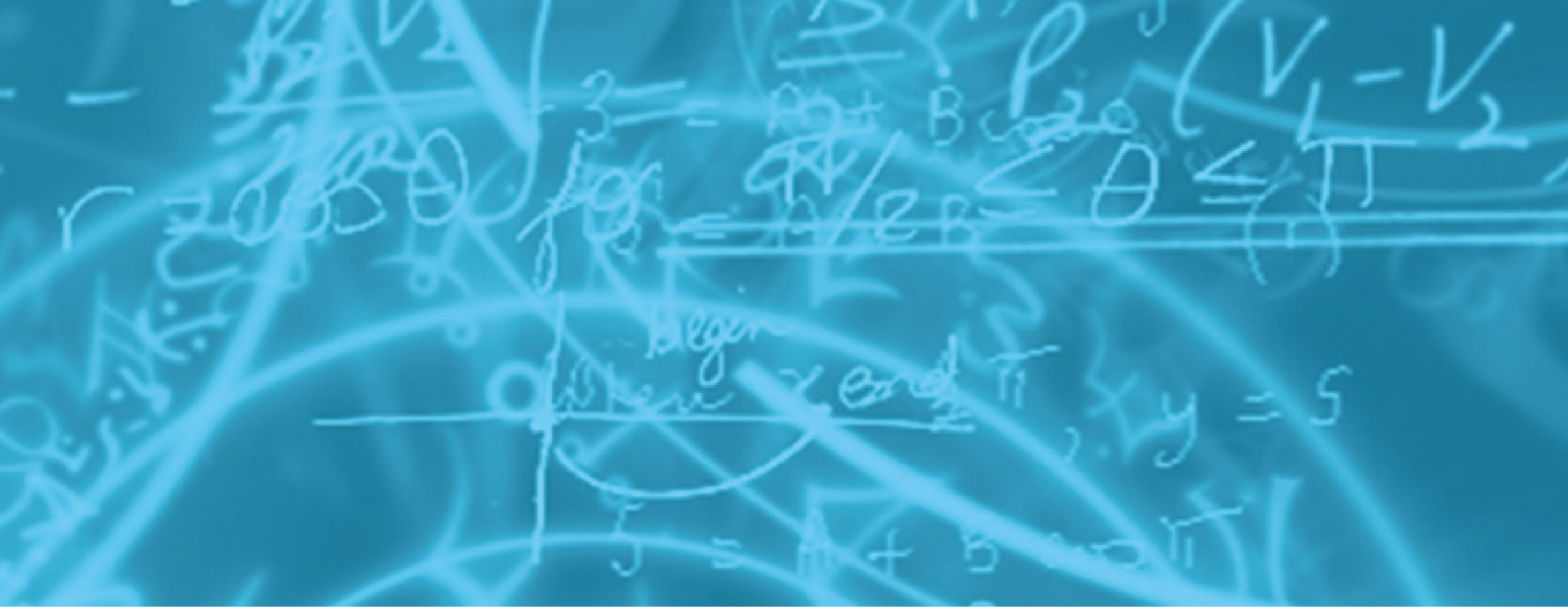




SēMA

Sociedad Española de Matemática Aplicada

BOLETÍN ELECTRÓNICO DE SēMA

Número 17, Octubre 2017

SēMA
BOLETÍN ELECTRÓNICO NÚM. 17
Octubre 2017

Índice

1	Editorial	2
2	Noticias de SeMA	3
2.1	Hacia el ICIAM 2019 y el futuro de la matemática aplicada e industrial	3
2.2	Reseña sobre el XXV CEDYA / XV CMA	7
3	Artículos	11
3.1	Artículos de divulgación ICIAM 2019	11
4	Otras noticias y anuncios	26
4.1	Carmen Herrero, Premio Jaime I de Economía 2017	26
4.2	SeMA Journal	28
5	Anuncios	29
5.1	Focus Program on Nanoscale Systems and Coupled Phenomena: Mathematical Analysis, Modeling, and Applications	29
6	Socios Institucionales de SeMA	30

1 Editorial

Estimados socios:

Para este otoño hemos preparado un nuevo número del boletín de nuestra sociedad. Esperamos que os resulte interesante y os proporcione una agradable lectura.

En primer lugar agradecemos la dedicación y colaboración del Comité Editorial y a todos aquellos que de una manera u otra nos han ayudado a elaborar este número.

Merece un agradecimiento especial nuestra compañera Mari Paz Calvo, de la Universidad de Valladolid, por su reseña sobre la mesa redonda “Hacia el ICIAM 2019 y el futuro de la matemática aplicada e industrial”, celebrada durante el XXV CEDYA + XV CMA 2017. También a nuestro compañero Juan Luis García Guirao, de la Universidad Politécnica de Cartagena, por su artículo sobre dicho congreso.

Agradecemos la colaboración de nuestra compañera Ana Carpio, de la Universidad Complutense de Madrid, por su magnífico artículo titulado “Viendo lo invisible”, el cual aparece en este número y enriquece la vertiente académica de esta publicación.

Finalmente, queremos dar la enhorabuena a nuestra compañera Carmen Herrero, matemática en sus orígenes y profesora en la Universidad de Alicante, por la obtención del Premio Jaime I de Economía 2017. Estos premios se otorgan desde 1989 por la Fundación Premios Jaime I (<http://www.fprj.es>) y gozan de gran prestigio nacional e internacional.

Un cordial saludo

Los Editores
boletin@sema.org

2 Noticias de SeMA

2.1 Hacia el ICIAM 2019 y el futuro de la matemática aplicada e industrial

Sobre la mesa redonda “Hacia el ICIAM 2019 y el futuro de la matemática aplicada e industrial”

Mari Paz Calvo
Universidad de Valladolid

Durante la celebración del XXV CEDYA + XV CMA 2017, tuvo lugar la mesa redonda titulada “Hacia el ICIAM 2019 y el futuro de la matemática aplicada e industrial”, en la que, ante la próxima celebración en Valencia del congreso ICIAM 2019, se discutieron los retos a los que se enfrenta la matemática aplicada e industrial en España.

Participaron en la mesa redonda

- Francisco Periago, moderador
- María Jesús Esteban, Presidenta de ICIAM
- Tomás Chacón, Presidente del Comité Organizador de ICIAM 2019
- Mari Paz Calvo, responsable de actividades satélite de ICIAM 2019
- José Durany, coordinador del Máster en Matemática Industrial en la Universidad de Vigo.

Aunque estaba inicialmente previsto, no se pudo contar con la presencia de Rosa Donat, Presidenta de SeMA y responsable del Comité Organizador Local de ICIAM 2019.

Tras la presentación de los participantes por parte del moderador, María Jesús Esteban procedió a hacer una breve presentación de la asociación ICIAM. Comenzó describiendo su origen, a partir de una reunión de las cuatro sociedades fundadoras (SIAM, GAMM, IMA, SMAI) celebrada en París en 1984. Aunque

el objetivo inicial de dicha reunión era poner en marcha la organización de un congreso mundial sobre matemática aplicada e industrial, desembocó en 1999 en la creación de la Asociación ICIAM. A continuación se refirió a otras actividades que desarrolla la asociación, en particular, a los cinco premios que se otorgan en los congresos (financiados cada uno de ellos por algunas de las sociedades integrantes), a la Olga Taussky-Todd Lecture, a las ayudas que ICIAM concede cada año para la organización de conferencias en países en vías de desarrollo, y al boletín trimestral DIANOIA, creado en 2013. Entre los objetivos de la asociación, mencionó el de representar a la matemática aplicada e industrial en los distintos foros internacionales, el intentar conseguir financiación europea específica para la matemática aplicada e industrial y, en definitiva, el que las sociedades miembro compartan estudios e ideas que permitan que la matemática aplicada e industrial se enfrente con fuerza al futuro.

Seguidamente fue el turno para Tomás Chacón, quién aportó algunos detalles sobre el estado organizativo de ICIAM 2019. Empezó informando de la creación en 2013 de la asociación “ICIAM 2019 Valencia”, para dar cobertura legal a los organizadores, y cuya Asamblea se viene reuniendo desde entonces anualmente. Describió brevemente la estructura organizativa del congreso, en torno a 12 comités temáticos, e indicó que, aunque las más de 80 sesiones paralelas previstas se celebrarán en el Campus Blasco Ibáñez de la Universitat de València, el Comité Organizador Local está integrado por miembros de las dos universidades públicas valencianas. Informó a continuación de la reunión del Board de ICIAM que tuvo lugar el pasado 20 de mayo en Valencia, y del workshop sobre matemática industrial que se celebró los dos días anteriores. Indicó también que se ha contratado a una empresa profesional organizadora de congresos y que, en breve, se contratará a una empresa profesional de divulgación. Entre otros aspectos organizativos, destacó que se ha conseguido el patrocinio de Santander Universidades para financiar 650 becas para que estudiantes de países en vías de desarrollo puedan participar en ICIAM 2019, y que también se ha establecido con el mismo propósito el programa de mecenazgo P2B, en el que están participando un buen número de centros de investigación, departamentos de matemáticas y universidades españolas. Por último, invitó a los asistentes a visitar la página web del congreso <http://www.iciam2019.com>, donde está disponible información actualizada sobre el mismo.

