

B-IMEYMAT

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACION EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA Y MATERIALES



Num. 4 - 2022 - ISSN: 2659-6717

CAUTION
To prevent product damage, open vice before splitting column.
WEIGHT 150 kg

Editorial
UCA

IMEYMAT

IMEYMAT

Nuevos
materiales para construir
el futuro.

 www.imeymat.uca.es

 twitter.com/imeymat1

 facebook.com/imeymat1

IMEYMAT
Facultad de Ciencias,
11510 Puerto Real, Cádiz
956016349
imeymat@uca.es



Acerca de este boletín...

Presentamos la quinta entrega del B-IMEYMAT, revista elaborada por el Instituto Universitario de Investigación en Microscopía Electrónica y Materiales (IMEYMAT) de la Universidad de Cádiz. B-IMEYMAT conserva su formato electrónico y abierto en todos sus números, cumpliendo así el objetivo marcado en su creación: dar visibilidad a la labor de investigación científica que se lleva a cabo en el Instituto, además de informar de los avances científicos relevantes en el sector. En consecuencia, conseguir un acercamiento a la sociedad la actividad científica que se desarrolla en el Instituto.

Aunque su creación data en 2014 por iniciativa de la Universidad de Cádiz, el IMEYMAT ya contaba con una trayectoria de más de 15 años de trabajo como Unidad Científica que lo ha convertido en un Centro de Excelencia con reconocimiento internacional. La motivación de la Universidad de Cádiz para la creación del Instituto no era otra que apoyar y dar impulso a sus actividades de investigación, de transferencia tecnológica o de creación de empresas de base tecnológica, incluyendo la educación y la formación especializada en el campo de los materiales y sus aplicaciones.

En cuanto su actividad cabe destacar que se usan y desarrollan procedimientos de microscopía electrónica y rutinas para la interpretación de los resultados de los experimentos, al mismo tiempo que se aplican otras técnicas complementarias. En su desarrollo se analizan distintos tipos de materiales con múltiples

aplicaciones, recibiendo formación al mismo tiempo que se imparten conocimientos sobre los mismos de la mano de expertos en Química, Física del Estado Sólido y de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales que trabajan creando sinergias.

Este particular entorno de investigación científica proporciona a todos sus miembros una plataforma sólida donde encontrar nuevas oportunidades de cooperación y financiación, lo que fomenta la realización de proyectos I+D+i colaborativos. También la Universidad de Cádiz goza de estos beneficios siendo una institución de referencia en Microscopía Electrónica no solo por el valor de sus equipos instrumentales, sino por la capacidad, experiencia y productividad de sus científicos y científicas, además de su red de contactos activos y dinámicos con grupos líderes en la aplicación de estas técnicas a nivel mundial.

Este quinto número de B-IMEYMAT, cuyo editor es Francisco Morales Sánchez y cuya maqueta ha estado a cargo de Raquel González Martín, muestra sucesos destacados en el Instituto durante este último año, seguido de la producción científica que desempeñan los investigadores y la capacidad de atracción de fondos externos, dando paso a los artículos divulgativos que exponen brevemente varios de los proyectos que enmarcados en el plan propio del IMEYMAT, para concluir con información sobre los servicios periféricos de investigación que se ofrecen.

DESTACADOS IMEYMAT

GRUPO DE INVESTIGACIÓN INNANOMAT DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ



Figura 1. Representantes del Grupo INNANOMAT e integrantes del Proyecto ADICORK junto con la Vicerrectora de Política Científica y Tecnológica de la UCA y el director General de I+D+i del Campus Bahía de Algeciras en el Foro Transfiere 2022.

El 16 y 17 de febrero tuvo lugar la undécima edición del Foro Europeo para la Ciencia, Tecnología e Innovación, Transfiere 2022, en el FYCMA (Palacio de Ferias y Congresos de Málaga). El evento, posicionado como uno de los encuentros españoles de referencia para la promoción del I+D+i y la transferencia de conocimiento, acogió a más de 30.000 profesionales del ámbito empresarial, universitario y entidades, con el objetivo de compartir conocimiento científico y tecnológico, promover la innovación y conectar ciencia y empresa en la ciudad de Málaga.

Algunos de los miembros del grupo INNANOMAT de la Universidad de Cádiz e integrantes del Proyecto ADICORK asistieron al evento; Sergio I. Molina, Catedrático de Universidad e Investigador responsable del Proyecto ADICORK en la UCA; Luis Ricardo Angulo, miembro del grupo INNANOMAT y, Pedro Burgos, Investigador predoctoral del grupo INNANOMAT. Ellos fueron los encargados de presentar ADICORK y algunos de los prototipos que se desarrollaron.

Igualmente, Pedro Burgos presentó en el área de Open Innovation del Demo Center, con el patrocinio de Telefónica, el proyecto bajo el título “Diseño desde el origen” para la implantación del I+D+i en el sector del corcho.

Varios periódicos e instituciones de importancia en el sector de la innovación y los materiales, descubrieron el proyecto ADICORK en la undécima edición del Foro Europeo para la Ciencia, Tecnología e Innovación, Transfiere 2022, hablando sobre el proyecto en diversos artículos.

Uno de los periódicos líderes de la innovación, Innovaspain, se ha hecho eco del proyecto ADICORK, y ha realizado un artículo dando visibilidad tanto al proyecto como al grupo INNANOMAT de la Universidad de Cádiz en su portal online.

En la misma línea, la Asociación Española de Materiales Compuestos (AEMAC), nos han nombrado en un artículo en el apartado de Noticias de su página web, ya que asistieron al Foro Transfiere 2022 el pasado mes de febrero por primera vez. LA AEMAC tuvo la oportunidad de conocer la propuesta del proyecto ADICORK junto a las propuestas de otros agentes que participaron.

Asimismo, el Diario ABC empresa ha dedicado un artículo en el que habla del proyecto ADICORK, en el que Sergio I. Molina Rubio, Catedrático de Universidad de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica e investigador del proyecto, ha concedido una entrevista para hablar del potencial del corcho y de la implantación de la I+D+i en un sector poco desarrollado tecnológicamente.



Figura 2. Pedro Burgos, Investigador predoctoral del grupo INNANOMAT, presentando el proyecto bajo el título “Diseño desde el origen”, en el área de Open Innovation del Demo Center del Foro Transfiere 2022.

Asimismo, se recoge información relacionada con el progreso del proyecto.

Los prototipos del proyecto ADICORK han sido expuestos en varias ocasiones.

En el mes de marzo de 2022 algunos de los prototipos desarrollados en el Proyecto ADICORK se han llevado a las instalaciones del Campus de Ciencias situado en Puerto Real para formar parte de una exposición y así poder darle visibilidad tanto al proyecto como a los mismos dentro de la comunidad universitaria. Asimismo, en este campus se encuentra la sede principal del grupo de Investigación INNANOMAT y donde parte de los miembros del grupo se encuentran desarrollando sus actividades de investigación, en donde se han desarrollado parte de los materiales del proyecto.

En julio de 2022 se llevó a cabo la exposición “Impresión 3D salud, diseño, arte, tecnología y educación” en la Casa de Cultura de San Lorenzo del Escorial. El objetivo de la exposición es enseñar qué se puede hacer a través de la fabricación aditiva y en qué ámbitos se utiliza esta tecnología. Dicha exposición es una actividad de apoyo al curso de verano de fabricación aditiva organizado por el CSIC, la UNED y otras universidades españolas. Con la ayuda de la UNED y la SIF el CENIM va a organizar una exposición itinerante por algunos de sus centros en diferentes CC.AA.

El grupo de Investigación INNANOMAT de la Universidad de Cádiz, organizó el pasado 3 de junio de 2022 la jornada “Materiales, Diseño y Fabricación Sostenibles”, en el Salón de Grados II de la Facultad de Ciencias, en el Campus universitario de Puerto Real, Cádiz. Dicha celebración permitió dar visibilidad no solo a los materiales y prototipos que el grupo ha desarrollado, de potencial interés para el tejido empresarial y para otras entidades, sino también mostrar como algunas empresas también

se comprometen con la sostenibilidad, por lo que participaron diversos ponentes que informaron y mostraron ejemplos de cómo estas entidades contribuyen al uso de materiales y producciones sostenibles. Igualmente, con este encuentro se generó un espacio de puesta en común y discusión de lo realizado.

A este acto asistieron como invitados en la sesión de inauguración, Daniel Sánchez Román, delegado Territorial de Desarrollo Sostenible; María Jesús Mosquera Díaz, Vicerrectora de Política Científica y Tecnológica de la Universidad de Cádiz; Francisco Javier Rodríguez Benavente, jefe del Departamento de Espacios Naturales Protegidos en Cádiz de la Junta de Andalucía y, en calidad de representación del proyecto Sergio I. Molina Rubio, Catedrático de Universidad, Investigador responsable del Proyecto ADICORK en la UCA.

Algunas de las empresas invitadas a la jornada para presentar sus proyectos comprometidos con la sostenibilidad fueron:

- NAVANTIA (Astillero Bahía de Cádiz), cuyo representante fue Juan Antonio Gutiérrez, Técnico de Medio Ambiente.
- AIRBUS (Puerto Real), con Salvador Gómez, de Manufacturing Technologies, como representante.
- CONDAPLAST, cuyo representante fue Francisco Javier García-Tristán, responsable de Producción, Calidad y Medio ambiente,
- Smart Materials 3D, con Anyul López, del Departamento Técnico de I+D+i, como representante.
- Grupo Torrent, con representación de I+D+i de Torrent Innova

- Acerinox Europa SAU, cuya representante fue Julia Contreras, responsable de coordinación de I+D.

Los miembros del grupo encargados de presentar los diferentes desarrollos llevados a cabo durante el proyecto fueron: Daniel Moreno Nieto, Pedro Burgos, Alberto Sanz de León, Ismael Romero, María de la Mata, Petra Bacova y David Sales.

El proyecto ADICORK fue presentado por uno de los miembros del Grupo INNANOMAT, Daniel Moreno Nieto, personal Docente Investigador, en el 31 Congreso Internacional celebrado en la Escuela de Ingenierías Industriales de Málaga. Este evento fue organizado por el Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos

de la Universidad de Málaga, donde se abordaron diversos temas durante las sesiones: Diseño y desarrollo de producto, fabricación y diseño de procesos industriales, ingeniería gráfica aplicada, entre otros. La comunicación presentada por Daniel denominada “Large format AM in furniture design with novel cork based polymeric materials” abordaba temas como la fabricación de gran formato, el desarrollo de materiales y el diseño.