Mari Paz Calvo, por su parte, informó del estado de organización actual de los distintos eventos satélite, que incluyen una docena de congresos y reuniones organizados por las cinco subsedes de ICIAM 2019 (Bilbao, Galicia, Málaga, Sevilla y Zaragoza) y por la Universitat Politècnica de València, algunos eventos organizados conjuntamente con otras sociedades matemáticas (RSME, SBM, SBMAC, SIMAI, SMAI, SPM), las sesiones especiales que organizará SIAM



Figura 1: Un momento de la mesa redonda

dentro de ICIAM 2019, en sustitución de su tradicional “Annual Meeting”, dos Escuelas CIMPA que se celebrarán en 2019 en Marruecos y Túnez, respectivamente, para las que se acaba de solicitar financiación, y otros tres eventos que tendrán lugar en Alemania, Austria y Brasil, y que corresponden a ediciones de congresos bien consolidados en el ámbito de la matemática aplicada.

Por último, Pepe Durany ofreció su punto de vista sobre la colaboración Matemática-Industria. Empezó señalando las dificultades que observa en dicha colaboración, en relación con cada uno de los tres agentes involucrados: alumnos, profesores y empresas, y explicó que lo que vienen haciendo desde hace años en Galicia para salvar estas dificultades es tratar de que el máster dé formación para que los estudiantes puedan resolver los problemas que plantean las empresas. Así, en el actual Máster en Matemática Industrial (M2I), en el que además de las universidades gallegas participan dos universidades de Madrid, todos los alumnos durante el segundo año hacen el Trabajo Fin de Máster en una de las 100 empresas con las que colaboran. Destacó el papel de la red math-in en la visibilidad de los grupos que tienen interés en trabajar con las empresas y comentó algunos detalles sobre la creación y buen funcionamiento del Instituto Tecnológico de Matemática Industrial (ITMATI), que creado en 2013 viene facturando en promedio un millón de euros anuales, lo que permite financiar a jóvenes que están trabajando en proyectos de las empresas, y que pueden realizar simultáneamente su tesis doctoral en la universidad.

Cuando finalizaron las intervenciones de todos los participantes en la mesa redonda, se abrió un turno de preguntas entre los asistentes en el que se abordaron, entre otras, las siguientes cuestiones: cuáles son los temas de mayor proyección

futura en matemática aplicada e industrial, qué países están invirtiendo más en potenciar la matemática industrial, si se ha empezado a pensar ya en el post-ICIAM 2019, si ICIAM 2019 conseguirá mejorar a los congresos ICIAM anteriores, cómo van a estar representadas las empresas en ICIAM 2019, ...

Recojo, para terminar, dos de las últimas intervenciones del acto. La primera, de la Presidenta de ICIAM, en la que manifestó su deseo de que nuestra sociedad salga reforzada tras la celebración de ICIAM 2019, y su convencimiento de que SEMA tiene mucho potencial y puede tener mucha más presencia de la que actualmente tiene en la sociedad en general, y en la comunidad matemática, en particular. La segunda, de Elena Vázquez, quien invitó a los asistentes a reflexionar sobre el mensaje que transmitimos a nuestros jóvenes, que debe hacerles sentir que ellos son realmente el futuro de la matemática aplicada e industrial y que por ellos estamos trabajando en nuestra sociedad, igual que hace veinticinco años lo hicieron nuestros predecesores con nosotros.

El contenido íntegro de la mesa redonda está accesible a través de <https://www.facebook.com/cedya2017/videos/>

2.2 Reseña sobre el XXV CEDYA / XV CMA



XXV Congreso de Ecuaciones Diferenciales y Aplicaciones / XV Congreso de Matemática Aplicada, Cartagena, 26–30 Junio 2017

Juan Luis García Guirao (Presidente del Comité Organizador)
Departamento de Matemática Aplicada y Estadística. Universidad Politécnica de
Cartagena, Hospital de Marina, 30203–Cartagena, Región de Murcia, Spain.
Email: juan.garcia@upct.es

Queridos socios de SēMA,
del 26 al 30 del pasado mes de junio tuvo lugar en la ciudad de Cartagena el
XXV Congreso de Ecuaciones Diferenciales y el XV Congreso de Matemática
Aplicada, nuestro tradicional CEDYA, celebrado en las instalaciones de la
Universidad Politécnica de Cartagena.

La Universidad Politécnica de Cartagena se creó el 3 de agosto de 1998 y
alberga casi la totalidad de los estudios técnicos que se imparten en la Región
de Murcia. El Departamento de Matemática Aplicada y Estadística de esta joven
institución, con más 45 miembros, es la principal unidad docente e investigadora
en esta rama de conocimiento de la Región. Ha sido para nosotros un verdadero
honor que el Consejo Ejecutivo de la Sociedad Española de Matemática Aplicada
encargase al Grupo de Investigación en Sistemas Dinámicos Aplicados a la
Ingeniería de esta universidad la tarea de organizar el CEDYA + CMA 2017.

CEDYA no es un congreso cualquiera, no es uno más, es *el congreso*. Es el
congreso en el que la mayoría de los que nos dedicamos a las matemáticas a un

nivel profesional hemos impartido nuestra primera charla de investigación ante un público especializado. Por lo tanto, para muchos de nosotros CEDYA tiene un enorme valor sentimental. Es una conferencia ligada a los jóvenes que ha visto a lo largo de los años como maduraba y cambiaba la investigación en España en esta materia. Por eso nos enorgullecemos de que, de los muchos participantes de esta edición, un tercio hayan sido alumnos de doctorado o jóvenes doctores que sin duda han imprimido una enorme frescura y dinamismo a la conferencia.

Sabedores de que a las personas hay que ayudarlas cuando más lo necesitan, también, estamos satisfechos de remarcar que todos los jóvenes participantes en esta edición o bien han sido becados y eximidos del pago de la cuota de inscripción o bien han recibido una beca de alojamiento en una de las residencias universitarias de la Universidad Politécnica de Cartagena con el consiguiente esfuerzo que esto ha supuesto para la organización. Cuidar al capital humano más desprotegido, es decir al que aún no cuenta con recursos propios para poder evolucionar en el mundo de la investigación, es clave para el desarrollo de la ciencia en este y en cualquier país que se precie. Pero, esto no hubiese sido posible sin el apoyo y el respaldo de la administración. En muchas ocasiones los investigadores, y con mucha razón, exigimos cuando tenemos la oportunidad, a las administraciones que apoyen de manera decidida a la ciencia con la financiación suficiente que necesitamos para su desarrollo. Y eso está bien, pero también está bien agradecer y decirle a la administración, cuando lo hace, que ha comprendido la importancia de un evento estratégico y que lo ha financiado bien y suficientemente. La Universidad Politécnica de Cartagena, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, la Fundación Séneca de la Región de Murcia (Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia) con sus convocatorias para la realización de congresos y el Departamento de Matemática Aplicada y Estadística con fondos propios han apoyado de manera decidida la celebración de este evento.

Porque apoyar la ciencia y reuniones de alto nivel, como CEDYA, entre especialistas no es tirar el dinero. Es invertir en el futuro. Es permitir que se descubran e implementen avances que luego tendrán repercusión en nuestras vidas. Con más de 300 participantes, 8 conferencias plenarias, 5 sesiones contributivas, 29 sesiones especiales, una mesa redonda sobre el futuro de la matemática aplicada y los actos clausura de la celebración del 25 aniversario de nuestra sociedad, CEDYA + CMA 2017 Cartagena se ha convertido en un evento trascendente en el que todas las líneas de investigación en matemáticas y sus aplicaciones que se desarrollan en España han estado representadas.

Estoy seguro de que el Congreso ha sido muy fructífero para empujar nuevas aplicaciones en la lucha contra el cancer, para el estudio y creación de nuevos fármacos de origen biológico en la importante rama de biología-matemática, para

arrojar luz sobre la teoría de la rotación de la tierra y el nivel del agua en mares y océanos,... , en fin, tantas y tantas cosas que me sería imposible enumerar aquí.

Quiero destacar el alto nivel tecnológico que ha tenido la página web del congreso desarrollada por la empresa UP4 Sciences (<http://www.cedya2017.org>) que ha permitido un enorme nivel de automatismo en la gestión de las comunicaciones y materiales del congreso. Este hecho nos ha dotado de mucho dinamismo y creemos profundamente que todos los congresistas se han sentido bien atendidos por parte de la organización teniendo respuestas a todas sus preguntas de forma rápida y ágil. Durante el congreso se realizaron más de 2500 fotografías profesionales que fueron subidas en tiempo real a Facebook y que ahora se encuentran en una galería en la página web del congreso. En ellas se recogen todos los ponentes de todas las sesiones y se recogen todos los actos celebrados durante la conferencia.

El documento publicado en formato libro electrónico con ISBN con las Comunicaciones Definitivas presentadas en el congreso ha sido confeccionado con más de 900 páginas y puede descargarse en abierto en la web del congreso. Siguiendo la tradición de CEDYA's anteriores se va a editar un volumen de la serie Springer SEMA–SIMAI con una selección de trabajos que representen una fotografía de los temas que se discutieron en Cartagena.

Para nosotros también ha tenido un gran valor sentimental que en Cartagena se finalizaran los actos conmemorativos del 25 aniversario de nuestra sociedad iniciados en la Escuela Jacques-Louis Lions Hispano-Francesa sobre Simulación Numérica en Física e Ingeniería celebrada en Oviedo en 2016.

Espero que todos los participantes hayáis disfrutado de un magnífico congreso en lo científico y un excelente congreso en lo personal. Espero que hayáis disfrutado de las impresionantes instalaciones de nuestra Universidad Politécnica y de la Ciudad de Cartagena con más 3000 años de historia. A los que no pudisteis asistir deciros que en Cartagena os esperamos con los brazos abiertos.

A modo de despedida y usando las palabras que utilicé para dirigirme a todos los participantes de CEDYA en el acto de inauguración del congreso, citando a un Cartagenero universal en palabras de su no menos célebre Capitán Alatríste, que perteneció al Tercio de Cartagena que combatió en Flandes en el siglo de oro, y dirigidas a su escudero Íñigo Balboa: *“Íñigo, es posible hablar con extrema dureza de lo que se ama, precisamente porque se ama, y con la autoridad moral que nos confiere ese mismo amor”*.

Confío en que estas palabras nos hayan inspirado durante la conferencia, debatiendo sin tapujos ni prejuicios de nuestros problemas como colectivo profesional, como sociedad científica y como Universidad y tras ese análisis, sereno y riguroso hayamos sacado conclusiones que nos permitan mejorar en el

futuro y empujar esta ciencia “la matemática” que esta detrás de nuestra vida cotidiana al lugar que le corresponde en una sociedad moderna como la nuestra.

Un abrazo y muchas gracias a todos por vuestra ayuda en la organización y/o participación en el congreso.

Cartagena, 3 de Septiembre de 2017.

Juan Luis García Guirao (Presidente del Comité Organizador)

3 Artículos

3.1 Artículos de divulgación ICIAM 2019

Con motivo de la celebración de la próxima edición del congreso ICIAM 2019 en Valencia irán apareciendo en esta sección una serie de artículos de carácter divulgativo cuyo propósito es ofrecer una panorámica de la investigación española actual en Matemática Aplicada.

Inaugura esta sección un artículo de Ana Carpio encargado por la *Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española* y que aparece también en este Boletín Electrónico gracias a la gentileza de su autora y con el permiso explícito de los Editores de la *Gaceta*, a quienes desde aquí expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

Viendo lo invisible

Ana Carpio

Dpto. de Matemática Aplicada, Universidad Complutense de Madrid

Resumen

Los problemas de scattering inverso se plantean siempre que se quiere conocer la estructura de un medio emitiendo ondas que interaccionan con él y midiendo la onda dispersada resultante. Esta situación es frecuente en medicina, geofísica, control de seguridad de estructuras o calidad de materiales, y otros múltiples contextos. Formulando estos problemas como problemas de optimización con restricciones en los que se busca minimizar el error en las medidas se pueden implementar estrategias de descenso para aproximar la solución, es decir, la estructura del medio. Para ello es preciso ser capaz de derivar los funcionales de error, sujetos a restricciones en forma de ecuaciones en derivadas parciales, respecto a regiones del espacio y a funciones coeficiente. Introducimos las nociones adecuadas de derivada y esbozamos cómo implementar estrategias de descenso que combinan derivadas topológicas y métodos de gradiente en un problema de microscopía holográfica, técnica en desarrollo actualmente para la observación no invasiva de muestras biológicas. Son ejemplos del papel destacado de las matemáticas en todo tipo de aplicaciones, incluidas las industriales.

En la vida diaria nos encontramos con muchas situaciones aparentemente distintas, que, sin embargo, admiten una descripción matemática común. Un paciente llega a un hospital tras una caída, ¿cómo saber si tiene heridas internas? Se produce un terremoto, ¿cómo saber si la estructura de un puente, un edificio o una central nuclear está dañada? Buscamos agua o recursos minerales, ¿cómo saber si estamos perforando en el sitio adecuado? En todos estos casos necesitamos extraer información sobre la estructura interna de un medio a partir de observaciones indirectas externas.

La tecnología nos ha ido proporcionando avances utilizados actualmente con diferentes fines: resonancia magnética, tomografía, ecografía, ultrasonidos, radar, imagen sísmica, etc. [1, 2, 22, 27]. El principio de base en todos ellos es el mismo: se emite una onda que interactúa con el medio en estudio, tras lo cual llega a una red de detectores en los que se mide. Conociendo los datos medidos y las ondas emitidas, se trata de reconstruir la geometría interna y/o las propiedades del medio (véase la figura 2). Ésta es precisamente la estructura matemática de un problema de scattering inverso.

Este tipo de problemas está mal puesto [12, 13]. Pueden no tener solución y, cuando la tienen, puede no ser única, o no depender de forma continua de los datos. Esto significa que pequeños errores pueden conducir a una solución completamente diferente de la buscada. Se necesitan técnicas cada vez mejores para tratar situaciones clásicas con resolución creciente, así como nuevas ideas para enfrentar nuevos problemas de detección de objetos y reconstrucción de imágenes.

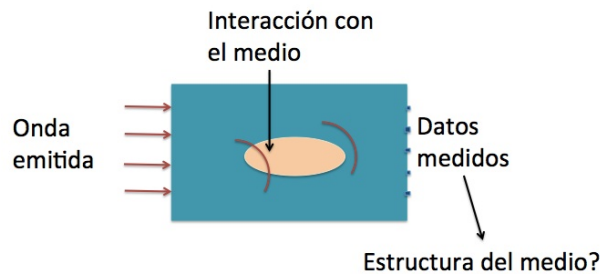


Figura 2: Esquema de un problema de scattering inverso.

La combinación de reformulaciones variaciones y estrategias de optimización constituye una alternativa efectiva para abordar numerosos problemas de scattering inverso. Algunos ejemplos con aplicaciones en acústica, tomografía y fototermia en situaciones bidimensionales pueden verse en los trabajos [6] al [10] y sus referencias. Recientemente, hemos adaptado estas técnicas a contextos de microscopía holográfica en tres dimensiones [4, 5]. El desarrollo de la holografía digital

está fuertemente ligado a la introducción de nuevos algoritmos matemáticos. Vamos a usar un ejemplo de holografía como guía para ilustrar estas técnicas de reconstrucción.

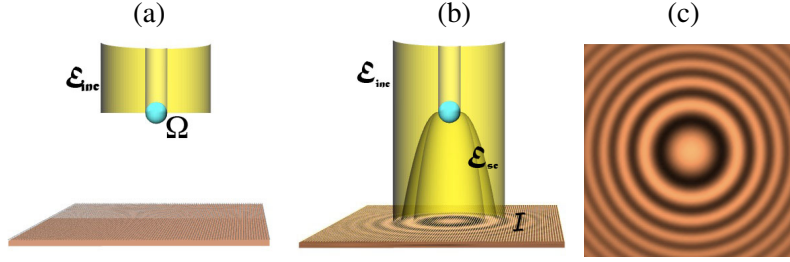


Figura 3: Representación esquemática de la formación de un holograma. Un haz de luz E_{inc} alcanza el objeto Ω (a), se dispersa produciendo el haz E_{sc} (b), y llega a una pantalla al mismo tiempo que la parte del haz de luz no dispersada. El patrón de interferencia resultante $I = |E_{inc} + E_{sc}|^2$ se mide en una red de detectores, formando el holograma (c). Decodificando el holograma I , deberíamos recuperar el objeto tridimensional original.

La figura 3 ilustra cómo se forman los hologramas: un laser de luz monocromática incide sobre un objeto y, tras dispersarse, alcanza una pantalla, donde se mide al mismo tiempo que porciones no perturbadas del haz de luz. El patrón de interferencia que resulta constituye el holograma. Se puede decodificar un holograma por procedimientos ópticos, dando lugar a reconstrucciones tridimensionales de los objetos originales (como las que se ven en ocasiones en películas o en tiendas). Para decodificarlos numéricamente se precisan algoritmos adecuados [21]. La holografía digital se basa en la reconstrucción numérica de hologramas. Actualmente, las técnicas holográficas están cobrando relevancia en el diseño de microscopios para el análisis de muestras biológicas y materia blanda. La falta de contraste en los tejidos, por ejemplo, fuerza el uso de tintes o marcadores fluorescentes, que pueden dañar las muestras. La holografía proporciona una alternativa no invasiva para la visualización de la estructura de células en tres dimensiones a alta velocidad [28].