Figura 3. Inauguración de la II Jornada de ADICORK a través de los responsables del proyecto Francisco Javier Rodríguez Benavente y Sergio I. Molina Rubio, la Vicerrectora de Política Científica y Tecnológica de la Universidad de Cádiz María Jesús Mosquera Díaz, y Daniel Sánchez Román, delegado Territorial de Desarrollo Sostenible

“NANOPODCAST” FOMENTANDO LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DEL IMEYMAT

NANOPODCAST surge como iniciativa para aumentar el alcance divulgativo del IMEYMAT. El objetivo de NANOPODCAST es acercar la ciencia a la gente de a pie, mientras que al mismo tiempo también se consigue dar a conocer al IMEYMAT, a sus miembros y la labor que realizan.

La estructura de NANOPODCAST se compone de programas que abordan diversos temas científicos relacionados con la ciencia de la microscopía electrónica, la ciencia de los materiales, el funcionamiento y el trabajo del personal investigador del Instituto. Para la realización del podcast se cuenta con Francisco Miguel Morales como productor, con la colaboración de Manuel Figueroa y con Raquel González como conductora del programa, además de aportar la idea original. Además de ser un canal divulgativo, este podcast contribuye a dar a conocer al IMEYMAT en un ámbito más extenso que el de la Universidad de Cádiz.

NANOPODCAST ya cuenta con 8 programas emitidos, los cuales pueden ser escuchados en SpotifyPodcast, cuyos protagonistas miembros del Instituto que han compartido con el público sus avances en los proyectos, su dedicación a la ciencia y su trabajo constante. La iniciativa de este nuevo canal de divulgación ha tenido, en general, buena acogida entre los miembros del IMEYMAT. Puede escuchar todos los programas a través del siguiente código QR:



NANOPODCAST ha abordado hasta el momento diferentes aspectos desde como es el día a día en el IMEYMAT llevando a cabo un proyecto o desarrollo de una tesis doctoral. Hemos recogido algunos fragmentos de los podcasts grabados hasta la fecha que han contribuido a

la divulgación del trabajo de los/as investigadores/as del Instituto a lo largo de estas dos temporadas:

“...conocí el IMEYMAT al llegar a la UCA, en aquel momento me pareció un proyecto muy atractivo ya que cuenta con una gran cantidad de científicos con gran experiencia en el estudio de materiales, en concreto es un centro de referencia en microscopía electrónica que cuenta con un equipamiento de última generación, en mi opinión es un lugar ideal para aprender y empaparse de la experiencia de profesionales...”

Marta Escanciano “Aplicaciones del VO₂ en casa” NANOPODCAST1x01

“... estuve intentando todo para poder optar a una ayuda de formación de profesorado universitario del ministerio de universidades que me permitiera hacer la tesis en el IMEYMAT con el Doctorado de Nanociencia y Tecnología de Materiales el cual ya he finalizado...”

Iván Carrillo Berdugo “La realidad del doctorado” NANOPODCAST1x02

“...la visión artificial que se entiende como dotar a las máquinas del sentido de la vista, que puede reconocer objetos o extraer mucha información del mundo real a través de la imagen. Veía que tenía una conexión directa con el mundo de la microscopía electrónica, en la que uno de los resultados fundamentales de su aplicación es la toma de imágenes en el mundo de la nanoescala. Neocam (segundo puesto a nivel global en La OPENCV AI COMPETITION 2021) ha sido un proyecto de desarrollo de una cámara basada en visión artificial para mejorar el diagnóstico de bebés prematuros para medir parámetros importantes para el desarrollo cognitivo y motor de estos bebés...”

Lionel Cervera Gontard “Visión Artificial monitorizando neonatos” NANOPODCAST1x03

“...hay otros aditivos, precisamente las tierras raras, como el óxido de cerio, que lo que hace es ayudarnos un poco en el tema de si falta o sobra oxígeno. Es decir, el óxido de cerio cuando hay exceso de oxígeno puede retirarlo, entonces vamos a poder eliminar mejor el óxido de nitrógeno...”

no, pero cuando falta oxígeno, el óxido de cerio lo puede devolver y entonces ayuda a terminar la combustión. Es un poco un amortiguador, es decir, nosotros vamos conduciendo, pisamos el acelerador de golpe y nos falta un montón de oxígeno, pues al nivel del catalizador, el óxido de cerio va a aportar oxígeno. Ese oxígeno va a ayudar a terminar la combustión, pero si hacemos justo lo contrario y nos sobra oxígeno, pues lo va a retirar. Al final lo que nos va a mantener es un promedio de cantidad de oxígeno. Los catalizadores actuales dejan las oscilaciones bastante planas...”

Ginesa Blanco Montilla “Catálisis: ¿Cómo funciona tu coche?” NANOPODCAST1x04

“...creo que al profesor universitario debe gustarle también la docencia, ya que es el último rango de formación de las personas que luego van a desempeñar su trabajo. Los alumnos son parte esencial de la universidad, sin alumnos no habría universidad. Los alumnos de hoy son los profesionales del mañana, luego si se quiere que en un futuro cercano los profesionales sean lo mejor posible, hay que intentar que salgan de la universidad lo mejor preparado en todos los aspectos. Creo que un profesor debe ser una figura cercana al alumno que se preocupe por su aprendizaje...”

Javier Outon Porras “La docencia para los investigadores” NANOPODCAST1x05

“...la idea era diseñar un biosensor que se pudiera acoplar a los niños que están a punto de nacer, con el sentido de monitorizar las constantes de esos niños, pero sobre todo que midieran el pH y el lactato. Estos dos parámetros son indicadores que nos pueden dar una idea de si el feto está sufriendo mientras se está produciendo el parto. Este sufrimiento puede llevarlo incluso a la muerte si no se actuar rápidamente. El pH nos da una idea de la acidez y el lactato es uno de los parámetros que están asociados a la acidez, entonces cuanto más bajo sea el pH significa que hay más concentración de lactato, o lo que es lo mismo que el bebé está haciendo un sobre esfuerzo, con lo cual consume la mayor parte del oxígeno que tiene y puede llegar a asfixiarse...”

José María Palacios “Glucómetro y otros biosensores y sensores” NANOPODCAST2x01

“...Ya se están poniendo en marcha los primeros inicios de los ordenadores cuánticos, ellos van a ser capaces de descifrar tu información o el protocolo de transmisión muchísimo más rápido. Por eso es necesario desarrollar otras metodologías que te permitan enviar información y que tú puedas comprobar que se ha hecho de forma segura. Los electrones tienen unas propiedades físicas que se pueden manipular, ya sea por campos eléctricos o campos magnéticos, y cambian su estado. Se sabe por mecánica cuántica que por ejemplo en los fotones, cuando tú quieres leer la información, el estado en el que se encuentra ese fotón, lo alteras, no puedes ni leerlo, ni copiarlo sin alterarlo. De manera que, aprovechando dicha propiedad, podríamos saber si alguien ha espiado esa información si el fotón se encuentra alterado...”

Teresa Ben Fernández “De MacGyver a los ordenadores cuánticos” NANOPODCAST2x02

“...cuando te vas de estancia tienes un idioma diferente, tienes una forma de trabajar totalmente diferente, gente que tú no conoces, otro laboratorio que tiene otras normas, no es nada fácil. Pero es bueno porque así aprendes. En las estancias hay muchísimo trabajo, porque vas a una estancia y aprovechas los conocimientos y los recursos que te ofrecen para tu investigación. Mis estancias son en Francia, lo que pasa que también he asistido a congresos mientras estaba en la estancia. En Francia realizo la caracterización eléctrica del dispositivo y la fabricación y aquí (IMEYMAT) el análisis microestructural, más de materiales. Se complementan ya que mi tesis trata ambas partes...”

Beatriz Soto Portillo “Las estancias en el doctorado” NANOPODCAST2x03

Se espera consolidar esta nueva herramienta comunicativa consiguiendo un mayor número de episodios que contribuyan al objetivo de la divulgación científica. NANOPODCAST está abierto a propuestas de contenido científico de cualquier persona o entidad interesada en participar en el mismo que desee colaborar y aportar su conocimiento, experiencia y/o investigación.

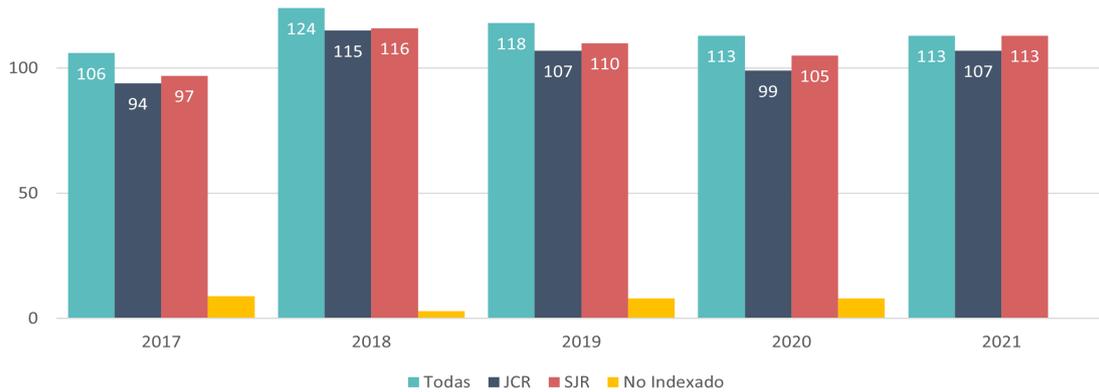
EL IMEYMAT EN CIFRAS

PERIODO 2017 - 2021

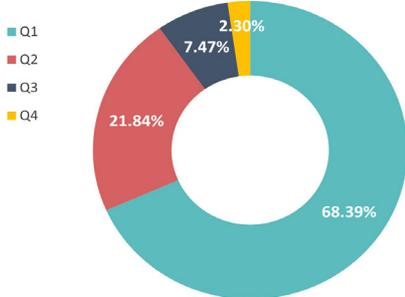
574 PUBLICACIONES

191 PROYECTOS ACTIVOS

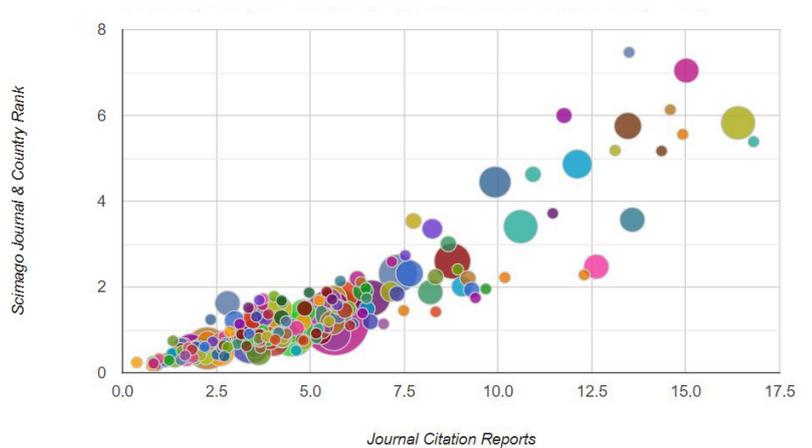
25,67M€ FINANCIACIÓN



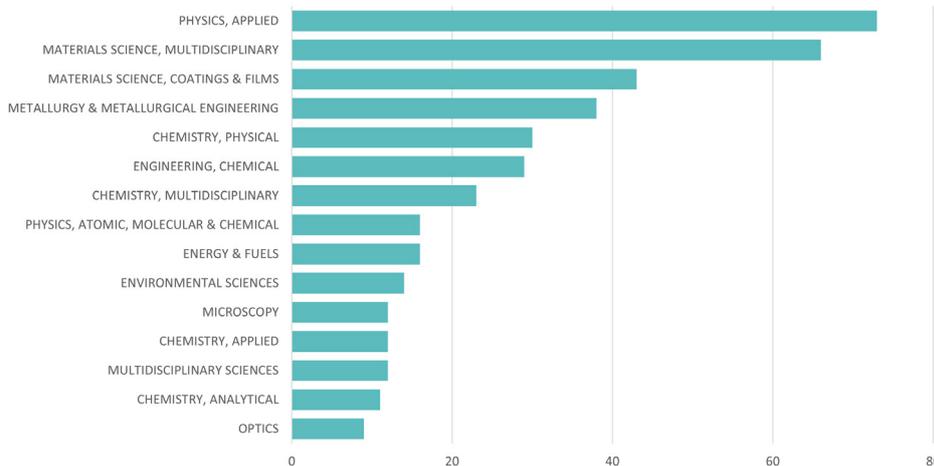
*Publicaciones anuales categorizadas por indexación.



*Publicaciones organizadas por cuartiles por factor de impacto JCR.



* Correlación entre indicadores de impacto (Eje x, Eje Y) y número de artículos publicados (tamaño burbuja) en las revistas más utilizadas por nuestros investigadores.



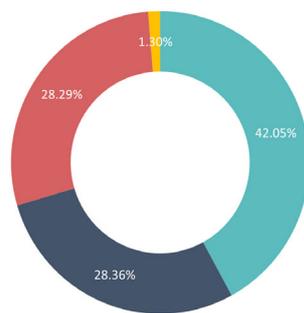
* Top 15 de las categorías más comunes de los artículos publicados por investigadores del instituto.

Tabla de financiación obtenida de proyectos organizadas por organismos financiadores.

Entidad Financiadora	2017	2018	2019	2020	2021	PROMEDIO	TOTAL
Proyectos financiados por el Plan Nacional I+D+i	1,213,915 €	942,496 €	129,786 €	351,505 €	1,503,642 €	828,269 €	4,141,343 €
Proyectos financiados por la UE	1,149,429 €	535,551 €	355,714 €	752,715 €	0 €	558,682 €	2,793,409 €
Proyectos financiados por la Junta de Andalucía	0 €	1,031,156 €	0 €	1,423,502 €	331,700 €	557,272 €	2,786,358 €
Proyectos financiados por otros organismos públicos	23,100 €	12,000 €	4,000 €	15,235 €	73,349 €	25,537 €	127,685 €
TOTAL PROYECTOS	2,386,444 €	2,521,203 €	489,500 €	2,542,957 €	1,908,691 €	1,969,759 €	9,848,795 €



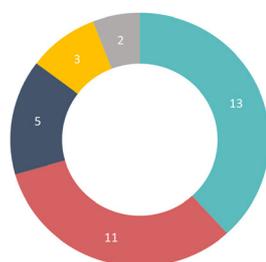
* Proyectos de infraestructuras obtenidos que han sido visados por investigadores del instituto.



* Financiación total obtenida de proyectos organizados por organismos financiadores.

Entidad Financiadora

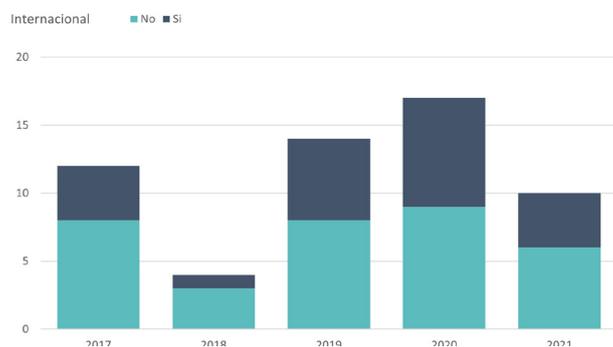
- Proyectos financiados por el Plan Nacional I+D+i
- Proyectos financiados por la UE
- Proyectos financiados por la Junta de Andalucía
- Proyectos financiados por otros organismos públicos



Area

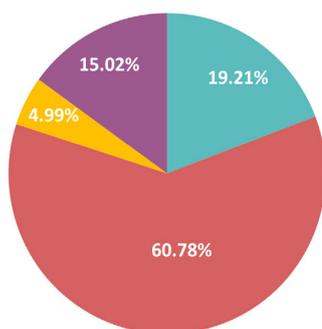
- CIENCIA DE LOS MATERIALES E INGENIERÍA METALÚRGICA
- QUÍMICA INORGÁNICA
- QUÍMICA FÍSICA
- FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA
- QUÍMICA ANALÍTICA

* Tesis organizadas por Área de Conocimiento.



* Tesis organizadas por mención para el periodo de análisis.

FINANCIACIÓN INTERNA DEL INSTITUTO



Concepto

- Proyectos Líneas Prioritarias
- RC Contrato Técnico Gestión
- Fondos Retirados por VPCyT
- Gastos corrientes (Divulgación,...)

* Gastos organizados en categorías aprobados por el consejo del instituto.

“UN PAÍS SIN INVESTIGACIÓN ES UN PAÍS SIN DESARROLLO.” - Margarita Salas

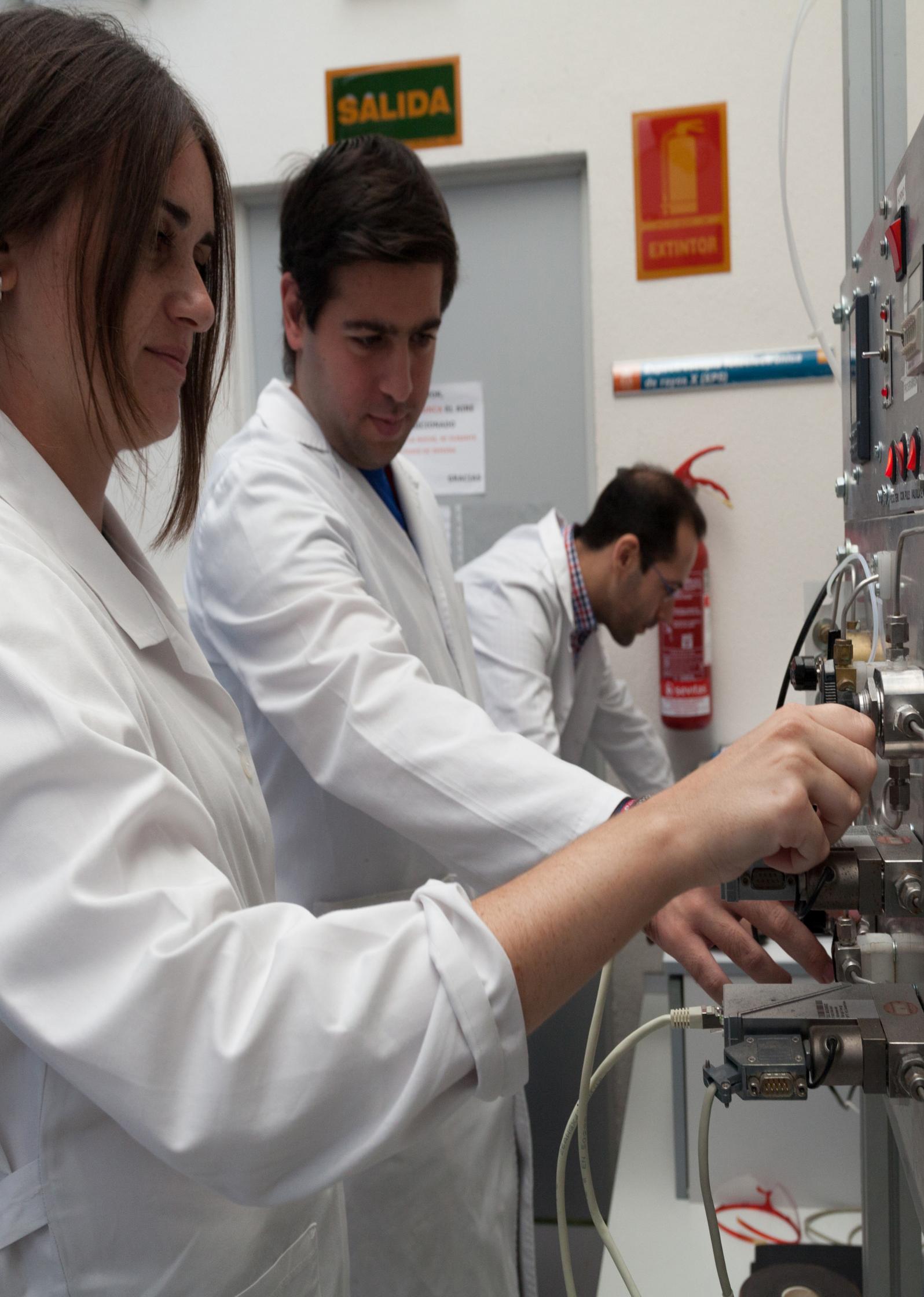
PLAN PROPIO: PROYECTOS IMEYMAT

Convocatoria 2021

IMEYMAT en su compromiso con la investigación científica dedica desde 2017 fondos a desarrollar una convocatoria propia de proyectos de investigación, denominados “Proyectos IMEYMAT”. Para el año 2021, en esta quinta edición, se conceden 22 proyectos de 1400 EUR. Finalmente, se ejecutaron 11 proyectos por un valor de 22400 EUR, algunos de ellos fruto de refundar varios proyectos de “líneas prioritarias” mientras que en la convocatoria anterior de 2020 se financiaron 18 proyectos con una financiación de 38.269,82 EUR. Aunque esta convocatoria es competitiva a nivel interno, los fondos dedicados al desarrollo de las propuestas no se contabilizan en las estadísticas del total de fondos externos captados por los Miembros del IMEYMAT.