El artículo está organizado como sigue. La sección 3.1 presenta una formulación variacional del problema de scattering inverso. Replanteamos el problema de identificar objetos, así como sus propiedades materiales, en términos de encontrar formas y parámetros que minimicen funcionales de error adecuados. Los métodos basados en derivadas topológicas para optimizar funcionales de forma que permiten reconstruir objetos a partir de medidas de campos de onda dispersados por ellos se introducen en la sección 3.1. Podemos predecir los

parámetros de los materiales que los constituyen mediante técnicas de tipo gradiente. En la sección 3.1 combinamos ambas técnicas para predecir las formas de los objetos así como el material que los forma. La sección 3.1 analiza cómo ha de variar la interpretación de los campos topológicos para conseguir reconstruir los objetos a medida que la longitud de la onda de luz empleada disminuye en relación con el tamaño del objeto. Finalmente, en la sección 3.1 se comentan cuestiones abiertas y posibles desarrollos futuros.

1. Formulación variacional del problema de scattering inverso

La representación intuitiva de los problemas de scattering inverso esbozada en la figura 2 admite una formulación matemática precisa una vez fijado el tipo de onda con la que se trabaja. La naturaleza de la onda a emplear (acústica, elástica, electromagnética, térmica, etc.) se elige para aumentar el contraste entre las propiedades de los objetos y el medio que los contiene. Las ecuaciones que gobiernan la evolución de estas ondas y su interacción con el entorno serán, según su naturaleza, ecuaciones de ondas acústicas, de elasticidad, de electromagnetismo o del calor.

Bajo ciertas hipótesis, muchos problemas de ondas vectoriales en el espacio se pueden reducir al estudio de ecuaciones de ondas escalares. Si asumimos además una estructura armónica en el tiempo para la onda incidente, es decir, $\mathcal{E}_{inc}(\mathbf{x}, t) = e^{-i2\pi\nu t} E_{inc}(\mathbf{x})$, entonces el campo de onda generado por ella es también armónico en el tiempo: $\mathcal{E}(\mathbf{x}, t) = e^{-i2\pi\nu t} E(\mathbf{x})$. Su amplitud $E(\mathbf{x})$ es solución de un problema de contorno para ecuaciones de Helmholtz con condiciones de transmisión en la interfaz entre los objetos y el medio circundante [12, 13]:

$$\begin{cases} \Delta E + k_e^2 E = 0, & \text{en } \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}, \\ \Delta E + k_i^2 E = 0, & \text{en } \Omega, \\ (E)^- = (E)^+, & \text{sobre } \partial\Omega, \\ \beta(\partial_{\mathbf{n}} E)^- = (\partial_{\mathbf{n}} E)^+, & \text{sobre } \partial\Omega, \\ \lim_{r:=|\mathbf{x}|\rightarrow\infty} r(\partial_r(E - E_{inc}) - i k_e(E - E_{inc})) = 0, & \end{cases} \quad (1)$$

donde Ω es el conjunto de objetos inmersos en el medio, k_e el número de onda adimensionalizado que caracteriza el medio externo, k_i el número de onda adimensionalizado que caracteriza los objetos y $\partial_{\mathbf{n}}$ designa las derivadas normales, eligiendo como dirección positiva del vector normal $\mathbf{n}$ la que apunta hacia el exterior de Ω . Los superíndices “+” y “−” en las condiciones de transmisión sobre la frontera $\partial\Omega$ denotan límites desde el interior y el exterior de Ω respectivamente.

En un contexto de holografía, E es la componente polarizada del campo vectorial eléctrico y ν es la frecuencia de la luz monocromática empleada,

característica del color elegido. La amplitud del haz de luz incidente, $E_{inc} = e^{ik_e z}$, es una onda plana en la dirección z que apunta hacia la pantalla donde se graba el holograma. Los números de onda adimensionales son $k_i = \frac{2\pi\nu}{c_i}L$, $k_e = \frac{2\pi\nu}{c_e}L$, donde c_e, c_i representan las velocidades de onda en el medio exterior y el interior de los objetos, respectivamente, y L es una longitud de referencia, que puede ser el diámetro de un objeto representativo. El parámetro β , que está próximo a 1, es la razón entre la permeabilidad magnética de la biopartícula en observación y la permeabilidad en el espacio libre.

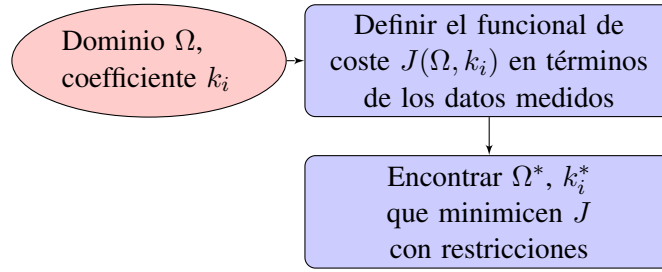


Figura 4: Regularización variacional de un problema inverso.

Dados los objetos Ω , los números de onda k_e, k_i y la amplitud el campo incidente E_{inc} , el sistema (1) define el *problema directo* para la amplitud del campo de onda total. El *problema inverso* consiste en encontrar Ω y k_i tales que la solución E del problema directo correspondiente coincide con los datos medidos E_{med} en un conjunto de receptores $\mathbf{x}_j$, $j = 1, \dots, N$. En realidad, no necesitamos conocer con total exactitud estos objetos y parámetros. A efectos prácticos, bastaría con obtener una aproximación para la cual la diferencia entre la solución E del problema directo asociado y los datos medidos en los receptores E_{med} es suficientemente pequeña. Esto sugiere introducir el funcional de error siguiente,

$$J(\mathbb{R}^3 \setminus \bar{\Omega}, k_i) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N |E(\mathbf{x}_j) - E_{med,j}|^2, \quad (2)$$

que permite reformular el problema inverso como un *problema de optimización con restricciones* (véase figura 4): encontrar dominios Ω^* y funciones coeficiente k_i^* que minimicen el funcional de error $J(\mathbb{R}^3 \setminus \bar{\Omega}, k_i)$ definido por (2) cuando E es la solución del problema directo (1) correspondiente a Ω y k_i . Las regiones Ω y las funciones k_i son las variables de diseño. El problema de contorno para E actúa como restricción. Obsérvese que los objetos y parámetros verdaderos para los que se miden los datos son un mínimo global de (2) en el que el funcional se anula.

2. Métodos de derivadas topológicas para reconstrucción de formas

Reformular el problema inverso como un problema de optimización tiene la ventaja de permitir la aproximación de soluciones mediante estrategias de descenso. Cuando buscamos los mínimos de una función $F(\mathbf{x})$, $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^3$, la dirección de descenso más rápida viene dada por $-\nabla F(\mathbf{x})$. Dada una aproximación inicial $\mathbf{x}^{(0)}$, se espera que la sucesión

$$x^{(n+1)} = x^{(n)} - \delta_n \nabla F(\mathbf{x}^{(n)}), \quad \delta_n > 0,$$

decrezca a un mínimo local. Se puede implementar una estrategia similar para funcionales más complejos. En ambos casos, se plantea el problema de que se converja a un mínimo local muy distinto del mínimo global buscado. La elección de una buena aproximación inicial es clave para evitarlo.

Nuestro problema de optimización involucra dominios y parámetros. Vamos a desacoplar las dificultades considerando primero casos en los que los parámetros son conocidos y sólo es preciso determinar Ω . Deseamos optimizar el *funcional de forma* $J(\mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega})$ definido por (2) cuando k_i es conocido. Para implementar una técnica de descenso, necesitamos recurrir a algún tipo de derivada con respecto al dominio Ω [17, 26]. La idea de derivada topológica es particularmente adecuada para nuestros fines.

Consideremos un funcional de forma $J(\mathcal{R})$ definido en una región $\mathcal{R} \subset \mathbb{R}^3$. Su *derivada topológica* en un punto $\mathbf{x} \in \mathcal{R}$, que denotaremos por $D_T(\mathbf{x}, \mathcal{R})$, mide su variación cuando un objeto infinitesimal se coloca en $\mathbf{x}$ [26]. Cuando este objeto es una bola de radio ε centrada en $\mathbf{x}$ se tiene el desarrollo

$$J(\mathcal{R} \setminus \overline{B_\varepsilon(\mathbf{x})}) = J(\mathcal{R}) + \frac{4}{3}\pi\varepsilon^3 D_T(\mathbf{x}, \mathcal{R}) + o(\varepsilon^3), \quad \varepsilon \rightarrow 0. \quad (3)$$

Si $D_T(\mathbf{x}, \mathcal{R}) < 0$, entonces $J(\mathcal{R} \setminus \overline{B_\varepsilon(\mathbf{x})}) < J(\mathcal{R})$ para $\varepsilon > 0$ pequeño. Colocando objetos Ω en las regiones donde la derivada topológica toma valores negativos grandes, se espera que el funcional de coste disminuya [17]: $J(\mathcal{R} \setminus \overline{\Omega}) < J(\mathcal{R})$. De esta forma, podemos obtener una predicción inicial del número, ubicación y tamaño de los objetos, como se muestra en la figura 5.