Por un lado, en los proyectos “líneas prioritarias” la cuota de reparto se realizó por áreas temáticas, considerándose un balance entre sus números de miembros, sus artículos de impacto, y su liquidez financiera en la anualidad. Cada equipo de investigación elige su línea prioritaria estratégica y al líder del proyecto de manera motivada. De esta forma se cumple también con la actuación prevista de incorporar la productividad investigadora entre los criterios de reparto y distribución del presupuesto propio del Instituto.

A continuación, se exponen descripciones breves de los resultados de algunos de los Proyectos IMEYMAT 2021. En la Memoria de Actividades 2021 se presentaron además con más detalle una recopilación de las propuestas de los 11 proyectos de convocatorias internas, y sus memorias de ejecución.



IMPLEMENTACIÓN DE LA APROXIMACIÓN “FROZEN MOLECULAR ORBITAL” EN EL CÁLCULO DE ÍNDICES DE REACTIVIDAD ESTÁTICOS DE SISTEMAS PERIÓDICOS A NIVEL DE CÁLCULO DFT-PBC. MODIFICACIÓN DEL SOFTWARE UCA-FUKUI Y PRIMERAS APLICACIONES EN SUPERFICIES DE SÓLIDOS CRISTALINOS.

Sánchez-Márquez, J, Zorrilla, D. El grupo es SCEM (FQM-166) y el departamento de Química-Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz.

En 1952, K. Fukui publicó el artículo titulado “Una teoría molecular de la reactividad en hidrocarburos aromáticos”, aunque estas ideas no fueron bien acogidas en ese momento, más tarde compartió el Premio Nobel de Química con R. Hoffmann por su trabajo en los mecanismos de reacción. El trabajo de Hoffman se centró en crear un conjunto de reacciones orgánicas pericíclicas, basadas en la simetría orbital, que publicó junto con R. B. Woodward, en el artículo titulado “La conservación de la simetría orbital”.

En el trabajo de Fukui se estudiaron los orbitales frontera, y en particular los efectos del Orbital Molecular Ocupado Más Alto (HOMO) y el Orbital Molecular No Ocupado Más Bajo (LUMO) sobre los mecanismos de reacción, lo que llevó a que se llamara Teoría del Orbital Molecular Frontera, que utilizó para comprender mejor las conclusiones de las reglas de Woodward-Hoffmann. La teoría de los orbitales frontera dió lugar a la “Frozen Molecular Orbital Aproximación” (FMOA) que consiste en considerar que los orbitales moleculares cambian poco al ionizar positiva o negativamente la molécula (solo cambia su ocupación). Esta idea simplifica en gran medida el cálculo de índices de reactividad locales (derivadas sucesivas de la energía y la densidad con respecto al número total de electrones) que son muy usados en la interpretación y predicción de la reactividad química.

La aproximación FMO es ampliamente usada en el cálculo de índices de reactividad (por ejemplo los índices de Fukui o dual-descriptor) de sistemas moleculares no periódicos. El salto a sistemas periódicos como sustancias cristalinas o superficies de sólidos, en la mayoría de los casos, no se ha realizado por la complejidad de los cálculos. En el presente proyecto se ha modificado el software UCA-FUKUI que

ya tiene implementada la aproximación FMO en sistemas moleculares no periódicos para que lea los orbitales moleculares generados con el programa Gaussian con la metodología “Periodic Boundary Conditions”, que permite realizar un cálculo con condiciones de contorno periódicas (permite tratar sistemas periódicos infinitos), en el marco de la Teoría de los Funcionales de la Densidad (DFT-PBC), además de otras magnitudes necesarias para el cálculo (integrales moleculares de solapamiento, ...) y que calcule los correspondientes índices de reactividad para la celda unidad del sistema periódico bajo estudio. Además, se ha aplicado a varios sistemas para comprobar que el programa funciona correctamente, en una serie de casos simples y bien conocidos donde sean relativamente fáciles de interpretar los resultados del cálculo.

En este trabajo se ha diseñado de un código informático para el cálculo de descriptores de reactividad de sistemas periodicos infinitos, en concreto, para determinar estos índices en la superficie de sólidos cristalinos. Se ha modificado el software UCA-FUKUI (ver Fig. 1), que consiste en un programa de cálculo de reactividad molecular desarrollado en nuestro laboratorio, y se ha implementado el código informático en la forma de un nuevo módulo de cálculo. Esto ha permitido realizar los calculos de índice de reactividad correspondientes. Se han calculado varias estructuras de prueba (MgO, CaO y Al2O3) con la metodología DFT-PBC. En todos los casos, las condiciones de contorno periodicas se aplicaron en dos dimensiones, tomando en la dimensión no periodica entre dos y cuatro capas del solido cristalino (ver Figs. 2 y 3 izquierda). Después de optimizar estas estructuras se obtuvieron los orbitales moleculares y las integrales de solapamiento con el funcional de la densidad PBE/PBE y la base 6-311G(d,p).

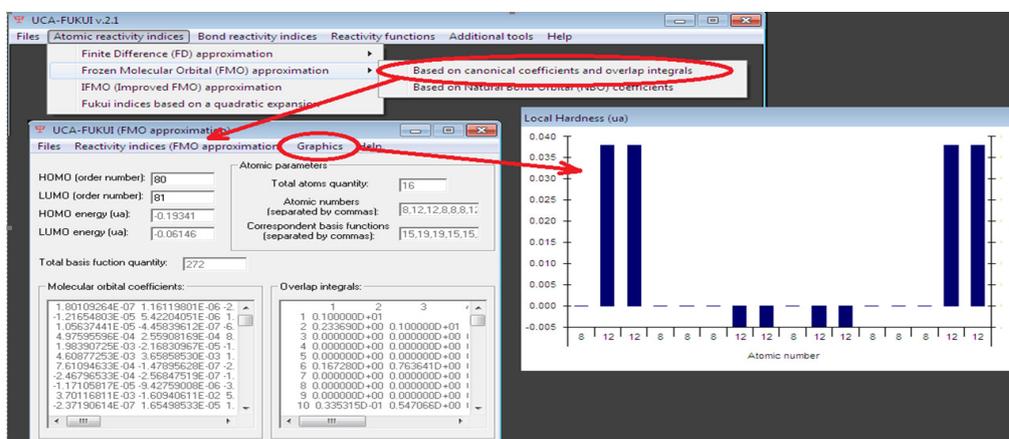


Figura 1. Software UCA-FUKUI modificado para realizar los cálculos de este trabajo. Los datos que se observan en el programa corresponden al ejemplo MgO utilizado en este estudio.

Después de optimizar estas estructuras se obtuvieron los orbitales moleculares y las integrales de solapamiento con el funcional de la densidad PBE/PBE y la base 6-311G(d,p).

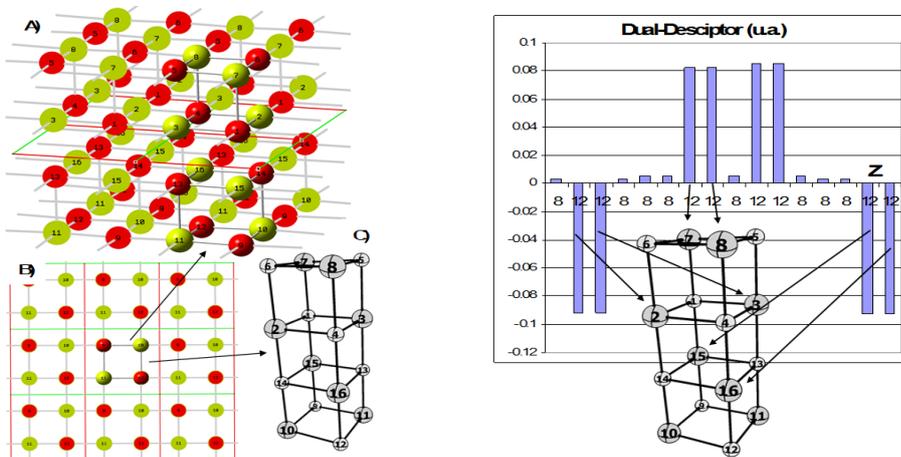


Figura 2. Cálculo del índice dual-descriptor para una lámina de MgO de 4 capas de espesor. A la derecha puede verse que los metales Mg7 y Mg8 de la superficie son más electrófilos que los de capas internas.

Se calcularon los descriptores de reactividad (ver Figs. 2 y 3 derecha) en las geometrías de equilibrio, y para esto el programa requirió leer los orbitales moleculares y las integrales moleculares obtenidos con la metodología DFT-PBC que fueron calculados con anterioridad.

El objetivo del proyecto ha sido alcanzado en su totalidad puesto que el software que se pretendía desarrollar ha sido construido y se ha podido estudiar sistemas periódicos

como sustancias cristalinas o superficies de sólidos desde un punto de vista computacional. En lo que respecta a su aportación a beneficiar a otras líneas prioritarias del Instituto, es bastante evidente que el desarrollo de una metodología de cálculo capaz de dar soporte teórico (desde el campo de la mecánica cuántica) a otras líneas de investigación del Instituto, con perfiles mucho más experimentales, tiene un potencial muy alto.

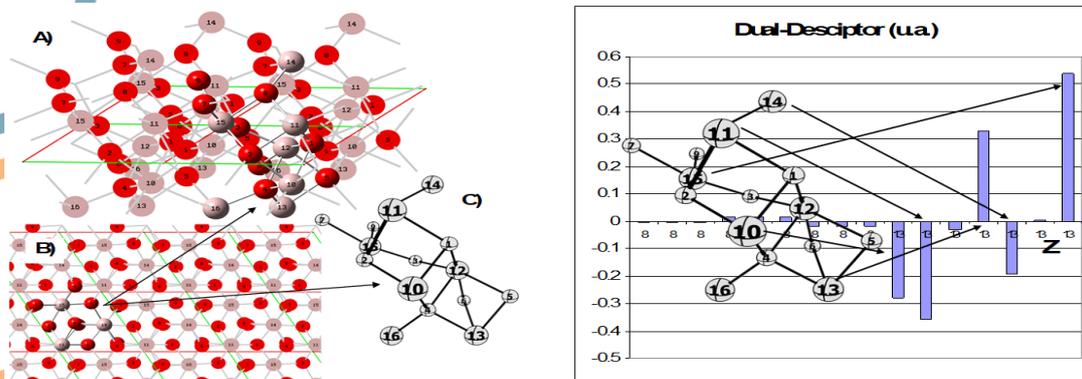


Figura 3. Cálculo del índice dual-descriptor para una lámina de Al₂O₃ de 5 capas de espesor. A la derecha puede verse como los metales de la superficie son más reactivos que los de capas internas.



El Dr. Jesús Sánchez Márquez se licenció en Química por la Universidad de Cádiz (1998). Tras realizar el curso de doctorado “Química Teórica y Computacional” en la universidad de Valencia realizó su tesis doctoral en la Universidad de Cádiz (2005). Actualmente pertenece al grupo de investigación SCeM y está trabajando como profesor sustituto interino en el departamento de Química-Física. Su línea de investigación principal está centrada en el desarrollo de nuevos modelos teóricos de reactividad dentro del marco del DFT (Density Functional Theory) conceptual, en la definición de nuevos descriptores, la aplicación de estos parámetros a reacciones de interés y el desarrollo de nuevo software de computación.

TEXTURIZADO LÁSER DE ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS PARA LA BÚSQUEDA DE NUEVAS PROPIEDADES: DISMINUCIÓN DE LA ADHERENCIA BACTERIANA

J. Outón a,b, V. Matres c, M. Carbú d,e, D. Acosta a y E. Blanco a,b

a Departamento de Física de la Materia Condensada, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

b Instituto de Investigación en Microscopía Electrónica y Materiales, IMEYMAT

c Acerinox Europa S.A.

d Área de Microbiología, Departamento de Biomedicina, Biotecnología y Salud Pública, Universidad de Cádiz

e Instituto de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria, IVAGRO

Las bacterias son microorganismos que presentan una enorme ubicuidad y gran capacidad de adherencia a superficies, lo que hace que sean una importante fuente de contaminación en industrias, como la alimentaria, y en entornos sanitarios. El problema se agrava cuando forman biopelículas o biofilms, que son capas formadas por microorganismos embebidos en una matriz de sustancias poliméricas extracelulares, principalmente polisacáridos, que se unen de manera irreversible a las superficies. La formación de estas biopelículas confiere a las bacterias nuevas características, tales como una mayor resistencia al estrés y a los antibióticos. Por este motivo, su difícil eliminación, la cual no se llega a conseguir en determinados casos, supone un gran gasto de tiempo y dinero.

Por ello, sería ideal evitar la formación de biopelículas. En el proceso de adhesión influyen las condiciones ambientales, las características bacterianas y las propiedades superficiales. Así, el diseño de superficies que eviten o, al menos, reduzcan el biofouling, por sus características físico-químicas, es un área de investigación de gran interés. Dentro de las técnicas para producir acabados superficiales de gran precisión, ha emergido con fuerza la tecnología láser, ya que permite obtener texturas superficiales en un solo paso, de manera simple, repetitiva y sin etapas de limpieza, al no generar residuos.

En la industria alimentaria y en equipos médicos, el material más empleado en las superficies de trabajo es el acero inoxidable por su resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas, además de poseer un muy buen aspecto visual. Además, es importante tener en cuenta que la capacidad de formación de biopelículas sobre aceros inoxidables es muy pequeña, especialmente en el caso de los aceros con acabado superficial brillante, ya que presentan una rugosidad muy baja que dificulta en gran medida, por su estructura física, la adherencia bacteriana. No obstante, aunque el margen de mejora sea pequeño, es importante reducir al mínimo la capacidad de adherencia ya que, como se ha comentado, es el material más empleado, y en muchos casos con un acabado brillante, en instrumental hospitalario y alimentario.

Con estos antecedentes, surge una nueva línea de investigación en el Dpto. Física de la Materia Condensada de la UCA partiendo de la siguiente hipótesis: “Mediante tratamientos consistentes en pulsos láser ultracortos aplicados a un acero inoxidable ferrítico se pueden conseguir materiales estables con buenos resultados en la inhibición de la adherencia de microorganismos cuando se usan en la industria alimentaria y en el entorno sanitario”.

Mediante tratamientos consistentes en pulsos láser ultracortos aplicados a un acero inoxidable ferrítico se pueden conseguir materiales estables con buenos resultados en la inhibición de la adherencia de microorganismos cuando se usan en la industria alimentaria y en el entorno sanitario

Por ello se ha estudiado la capacidad de adherencia de *Escherichia coli*, microorganismo Gram negativo modelo ampliamente utilizado, sobre probetas de acero inoxidable ferrítico, el cual es más económico que el austenítico. En primer lugar, se ha comprobado que la cantidad de bacterias que se adhieren a las superficies sin tratar es muy similar en las probetas ensayadas en un mismo día. Sin embargo, se ha verificado que a pesar de que el cultivo bacteriano utilizado siempre tiene una densidad óptica entre 0.25-0.3 y se encuentra en fase exponencial, las pequeñas diferencias en su estado metabólico y la concentración influyen en la capacidad de adhesión y formación de biofilms, provocando diferencias en los resultados en días distintos. Por ese hecho, las probetas que han sido tratadas con láser, son comparadas con probetas sin tratar, a modo de control, a las que se les ha hecho el test de adherencia el mismo día.

Se han realizado experimentos utilizando un láser de femtosegundos de 1030 nm de longitud de onda en los que se varía la velocidad de escaneo, la cual controla el solapamiento entre pulsos en el eje X, y el interlineado, que controla el solapamiento en el eje Y, de manera que el solapamiento es constante en ambos ejes; manteniendo constantes la frecuencia y la potencia. Es importante tener en cuenta que siempre ha de existir solapamiento entre pulsos ya que la superficie ha de verse afectada al completo. Además, la superficie ha de ser modificada en un grado en el que puede conseguirse una disminución de la adherencia bacteriana, pero sin alterar sus propiedades mecánicas ni su resistencia a la corrosión y conservando un aspecto visual similar.

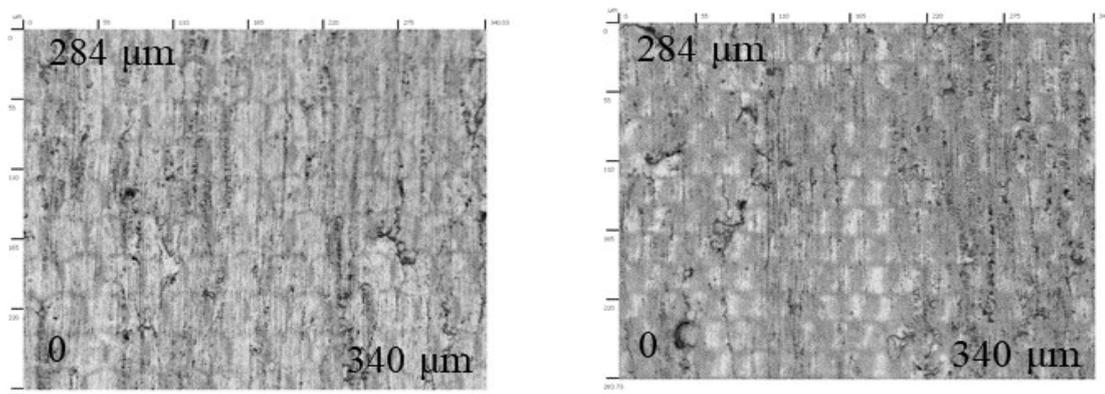


Figura 1. Imágenes de Microscopía confocal de la superficie texturizada donde se observa el solapamiento entre pulsos

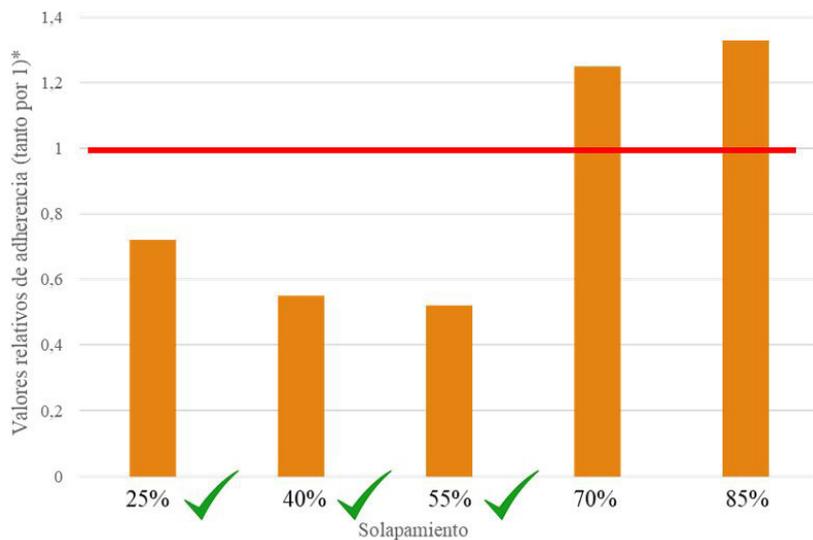


Figura 2. Resultados de los ensayos de adherencia

Al representar los valores relativos de adherencia (adherencia en una probeta tratada / adherencia en la probeta sin tratar), se observa que los tratamientos con solapamientos más bajos, presentan una disminución en la cantidad de bacterias adheridas, logrando disminuciones de hasta, aproximadamente, un 50%. Además, es muy positivo el hecho de que sea en los tratamientos con menor solapamiento y, por tanto, menos agresivos. De esta manera, se modifica menos la superficie de los aceros inoxidables y, por tanto, de sus propiedades.