Evaluar derivadas topológicas usando la definición es demasiado costoso. En su lugar, se recurre a expresiones explícitas en términos de campos directos y adjuntos obtenidas por métodos asintóticos [7, 18]. Para todo $\mathbf{x} \in \mathcal{R}$

$$D_T(\mathbf{x}, \mathcal{R}) = \text{Re} \left[3 \frac{1 - \beta}{2 + \beta} \nabla E(\mathbf{x}) \cdot \nabla \overline{P}(\mathbf{x}) + (\beta k_i^2 - k_e^2) E(\mathbf{x}) \overline{P}(\mathbf{x}) \right], \quad (4)$$

donde E y P son campos directos y adjuntos adecuados. Si $\mathcal{R} = \mathbb{R}^3$, entonces $E = E_{inc}(\mathbf{x}) = e^{ik_e z}$ y $\overline{P}(\mathbf{x}) = -\sum_{j=1}^N \frac{e^{ik_e |\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|}}{4\pi |\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|} (\overline{E_{med,j}} - \overline{E(\mathbf{x}_j)})$, que

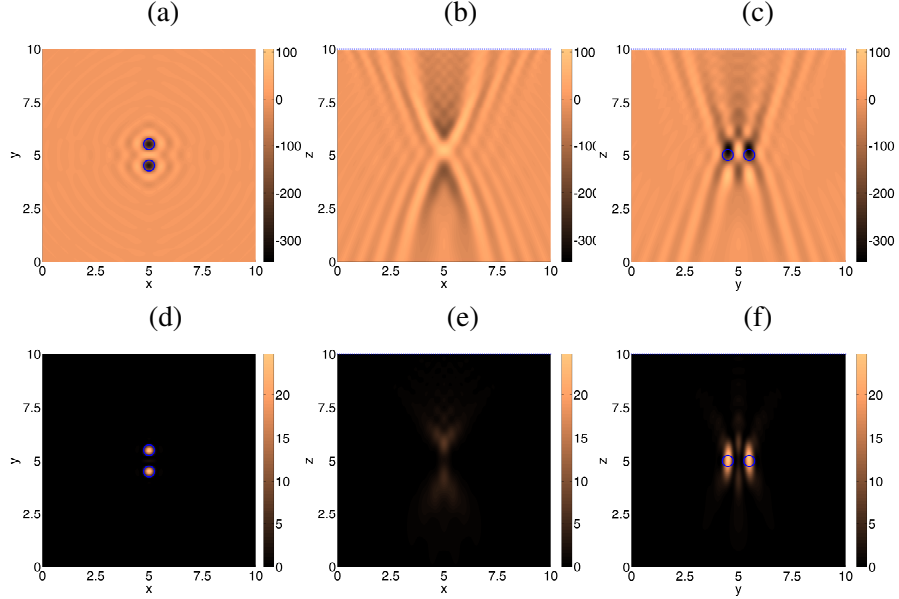


Figura 5: Cortes (a) $z = 5$, (b) $y = 5$ y (c) $x = 5$ de la derivada topológica cuando $k_e = 12,56$ y $k_i = 15,12$ (luz roja). Los objetos originales son dos esferas de diámetro 0,5 (500 nm), separadas una distancia 0,5 en el plano $z = 5$ a lo largo del eje y . Las correspondientes energías topológicas se muestran en (d)-(f). En (a),(c),(d) y (f) se han superpuesto los contornos de los objetos originales.

satisfacen

$$\begin{cases} \Delta E + k_e^2 E = 0 & \text{en } \mathbb{R}^3, \\ \lim_{r \rightarrow \infty} r(\partial_r(E - E_{inc}) - ik_e(E - E_{inc})) = 0, \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \Delta P + k_e^2 P = \sum_{j=1}^N (E_{med,j} - E) \delta_{\mathbf{x}_j} & \text{en } \mathbb{R}^3, \\ \lim_{r \rightarrow \infty} r(\partial_r P + ik_e P) = 0, \end{cases} \quad (6)$$

siendo $\delta_{\mathbf{x}_j}$ distribuciones delta de Dirac con soporte en los detectores $\mathbf{x}_j$. Los datos medidos afectan al resultado a través de los campos adjuntos, mientras que la onda incidente influye en el campo directo, y, a través de él, en el adjunto.

La energía topológica es un campo escalar asociado definido como [14]:

$$E_T(\mathbf{x}, \mathcal{R}) = |E(\mathbf{x})|^2 |P(\mathbf{x})|^2, \quad (7)$$

donde E y P son campos directos y adjuntos. A medida que el número de onda crece, puede ser una alternativa útil a la derivada topológica debido a su habilidad para cancelar oscilaciones y seleccionar los picos.

La figura 5 ilustra la estructura de los campos topológicos correspondientes a dos bolas de diámetro 0,5 separadas una distancia 0,5 y localizadas en el centro de una caja de lado 10 ($10 \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6} \text{ m}$). Se emite un haz de luz roja desde $z = 0$. El holograma se registra, tras la interacción del haz con el objeto, en una red de detectores que cubre la pantalla $z = 10$. A partir del holograma se puede construir una aproximación del campo eléctrico total en los detectores, que permite evaluar las energías y derivadas topológicas [5]. Se aprecia claramente la presencia de dos objetos en la posición y a la distancia adecuada. Las secciones xy sugieren la forma y el diámetro correctos. Sin embargo, las secciones zy muestran una elongación espúrea de los objetos a lo largo de la dirección de incidencia de la luz, hacia la pantalla.

Podemos definir una aproximación inicial Ω_0 de los objetos seleccionando picos de la energía topológica:

$$\Omega_0 := \{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^3 \mid E_T(\mathbf{x}, \mathbb{R}^3) \geq C_0\}, \quad C_0 > 0. \quad (8)$$

Alternativamente, podemos ubicarlos en depresiones de la derivada topológica:

$$\Omega_0 := \{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^3 \mid D_T(\mathbf{x}, \mathbb{R}^3) \leq -C_0\}. \quad (9)$$

La constante C_0 se elige para garantizar el decrecimiento del funcional de coste al crear objetos: $J(\mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_0) < J(\mathbb{R}^3)$.

Para mejorar la predicción inicial de los objetos podemos utilizar esquemas iterativos basados en derivadas topológicas. La idea consiste en actualizar los campos topológicos para tomar en cuenta la presencia de las sucesivas aproximaciones del objeto [7, 8]. Se espera que esta técnica mejore la reconstrucción cuando el tamaño de los objetos cae por debajo de un umbral crítico que depende de la geometría (distancia a la pantalla, tamaño de la región cubierta por detectores...) [4]. La figura 6 muestra cómo la predicción inicial del objeto, elongada a lo largo de la dirección de incidencia hacia la pantalla, pierde ese efecto y recupera su orientación original. Iteraciones posteriores afinan la forma aperada.

En cada paso, se construye un nuevo objeto Ω_{n+1} a partir del anterior Ω_n definiendo:

$$\begin{aligned} \Omega_{n+1} := & \{\mathbf{x} \in \Omega_n \mid D_T(\mathbf{x}, \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n) < c_{n+1}\} \\ & \cup \{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n \mid D_T(\mathbf{x}, \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n) < -C_{n+1}\}. \end{aligned} \quad (10)$$

Es decir, añadimos puntos donde la derivada topológica toma valores negativos grandes y eliminamos puntos donde la derivada topológica toma valores positivos grandes. Un desarrollo similar al presentado en la fórmula (3) sugiere que el funcional decrece al añadir y suprimir tales puntos. La derivada topológica viene