Una manera de cuantificar cómo varía el aspecto visual es mediante el LRV (Light Reflectance Value), un indicador de la cantidad de luz que recibe una persona al ser reflejada por una superficie (definido por la norma CIE 15:2004 sobre colorimetría). Dicho parámetro ha sido calculado respecto de la radiación reflejada de manera difusa y respecto de la total, siendo sus valores los siguientes:

		Solapamiento				
	Control	25%	40%	55%	70%	85%
LRV difuso (%)	8.0	11.7	13.1	14.6	20.1	19.1
LRV total (%)	57.2	51.3	49.6	46.7	49.4	20.7

Tabla 1. Valores de LRV difuso y total

Se comprueba que, según aumenta el solapamiento, el LRV correspondiente a la difusa va aumentando lentamente mientras que el total va disminuyendo, aunque siempre con valores cercanos al de la muestra control. Esta tendencia deja de observarse para solapamientos superiores al 55%, ya

que un grado de solapamiento tan alto modifica demasiado la superficie, por lo que el aspecto empieza a ser muy distinto al de las muestras sin tratar. Hay que destacar que en los tratamientos que han conseguido disminuir la adherencia, los valores de LRV son similares a los de la muestra sin tratar, garantizando que el aspecto visual no varía en demasía.

Se observa que los tratamientos con solapamientos más bajos, presentan una disminución en la cantidad de bacterias adheridas, logrando disminuciones de hasta, aproximadamente, un 50%

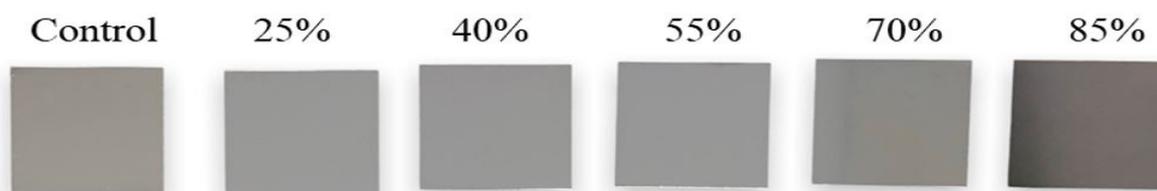


Figura 3. Fotografía del aspecto visual de las probetas tras el tratamiento y de la muestra control

Además, en el proceso de búsqueda se superficies que reduzcan la adherencia bacteriana se han logrado preparar muestras con elevado carácter hidrofóbico, por un lado, y, por otro, superficies con una muy elevada iridiscencia, es decir, que presentan distintos colores en función de la iluminación

y del ángulo con el que el observador mire la muestra. De este modo, se abren nuevas líneas de investigación en el proceso de preparación de superficies con nuevas propiedades y aplicaciones.



Figura 4. Muestra que presenta iridiscencia

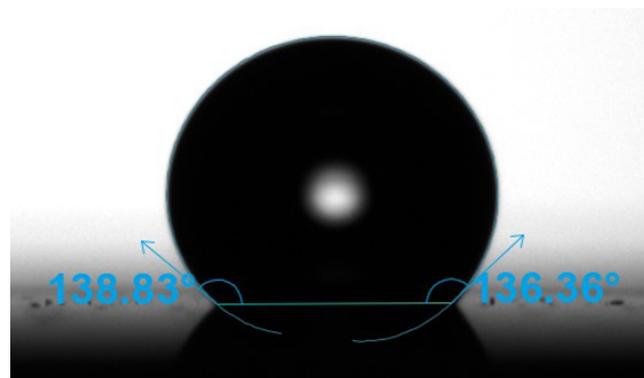


Figura 5. Superficie texturizada que presenta un elevado ángulo de contacto



Javier Outón Porras se graduó en Biotecnología e Ingeniería Química en 2019 por la Universidad de Cádiz. Tras ello, realizó el Máster Nanociencia y Tecnología de Materiales, también, en la Universidad de Cádiz. Durante sus estudios, fue alumno colaborador en el Dpto. Física de la Materia Condensada y obtuvo una beca Erasmus en el curso 2018-2019, cursando sus estudios en la University of Chemistry and Technology, en Praga. Al finalizar sus estudios, obtuvo una beca FPU del Ministerio para la realización de la tesis doctoral, enrolándose en el grupo de investigación de Magnetismo y Óptica Aplicados y siendo miembro del Dpto. Física de la Materia Condensada.

(BIO)SENSORES ELECTROQUÍMICOS BASADOS EN POLÍMEROS (POLIBIOSENS)

Palacios-Santander, JM, García-Guzmán, JJ, Sierra-Padilla, A, López-Iglesias, D, Bellido-Milla, D, Cubillana-Aguilera, L

Equipo de investigación Instrumentación y Ciencias Ambientales (FQM-249), Instituto IMEYMAT, Universidad de Cádiz.

Los sensores y biosensores electroquímicos muestran importantes ventajas frente a otras herramientas de análisis: simplicidad, buena reproducibilidad, bajo coste, alta sensibilidad y corto tiempo de respuesta. Además, si conjugamos estas ventajas con las de los polímeros conductores: conductividad eléctrica a medida gracias al dopaje electrónico, alta estabilidad ambiental y biocompatibilidad, el dispositivo resultante goza de unas prestaciones analíticas difícilmente igualables, que lo hacen muy valioso como herramienta de campo para medidas *in situ*, en continuo y en tiempo real, ya sea a nivel industrial, agroalimentario o incluso biomédico.

El grupo de investigación FQM-249 de la Universidad de Cádiz, en colaboración con grupos de investigación de Marruecos, Italia y Rumanía, entre otros países, así como con empresas de la región (Ubrisecurity, S.L.) e instituciones sanitarias como el Hospital Universitario de Puerto Real (Cádiz), lleva varias décadas investigando en este tipo de dispositivos, fundamentalmente, de tipo electroquímico, aunque también se han diseñado (bio)sensores de tipo óptico. Un buen ejemplo de ello es un biosensor para lactato cuya composición es la siguiente: electrodo serigrafado + mediador redox + capa enzimática con nanopartículas + biopolímero 1 + biopolímero 2 + membrana polimérica aniónica. La deposición de las distintas capas se lleva a cabo conjugando la técnica de *drop-casting* con la de *spin-coating* y favoreciendo la inmovilización de la enzima. El biosensor da respuesta lineal en el intervalo de 0,1 a 20 mM y presenta una buena sensibilidad. Los errores de repetibilidad y de reproducibilidad son inferiores al 1% y al 3%, respectivamente. Igualmente, la selectividad es excelente, ya que permite determinar lactato en presencia de cantidades muy superiores de ácido ascórbico, ácido úrico, dopamina y glucosa, principales interferentes del analito en cuestión. Actualmente, se encuentran pendiente de publicación varios artículos al respecto: una revisión sobre el estado del arte de biosensores de lactato y sus aplicaciones biomédicas y en la industria agroalimentaria, y otro sobre la fabricación y aplicación biomédica del biosensor obtenido en el grupo de investigación.

En relación a los polímeros magnéticos impresos molecularmente (MMIPs), que se emplean habitualmente como sensores biomiméticos por su capacidad para emular los binomios enzima-sustrato o antígeno-anticuerpo existentes en la naturaleza, hay que resaltar la síntesis de un MMIP mediante ultrasonidos de alta energía para la determina-

ción electroquímica de un contaminante emergente que se encuentra en muchos tipos de contenedores plásticos empleados actualmente: el bisfenol A. La novedad de esta investigación radica, fundamentalmente, en el empleo de una nueva aproximación teórica, basada en la teoría del funcional de la densidad (DFT), con idea de encontrar el monómero y el disolvente porógeno más apropiados para diseñar el MMIP específico para el analito en cuestión. A partir de los cálculos del HOMO y del LUMO, así como del potencial electrostático molecular de las interacciones bisfenol A-monómero, se concluyó que tanto el ácido metacrílico como la acrilamida mostraban una buena afinidad hacia el bisfenol A, mientras que el disolvente más apropiado para favorecer dicha interacción era la acetona. Los MMIPs sintetizados a partir de los resultados de la DFT fueron caracterizados mediante STEM, TGA, FTIR y DRX y, posteriormente, fueron aplicados como absorbentes para la extracción en fase sólida acoplada a la detección electroquímica de bisfenol A, obteniendo un límite de detección muy bajo de 66 nM y unas recuperaciones en agua muy próximas al 100%. Por otra parte, y empleando una estrategia similar, se desarrolló un procedimiento simple y rápido de síntesis de MMIP a partir de microondas para determinar, en este caso, sulfametoxazol, un antibiótico ampliamente empleado en humanos y animales de granja. Se emplearon las mismas técnicas de caracterización de materiales que en el caso anterior, pero se utilizó la espectrofotometría UV/vis para determinar el analito. Se obtuvo un límite de detección de 0,59 μ M y recuperaciones muy cercanas al 100% en agua del grifo para un MMIP a base de ácido metacrílico. Estas investigaciones se han publicado en varias revistas científicas de alto impacto indexadas en JCR: *Materials Science & Engineering B*, en la categoría *Materials Science, Multidisciplinary* (129/335), con un factor de impacto de 4.051 (2020): <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2021.115568>, y *Talanta*, en la categoría *Chemistry, Analytical* (12/83), con un factor de impacto de 6.057 (2020): <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122430>, respectivamente. Además, se ha generado una tercera publicación en la forma de un capítulo de libro publicado con la prestigiosa editorial *The Royal Society of Chemistry* (ISBN 978-1-83916-210-7), titulado: ‘Analytical Applications of Molecularly Imprinted Polymer-decorated Magnetic Nanoparticles’, <https://doi.org/10.1039/9781839162756>. Los tres trabajos se han desarrollado en colaboración con la Universidad Hassan II de Casablanca en Mohamedia (Marruecos).

Por una parte, dentro de la línea de investigación enfocada

La selectividad es excelente, ya que permite determinar lactato en presencia de cantidades muy superiores de ácido ascórbico, ácido úrico, dopamina y glucosa, principales interferentes del analito en cuestión.

al desarrollo de (bio)sensores basados en polímeros conductores, se han finalizado los estudios conducentes a la obtención del material Sonogel-Carbono-PANI y su empleo en sensores electroquímicos para la determinación de 4-cloro-3-metilfenol en aguas. Esta investigación ha sido posible gracias a la colaboración del Prof. Dr. Rodrigo Alcántara Puerto, perteneciente al grupo de investigación ‘Simulación, Caracterización y Evolución de Materiales’ del Dpto. de Química-Física de la UCA, una estudiante Erasmus de la Universidad de Bradford (UK) y la Prof^a. Dra. Marina Cocchi, de la Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia (Italia), publicándose un artículo en la revista Journal of Electroanalytical Chemistry, indexada en JCR en la categoría Chemistry, Analytical (20/83), con un factor de impacto de 4.464: <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115971>. Igualmente, cabe resaltar también nuestras investigaciones basadas en la síntesis rápida, verde, simple, en un solo paso y sin usar plantillas de un material nanocompuesto a base de nanofibras de polianilina y nanopartículas de oro, empleando ultrasonidos de alta energía. El nanocompuesto PANI-AuNPs fue caracterizado me-

dante SEM, TEM, EDS, FTIR y técnicas electroanalíticas (voltamperometría cíclica y espectroscopía de impedancia electroquímica); posteriormente, se utilizó como matriz de inmovilización en electrodos Sonogel-Carbono para fijar la enzima glucosa oxidasa. El biosensor resultante se aplicó a la determinación de glucosa en muestras reales de vino tinto y blanco, con recuperaciones excelentes. Esta investigación, junto con una revisión enfocada hacia el empleo de polímeros conductores y materiales compuestos en lenguas y narices electrónicas, se han publicado en la revista Sensors, indexada en la categoría Instruments & Instrumentation (17/64) del JCR, con un factor de impacto de 3.576 (2020): <https://doi.org/10.3390/s21248470> y <https://doi.org/10.3390/s21154976>, respectivamente.

Por otra parte y relacionado íntimamente con la línea de investigación anterior, hay que destacar los trabajos desarrollados en colaboración con el grupo de las Prof^{as}. Chiara Zanardi y Laura Pigani de la Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, en Módena – Italia, y con el grupo del Prof. Stelian Lupu de la Universidad Politécnica de

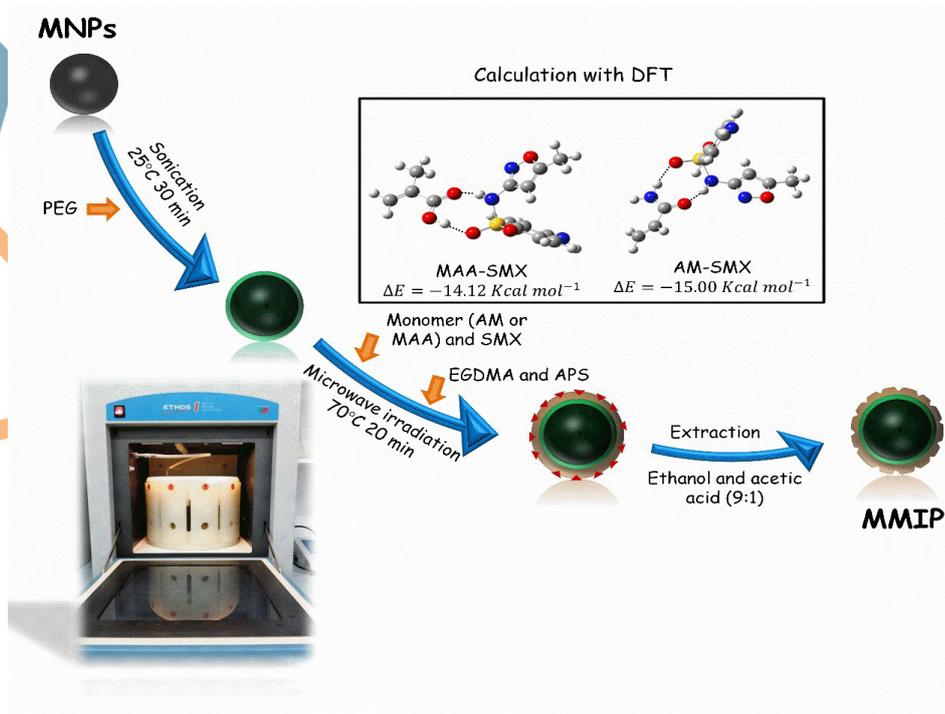


Figura 1. Proceso de síntesis mediante microondas de un material compuesto MMIP (polímero magnético impreso molecularmente) empleando ácido metacrílico o acrilamida como precursores, tras la optimización mediante la teoría del funcional de la densidad (DFT); el disolvente porógeno empleado es acetona. El material soporte está constituido por nanopartículas magnéticas. Tras la síntesis en presencia de la molécula objetivo (sulfametoxazol) que actúa como plantilla, se extrae dicha especie con una mezcla 9:1 de etanol:ácido acético y se obtiene el MMIP listo para ser empleado en procesos de extracción en fase sólida del analito modelo. (DOI: 10.1016/j.talanta.2021.122430).

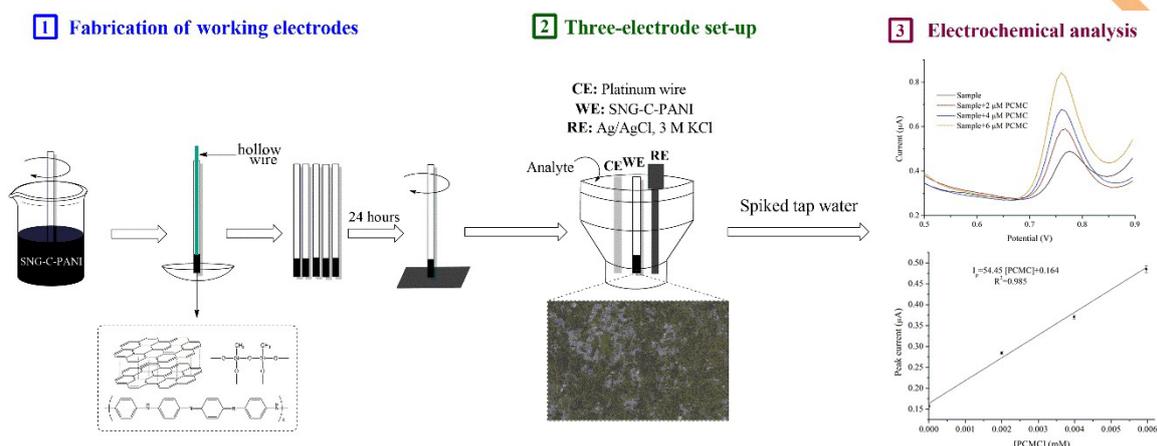


Figura 2. Procedimiento de fabricación del nuevo electrodo Sonogel-Carbono-PANI (polianilina) y su aplicación a la determinación electroanalítica de 4-cloro-3-metilfenol. En primer lugar, una vez irradiada con ultrasonidos de alta energía, se adiciona grafito en polvo a la mezcla de silano precursor y catalizador; se homogeniza y se procede al relleno de los capilares de vidrio que formarán el cuerpo del electrodo Sonogel-Carbono-PANI. Tras 24 h de secado, se pule suavemente el material que sobresale por uno de los extremos del capilar y, por el extremo libre, se inserta un alambre de cobre que conectará el material con el aparato de medida. Dicho electrodo se emplea posteriormente como electrodo de trabajo en una celda electroquímica para determinar el analito en estudio: 4-cloro-3-metilfenol en varias muestras de aguas (DOI: 10.1016/j.jelechem.2021).

Bucarest (Rumanía), éste último también en colaboración con la Dra. Cecilia Lete, del Instituto de Química-Física ‘Ilie Murgulescu’ de la Academia Rumana en Bucarest (Rumanía). En el primer caso, la investigación se basa en la detección simultánea de glucosa y fructosa en mostos sintéticos empleando técnicas de análisis multivariante y electrodos Sonogel-Carbono modificados internamente con AuNPs. Este trabajo es una prueba de concepto, con idea de estudiar la posibilidad de aplicar posteriormente la metodología desarrollada en la determinación de ambos analitos en muestras reales de mosto. El trabajo se publicó también en la revista *Sensors*: <https://doi.org/10.3390/s21124190>. En el segundo caso, se han publicado sendas investigaciones relacionadas con el empleo de electrodos Sonogel-Carbono modificados con AuNPs para la determinación de melatonina en suero humano, con un límite de detección de 8,4 nM (publicado en la revista *Sensors*: <https://doi.org/10.3390/s22010120>), y de electrodos Sonogel-Carbono electrodepositados conjuntamente con poli(3,4-etilendioxitiofeno) y AgNPs, mediante la técnica recientemente desarrollada de voltajes sinusoidales, para la detección de antioxidantes, expresados en equivalentes

de ácido cafeico (límite de detección de 1,9 μM) en zumos de frutas. Esta investigación se ha publicado en la revista científica internacional de alto impacto *Electrochimica Acta*, indexada en la categoría *Electrochemistry* (8/29) del JCR, con un factor de impacto de 6.901: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2021.139082>.

Finalmente, se han completado con éxito dos estudios relacionados con biosensores. El primero de ellos trata de estudiar la posibilidad de obtener biosensores basados en nanopartículas magnéticas (MNPs) verdes (sintetizadas mediante ultrasonidos de alta energía en tan sólo 1 minuto), recubiertas de ácido cítrico y con enzima peroxidasa de rábano picante (HRP) inmovilizada sobre su superficie, que sean resistentes a la inhibición provocada por metales pesados como el Hg(II) o el pentaclorofenol. El biosensor obtenido en este estudio es capaz de determinar H₂O₂ en presencia de ambos inhibidores, con resultados bastante aceptables y prometedores en muestras reales de agua. El otro estudio está relacionado con el diseño de un biosensor basado también en la misma estrategia, pero con la enzima glutamato deshidrogenasa inmovilizada. Dicho biosensor

La investigación se basa en la detección simultánea de glucosa y fructosa en mostos sintéticos empleando técnicas de análisis multivariante y electrodos Sonogel-Carbono modificados internamente con AuNPs.