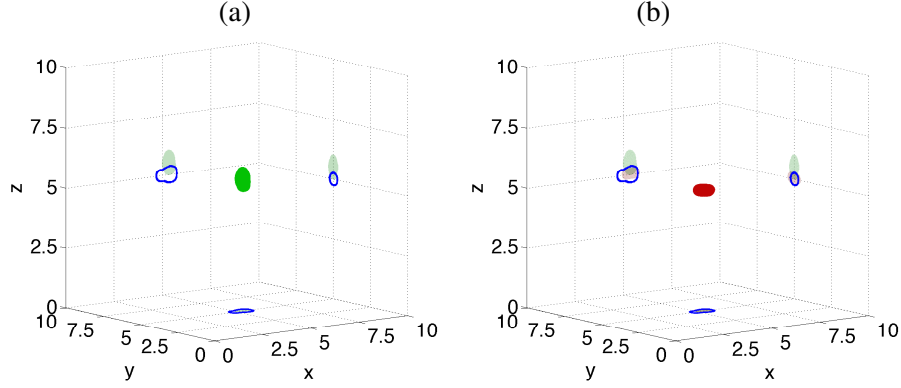


Figura 6: (Imagen tomada de [4]; la escala es $1 = 1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-3} \text{mm}$). (a) Primera aproximación Ω_0 . (b) Segunda aproximación Ω_1 . Las proyecciones sobre los planos comparan la proyección del objeto (curva continua azul) con las proyecciones de las reconstrucciones (sólidas). La elongación de Ω_0 (verde en la versión electrónica) en la dirección z (dirección de incidencia de la luz) desaparece en Ω_1 (rojizo en la versión electrónica), recuperándose la elongación natural del objeto a lo largo del eje x .

dada otra vez por la fórmula explícita (4) cuando $\mathcal{R} = \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n$, modificando los campos directo y adjunto para tener en cuenta la presencia de Ω_n :

$$\begin{cases} \Delta E_n + k_e^2 E_n = 0, & \text{en } \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n, \\ \Delta E_n + k_i^2 E_n = 0, & \text{en } \Omega_n, \\ E_n^- = E_n^+, & \text{en } \partial\Omega_n, \\ \beta \partial_{\mathbf{n}} E_n^- = \partial_{\mathbf{n}} E_n^+, & \text{en } \partial\Omega_n, \\ \lim_{r \rightarrow \infty} r (\partial_r (E_n - E_{inc}) - \imath k_e (E_n - E_{inc})) = 0, & \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \Delta P_n + k_e^2 P_n = \sum_{j=1}^N (E_{med,j} - E_n(\mathbf{x}_j)) \delta_{\mathbf{x}_j} & \text{en } \mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n, \\ \Delta P_n + k_i^2 P_n = 0, & \text{en } \Omega_n, \\ P_n^- = P_n^+, & \text{en } \partial\Omega_n, \\ \beta \partial_{\mathbf{n}} P_n^- = \partial_{\mathbf{n}} P_n^+, & \text{en } \partial\Omega_n, \\ \lim_{r \rightarrow \infty} r (\partial_r P_n + \imath k_e P_n) = 0. & \end{cases} \quad (12)$$

Las constantes positivas C_{n+1} , c_{n+1} se seleccionan de modo que garanticen el decrecimiento del funcional de coste al actualizar el objeto $J(\mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_{n+1}) < J(\mathbb{R}^3 \setminus \overline{\Omega}_n)$.

3. Métodos híbridos basados en derivadas topológicas y técnicas de gradiente

Cuando el material del que están hechos los objetos es desconocido, necesitamos predecir también el valor de k_i . Obsérvese que los campos topológicos proporcionan una primera aproximación de los objetos mediante (8), aún cuando k_i es desconocido. Suponiendo que disponemos de una aproximación Ω_0 para los objetos, podemos elegir una perturbación de los parámetros del medio externo como valor de arranque $k_{i,0} = k_e + \epsilon$, $\epsilon > 0$, y corregirla mediante un método de gradiente para obtener una mejor aproximación $k_{i,1}$.

Definimos el funcional

$$J(\delta) = J(k_{i,0} + \delta\phi) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N |E(\mathbf{x}_j) - E_{med,j}|^2, \quad (13)$$

siendo E la solución del problema directo (11) cuando $k_i = k_{i,0} + \delta\psi$, $\delta > 0$, y $\Omega = \Omega_0$. Diferenciando para obtener una dirección de descenso obtenemos [7, 9]:

$$\left. \frac{dJ}{d\delta} \right|_{\delta=0} = 2 \operatorname{Re} \left[\int_{\Omega_0} \psi k_{i,0} E_0 \bar{P}_0 d\mathbf{z} \right], \quad (14)$$

donde E_0 y P_0 son soluciones de problema directo (11) y adjunto (12) con $\Omega = \Omega_0$ y $k_i = k_{i,0}$. Eligiendo como función correctora

$$\psi = \psi_0 = -\operatorname{Re} [E_0 \bar{P}_0], \quad \mathbf{x} \in \Omega_0, \quad (15)$$

y definiendo

$$k_{i,1} = k_{i,0} + \delta\psi_0 \quad (16)$$

para $\delta > 0$ suficientemente pequeño, garantizamos $J(k_{i,1}) < J(k_{i,0})$. Podemos iterar este procedimiento para mejorar la aproximación del coeficiente, que puede variar en espacio, manteniendo Ω_0 fijo. Hecho esto actualizamos Ω_0 recalculando la derivada topológica e iterando como describimos en la sección anterior. Alternando la aproximación de tipo gradiente para los parámetros y la iteración mediante derivadas topológicas para los dominios obtenemos un esquema iterativo híbrido que permite predecir objetos y parámetros [7, 8].

4. Comportamiento para números de onda grandes

A medida que la magnitud de los números de onda crece el comportamiento de los campos topológicos cambia. En lugar de alcanzar picos en el interior de los objetos, los alcanzan en torno a sus fronteras. Cuando usamos ondas incidentes

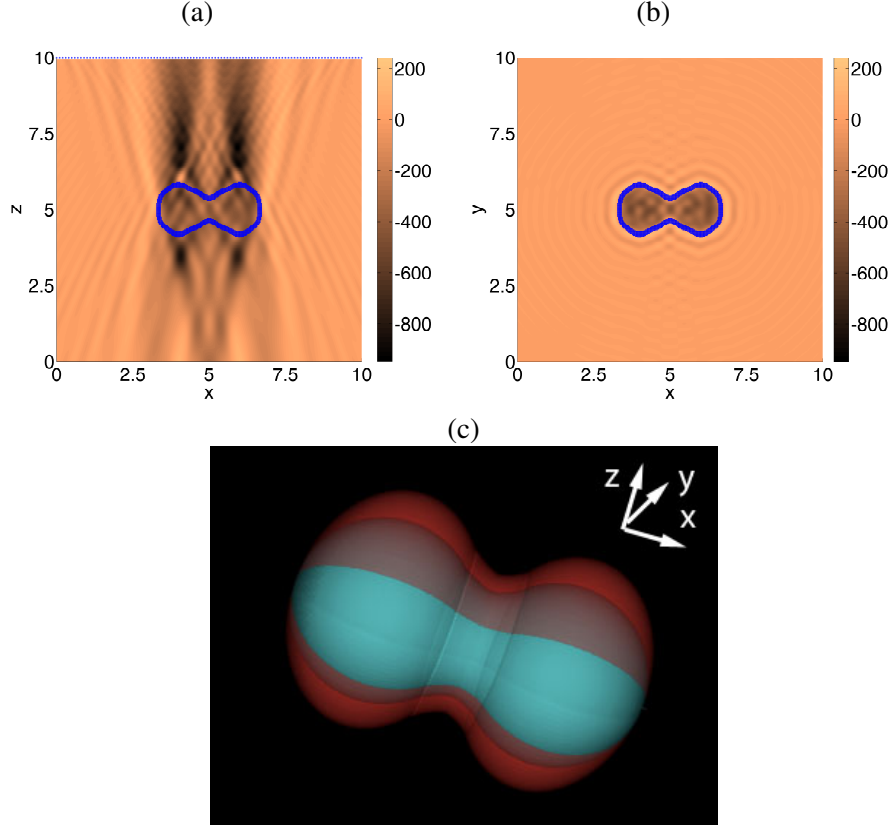


Figura 7: (Imagen tomada de [4]; la escala es $1 = 1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-3} \text{mm}$). Cortes (a) $y = 5$ y (b) $z = 5$ de la derivada topológica cuando $k_e = 20'6$ y $k_i = 24'79$ (luz violeta) para un esferocilindro en proceso de división de longitud 4 y diámetro máximo 2. Se superpone el contorno del objeto (curva continua). En (c) se muestra la posible reconstrucción (traslúcida, rojiza en la versión electrónica) del objeto (sólido, azulado en la versión electrónica). Los puntos más oscuros del panel (a) marcan el rango de interés $[z_1, z_2]$ en z . La zona más oscura en los cortes $z = z_0$ a lo largo de ese rango de z , representa la sección del objeto, como en el panel (b). Uniendo esos cortes obtenemos la reconstrucción representada en la imagen (c).

provenientes de múltiples direcciones en torno al objeto esto define la frontera por completo [6, 20]. En microscopía holográfica sólo se emplea una dirección incidente debido a la forma en que se construyen los microscopios. Los picos de los campos topológicos se concentran antes y después del objeto en la dirección de incidencia, véase la figura 7 (a)-(b). Esto marca la ubicación $[z_1, z_2]$ del objeto en

esa dirección. Por el contrario, los cortes $z = z_0 \in [z_1, z_2]$ muestran campos topológicos todavía concentrados en el interior del objeto. Estas observaciones permiten obtener una reconstrucción tridimensional pegando las secciones $z = z_0 \in [z_1, z_2]$, como en la figura 7 (c). Una vez hemos identificado la forma del objeto podríamos predecir sus parámetros si fuera necesario como hemos hecho en la sección anterior.

5. Perspectivas

Las técnicas de reconstrucción de imágenes basadas en derivadas topológicas proporcionan reconstrucciones iniciales de objetos sin más información a priori que las ondas incidentes, los parámetros del medio circundante y los datos medidos. Tienen la habilidad de localizar variaciones abruptas en la naturaleza del medio. Una vez se dispone de una aproximación inicial a los objetos, se plantean dos posibles situaciones prácticas.

En la primera, los parámetros de las anomalías son conocidos y deseamos reconstruir su geometría. Esto puede hacerse por métodos iterativos basados en derivadas topológicas [7] o mediante otras técnicas de reconstrucción que monitorizan la evolución de contornos, tales como los conjuntos de nivel [15, 16] o las deformaciones de contornos siguiendo campos vectoriales [11].

En la segunda, los parámetros del objeto también son desconocidos. Cualquiera de los métodos mencionados para reconstruir formas se puede combinar con técnicas de gradiente para reconstruir la variación espacial de los parámetros [8, 9]. Se podría también optar de entrada por reconstruir la variación de los parámetros en todo punto [3, 23], como estrategia para ubicar objetos observando esas variaciones. Sin embargo, definir primero las fronteras de los objetos mediante métodos de derivadas topológicas y seguir entonces las variaciones espaciales de los parámetros desconocidos dentro de los objetos parece una estrategia más eficiente [9]. Reemplazar las técnicas de gradiente por métodos de tipo Newton podría ayudar a mejorar la resolución [3, 23].

Agradecimientos. El trabajo descrito resume colaboraciones con T.G. Dimiduk (Harvard University), M.L. Rapún (Universidad Politécnica de Madrid), V. Selgas (Universidad de Oviedo) y P. Vidal (Universidad Complutense de Madrid). Esta investigación ha sido financiada por los proyectos MINECO No. FIS2008-04921-C02-02, No. FIS2011-28838-C02-02, y No. MTM2014-56948-C2-1-P. Parte de los cálculos computacionales se llevaron a cabo en EOLO, en el marco del programa de Cambio Climático del Campus Internacional de Excelencia de Moncloa, financiado por MECD y MICINN.

Referencias

- [1] B.L. BIONDI, *3D Seismic imaging*, Investigations in Geophysics No. 14, Society of Exploration Geophysicists, 2006
- [2] R.W. BROWN, Y.-C. N.CHENG, E.M. HAACKE, M.R. THOMPSON, R. VENKATESAN, *Magnetic resonance imaging: physical principles and sequence design*, Wiley-Blackwell, 2014
- [3] I. CATAPANO, L. CROCCO, M. D'URSO, T. ISERNIA, 3D microwave imaging via preliminary support reconstruction: testing on the Fresnel 2008 database, *Inverse Problems* 25 (2009), 024002.
- [4] A. CARPIO, T.G. DIMIDUK, M.L. RAPÚN, V. SELGAS, Noninvasive imaging of three-dimensional micro and nanostructures by topological methods, *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 9 (2016), 1324-1354.
- [5] A. CARPIO, T.G. DIMIDUK, V. SELGAS, P. VIDAL, Shape optimization methods for in-line holography, preprint 2017.
- [6] A. CARPIO, M.L. RAPÚN, Topological derivatives for shape reconstruction, In Inverse problems and imaging, *Lect. Not. Math.*, 1943, 85-133, Springer, Berlin, 2008.
- [7] A. CARPIO, M.L. RAPÚN, Solving inverse inhomogeneous problems by topological derivative methods, *Inverse Problems*, 24 (2008), 045014.
- [8] A. CARPIO, M.L. RAPÚN, An iterative method for parameter identification and shape reconstruction, *Inverse Probl. Sci. Eng.* 18 (2010), 35-50.
- [9] A. CARPIO, M.L. RAPÚN, Hybrid topological derivative and gradient-based methods for electrical impedance tomography, *Inverse Problems*, 28 (2012), 095010.
- [10] A. CARPIO, M.L. RAPÚN, Parameter identification in photothermal imaging, *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 49 (2014), 273-288.
- [11] F. CAUBET, M. GODOY, C. CONCA, On the detection of several obstacles in 2D Stokes flow: topological sensitivity and combination with shape derivatives, *Inverse Probl. Imaging*, 10 (2016), 327-367.
- [12] D. COLTON, The inverse scattering problem for time-harmonic acoustic waves, *SIAM Review*, 26 (1984), 323-350.

- [13] D. COLTON, R. KRESS R, *Inverse acoustic and electromagnetic scattering theory*, Springer, Berlin, 1992.
- [14] N. DOMINGUEZ, V. GIBIAT, Non-destructive imaging using the time domain topological energy method, *Ultrasonics*, 50 (2010), 367-372.
- [15] O. DORN, D. LESSELIER, Level set methods for inverse scattering, *Inverse Problems*, 22 (2006), R67-R131.
- [16] O. DORN, D. LESSELIER, Level set methods for inverse scattering-some recent developments, *Inverse Problems*, 25 (2009), 125001.
- [17] G.R. FEIJOO, A new method in inverse scattering based on the topological derivative, *Inverse Problems*, 20 (2004), 1819-1840
- [18] B.B. GUZINA, M. BONNET M, Small-inclusion asymptotic of misfit functionals for inverse problems in acoustics, *Inverse Problems*, 22 (2006), 1761-1785
- [19] B.B. GUZINA, I. CHIKICHEV, From imaging to material identification: A generalized concept of topological sensitivity, *J. Mech. Phys. Sol.*, 55 (2007), 245-279
- [20] B. GUZINA, F. POUHRAMADIAN, Why the high-frequency inverse scattering by topological sensitivity may work, *Proc. R. Soc. A.*, 471 (2015), 2179.
- [21] G. INDEBETOUW, P. KLYSUBUN, A posteriori processing of spatiotemporal digital microholograms, *J. Opt. Soc. Am. A*, 18 (2001), 326-331.
- [22] A.C. KAK, M. SLANEY, *Principles of computerized tomographic imaging*, Society of Industrial and Applied Mathematics, 2001
- [23] M. LI, A. ABUBAKAR, P.M. VAN DEN BERG, Application of the multiplicative regularized contrast source inversion method on 3D experimental Fresnel data, *Inverse Problems*, 25 (2009) 024006.
- [24] P. MARQUET, B. RAPPAZ, P. J. MAGISTRETTI, E. CUCHE, Y. EMERY, T. COLOMB, C. DEPEURSINGE, Digital holographic microscopy: a noninvasive contrast imaging technique allowing quantitative visualization of living cells with subwavelength axial accuracy, *Opt. Lett.*, 30 (2005), 468-478.
- [25] W.K. PARK, Multifrequency topological derivative for approximate shape acquisition of curve-like thin electromagnetic inhomogeneities, *J. Math. Anal. Appl.*, 404 (2013), 501-518.

- [26] J. SOKOWLOSKI, A. ZOCHOWSKI, On the topological derivative in shape optimization, *SIAM J. Control Optim.*, 37 (1999), 1251-1272
- [27] T.L. SZABO, *Diagnostic ultrasound imaging: inside out*, Academic Press, 2004
- [28] T. VINCENT, *Introduction to Holography*, CRC Press, 2012

4 Otras noticias y anuncios

4.1 Carmen Herrero, Premio Jaime I de Economía 2017

El pasado 30 de octubre de 2017 tuvo lugar el solemne acto de entrega de los Premios Jaime I en su edición correspondiente a 2017. El acto tuvo lugar en el edificio histórico de la Lonja de Valencia, con la presencia de la Reina de España y el Presidente de la Generalitat Valenciana.

Los Premios Jaime I, ya en su 29 edición, son los mejor remunerados de cuantos se otorgan en España relativos a la promoción de la ciencia, la investigación y emprendeduría, con una dotación de 100000 euros. Constan de seis modalidades: investigación básica, investigación médica/medicina clínica, economía, protección del medio ambiente, nuevas tecnología y emprendedor, y en los correspondientes jurados hay una composición muy importante de galardonados con el Premio Nobel. Así, en la edición de 2017, ha habido dos en Economía, cinco en Investigación Básica, cuatro en Investigación Médica y cinco en Nuevas Tecnologías.

El premio correspondiente a la modalidad de Economía ha recaído este año en Carmen Herrero, licenciada en Ciencias Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid, doctora en Ciencias Matemáticas por la Universitat de València en 1979, catedrática de Fundamentos del Análisis Económico en la Universidad de Alicante desde 1985 y Profesora Investigadora del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas desde 1990.

En su investigación ha cubierto una variedad de temas desde sus contribuciones iniciales a extensiones no-lineales de modelos input-output, hasta sus colaboraciones recientes con Naciones Unidas en la construcción de indicadores sociales. En sus propias palabras, “se podría decir que el fondo común de todo mi trabajo es la preocupación implícita por los problemas sociales, en especial la equidad”. Un interés que como ella misma reconoce, “ha evolucionado desde una aproximación puramente teórica a una más mixta, considerando simultáneamente análisis teóricos y empíricos”.

En el enlace https://www.youtube.com/watch?v=t1D0KSRCg-c&list=PLBIdxJp2QL34a_FG2Kvmt0NnjVvbLZ-LZ&index=2 se puede encontrar una entrevista realizada a Carmen por la Fundación Premios Jaime I.



Figura 8: En la foto, los seis galardonados con el Premio Jaime I 2017 (Carmen Herrero es la tercera por la izquierda).

4.2 SeMA Journal

Índice del Vol. 74, Issue 3, September 2017 de SēMA Journal Special Issue: Celebrating 25 years of SēMA

1. Preface: *Celebrating 25 years of SēMA*, pages 233-235.
2. Enrique Fernández-Cara, Ivaldo T. de Sousa and Franciane B. Viera, *Remarks concerning the approximate controllability of the 3D Navier–Stokes and Boussinesq systems*, pages 237-253.
3. Jesús Ildefonso Díaz , *On the ambiguous treatment of the Schrödinger equation for the infinite potential well and an alternative via singular potentials: the multi-dimensional case*, pages 255-278.
4. María del Carmen Calvo-Garrido and Carlos Vázquez, *Pricing of mortgages with prepayment and default options: numerical methods for the case with adjustable (floating) rate*, pages 279-298.
5. Pablo Pedregal, *Variational methods for non-variational problems*, pages 299-317.
6. Eduardo Casas, *A review on sparse solutions in optimal control of partial differential equations*, pages 319-344.
7. M. Calvo, J. I. Montijano, and L. Rández, *Constructive characterization of Runge–Kutta methods that satisfy the M-condition*, pages 345-359.

5 Anuncios

5.1 Focus Program on Nanoscale Systems and Coupled Phenomena: Mathematical Analysis, Modeling, and Applications

Del 1 de Abril al 31 de Mayo de 2018 tendrá lugar en The Fields Institute for Research in Mathematical Sciences (Toronto, Canada) el programa temático *Focus Program on Nanoscale Systems and Coupled Phenomena: Mathematical Analysis, Modeling and Applications*, organizado por Bjorn Birnir (University of California, Santa Barbara), Ana Carpio (Universidad Complutense de Madrid), Mitchell Luskin (University of Minnesota) y Roderick Melnik (MS2Discovery Institute, WLU, Waterloo).

A lo largo de bimestre se sucederán workshops, minicursos y ciclos de conferencias sobre diversas temáticas. Tres semanas (April 23 - May 11, 2018) están dedicadas a recientes avances en la modelización, simulación y tratamiento matemático de problemas en biomedicina y biología (contacto: Ana Carpio, ana_carpio@mat.ucm.es). Las actividades incluyen:

- *Workshop on Modeling Biological Phenomena from Nano to Macro Scales*
<http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale-biological-phenomena>
April 30 - May 4, 2018
- *Mini-Course on Modeling Cellular Systems*
<http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale-cellular>
April 23 - 27, 2018

Las semanas restantes se centrarán en recientes progresos en dispositivos cuánticos y electrónicos, así como en computación en nanomateriales y sistemas multiescala (<http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale>). Asimismo, tendrán lugar ciclos de conferencias impartidas por profesores visitantes.

6 Socios Institucionales de SeMA



1. Banco Santander (Socio de Honor)
2. Basque Center for Applied Mathematics (BCAM)
3. Centre de Recerca Matemàtica (CRM)
4. Iberdrola
5. Dep. de Matemáticas (Facultad de Ciencias, Univ. Autónoma de Madrid)
6. Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT)
7. Dep. de Matemáticas (Escuela Politécnica Superior, Univ. Carlos III de Madrid)
8. Dep. de Matemática Aplicada (Facultad de CC. Matemáticas, Univ. Complutense de Madrid)
9. Dep. de Matemáticas (Facultad de Ciencias, Univ. de Cádiz)
10. Dep. de Matemática Aplicada y C. de la Computación (E.T.S.I. Industriales y de Telecomunicación, Univ. de Cantabria)
11. Dep. de Matemáticas, Estadística y Computación (Facultad de Ciencias, Univ. de Cantabria)
12. Dep. de Matemáticas (E.T.S.I. Industriales, Univ. de Castilla-La Mancha)
13. Instituto de Matemática Aplicada a la Ciencia y la Ingeniería (IMACI) (E. T. S. de Ingenieros Industriales, Univ. de Castilla-La Mancha)
14. Dep. de Informática y Análisis Numérico (Facultad de Ciencias, Univ. de Córdoba)
15. Dep. de Matemática Aplicada (Facultad de Ciencias, Univ. de Granada)
16. Dep. de Matemáticas (Facultad de Ciencias Experimentales, Univ. de Huelva)
17. Dep. de Matemáticas (Facultad de Informática, Univ. de La Coruña)

18. Dep. de Análisis Matemático (Facultad de Matemáticas, Univ. de La Laguna)
19. Dep. de Matemáticas (E.I. Industrial e Informática, Univ. de León)
20. Dep. de Matemàtica (Escuela Politécnica Superior, Univ. de Lleida)
21. Dep. de Análisis Matemático (Facultad de Ciencias, Univ. de Málaga)
22. Dep. de Matemáticas (Facultad de Ciencias, Univ. de Oviedo)
23. Facultad de Ciencias (Univ. de Oviedo)
24. Dep. de Matemática Aplicada (Facultad de Ciencias, Univ. de Salamanca)
25. Dep. de Matemática Aplicada (Facultade de Matemáticas, Univ. de Santiago de Compostela)
26. Facultad de Matemáticas (Univ. de Santiago de Compostela)
27. Dep. de Ecuaciones Diferenciales y Análisis Numérico (Facultad de Matemáticas, Univ. de Sevilla)
28. Facultad de Matemáticas (Univ. de Sevilla)
29. Dep. de Matemática Aplicada II (E.S. Ingenieros, Univ. de Sevilla)
30. Dep. de Matemática Aplicada (Univ. de Valencia)
31. Dep. de Matemática Aplicada II (E.T.S.I. Telecomunicación, Univ. de Vigo)
32. Dep. de Matemática Aplicada I (E.T.S.I. Telecomunicación, Univ. de Vigo)
33. Dep. de Matemática Aplicada (Univ. de Zaragoza)
34. Dep. de Matemática Aplicada, Estadística e Investig. Operativa (Facultad de Ciencias, Univ. del País Vasco)
35. Dep. de Matemática Aplicada I (E.T.S.I. Industriales, Univ. Nacional de Educación a Distancia)
36. Dep. de Matemática Aplicada y Estadística (E.U.I.T. Civil y Naval, Univ. Politécnica de Cartagena)
37. Dep. de Matemática e Informática Aplicadas a la Ingeniería Civil (E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Univ. Politécnica de Madrid)

38. Dep. de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial (E.T.S.I. Aeronáuticos, Univ. Politécnica de Madrid)
39. Dep. de Matemática Aplicada a la Arquitectura Técnica (E.U. Arquitectura Técnica, Univ. Politécnica de Madrid)
40. Dep. de Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información (E.T.S.I. Telecomunicación, Univ. Politécnica de Madrid)
41. Dep. de Matemática Aplicada (E. U. de Ingeniería Técnica Industrial, Univ. Politécnica de Madrid)
42. Departamento de Matemática Aplicada (Univ. Politécnica de Valencia)
43. Institut de Matemàtiques i Aplicacions de Castelló (IMAC, Universitat Jaume I))
44. Instituto de Matemática Multidisciplinar (IM2, Univ. Politècnica de València)
45. Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada (IUMPA, Univ. Politècnica de València)
46. Dep. de Ingeniería Matemática e Informática (Univ. Pública de Navarra)

Boletín Electrónico de la Sociedad Española de Matemática Aplicada SēMA

Editores

Fernando Casas (U. Jaume I)
Vicente Martínez (U. Jaume I)

Comité Editorial

R. Donat (U. de València)	M.P. Calvo (U. de Valladolid)
F. de Terán (U. Carlos III)	D. Gómez (U. de Santiago)
J.L. García Guirao (U.P. Cartagena)	I.A. García (U. de Lleida)
C. Gorria (U. del País Vasco)	M. Mateos (U. de Oviedo)
M.A. Rodríguez Bellido (U. de Sevilla)	S. Pérez Rodríguez (U. de La Laguna)

Página web de SēMA

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

e-mail

boletin@sema.org