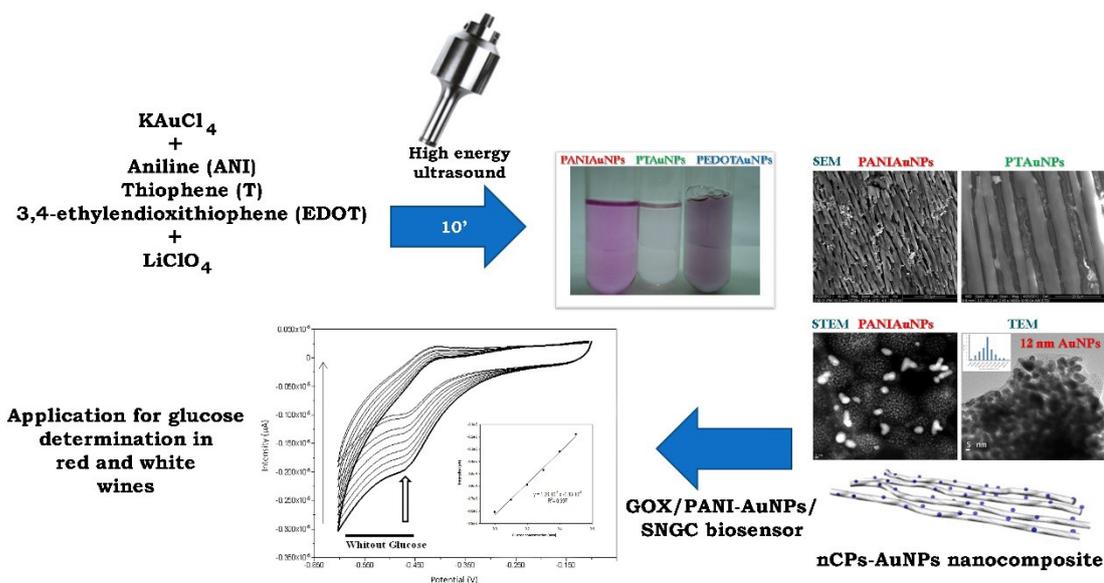


Figura 3. Procedimiento de síntesis conjunta de un material nanocompuesto constituido por nanofibras de diversos polímeros conductores (polianilina, poli(3,4-etilendioxitiofeno) y politiofeno) decoradas con nanopartículas de oro (AuNPs) empleando ultrasonidos de alta energía. Las nanofibras de polianilina decoradas con AuNPs presentan un grosor cercano a los 100 nm y se emplean como soporte de inmovilización de la enzima glucosa oxidasa para construir un biosensor. Este dispositivo analítico se aplica para determinar glucosa en muestras de vino tinto y blanco. (DOI: 10.3390/s21248470).

forma parte del diseño de una metodología en dos pasos para la detección de carbamato de etilo (posible sustancia cancerígena) en vinos. En la primera etapa, un biosensor basado en la enzima uretanasa transformaría el carbamato de etilo en amonio y, luego, el biosensor de glutamato deshidrogenasa utilizaría el amonio como co-sustrato, permitiendo la detección espectrofotométrica de la transfor-

mación del NADH en NAD⁺. Este último estudio se ha realizado en colaboración con el Prof. Dr. Gustavo Adolfo Cordero Bueso, del Dpto. de Biomedicina, Biotecnología y Salud Pública de la UCA. Ambas investigaciones no están completadas aún y se espera obtener resultados finales en futuros estudios.



El Dr. José María Palacios Santander se doctoró en 2003 en la Universidad de Cádiz con una Tesis Doctoral con Mención Internacional y Premio Extraordinario de Doctorado. Obtuvo una beca 'José Castillejo' en 2008 y colabora con varios grupos de investigación a nivel nacional e internacional (Marruecos, Italia, Rumanía, Cuba, etc.). Es Profesor Titular de Universidad desde 2017 e IP del grupo de investigación FQM-249: 'Instrumentación y Ciencias Ambientales' desde 2018, desempeñando sus labores docentes, de investigación y gestión en el Dpto. de Química Analítica de la Universidad de Cádiz.

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL DE MEZCLAS POLIMÉRICAS

María de la Mata¹, Luisa M. Valencia, Miriam Herrera, Sergio I. Molina¹

Dto. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Instituto IMEYMAT, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz.

El gran potencial de los materiales poliméricos para su implementación en innumerables aplicaciones radica en sus ventajosas propiedades, tales como su ligereza, el consecuente ahorro energético y económico asociado, o su alta flexibilidad/ductilidad; así como en su facilidad de procesado mediante múltiples tecnologías, entre las que destaca la impresión 3D. El gran interés industrial y tecnológico suscitado en torno a los plásticos está impulsando el desarrollo de nuevos materiales basados en matrices de naturaleza polimérica, dotados con propiedades específicas para su óptimo procesado, con nuevas funcionalidades o con eficiencias mejoradas. En este contexto, la obtención de mezclas poliméricas y compuestos basados en plásticos ofrece una estrategia versátil en el diseño de nuevos materiales, donde la distribución, aleación o segregación de las distintas fases tiene un papel clave en las propiedades finales del sistema. Dada la correlación existente entre microestructura y propiedades, la caracterización microestructural es fundamental en la ingeniería y diseño de estos nuevos materiales.

Este proyecto contribuye al desarrollo de mezclas poliméricas basadas en combinaciones binarias de polímeros. Con objeto de identificar las fases presentes en las mezclas y revelar su distribución con la resolución espacial requerida, nuestros estudios se centran en el diseño de metodologías de caracterización microestructural mediante herramientas de microscopía electrónica. En particular, nos basamos en técnicas de microscopía electrónica de transmisión en modo barrido (Scanning Transmission Electron Microscopy, STEM), que nos permiten el análisis directo de las fases poliméricas, sin necesidad de emplear metales pesados para marcar selectivamente una de las fases. Al evitar este

tipo de tinturas, eliminamos posibles interferencias en las medidas derivadas de su presencia, y podemos obtener patrones característicos tanto de los polímeros puros como de las mezclas. Se han seleccionado técnicas cuya resolución espacial y espectral permiten potencialmente el estudio de fases íntimamente relacionadas en dominios sub-nanométricos, así como el análisis de posibles fases emergentes con composiciones intermedias.

Aunque el estado del arte actual de estas técnicas sobrepasa los requerimientos de análisis de nuestro problema para ciertos materiales, existen limitaciones prácticas al implementar las medidas a materiales de naturaleza blanda como los polímeros, que se dañan fácilmente con el haz de electrones irradiante. Por ello, es esencial evaluar el daño inducido y adecuar las condiciones experimentales a los casos de estudio, siendo una parte fundamental de la labor realizada. Trabajando con las precauciones adecuadas, hemos conseguido patrones característicos de múltiples polímeros puros, para su posterior identificación en combinaciones binarias. Otro aspecto a tener en cuenta es el tamaño de los dominios de cada constituyente dentro de las mezclas resultantes, pudiendo originarse tanto grandes microdominios como dominios sub-nanométricos. Esto conlleva que una muestra electrón-transparente, de pocas micras de dimensión lateral, podría estar constituida exclusivamente por una de las fases de la mezcla cuando se combinan polímeros poco afines, siendo necesaria la caracterización mediante técnicas complementarias que permitan analizar mayores volúmenes de muestra. La caracterización en detalle de este tipo de muestras volumétricas (es decir, tridimensionales), puede lograrse, por ejemplo, mediante su seccionado con haces de iones, obteniendo imágenes que se

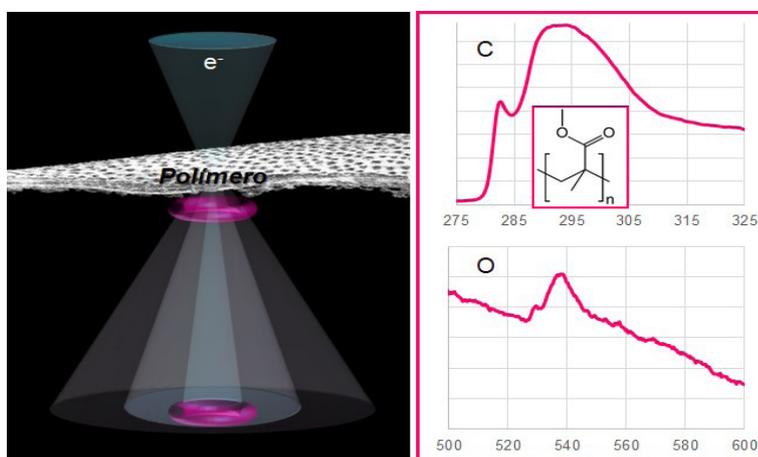


Figura 1. (izda.) Ilustración del haz de electrones, e^- , incidiendo sobre una muestra de polímero durante un experimento de STEM. (dcha.) Identificación de C y O en una muestra de polímero termoplástico mediante EELS.

Con objeto de identificar las fases presentes en las mezclas y revelar su distribución con la resolución espacial requerida, nuestros estudios se centran en el diseño de metodologías de caracterización microestructural mediante herramientas de microscopía electrónica.

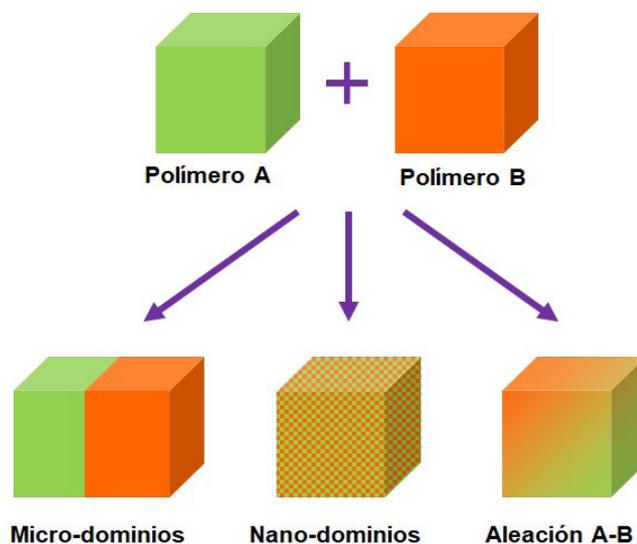


Figura 2. Posibles microestructuras resultantes de la combinación de dos polímeros, A y B

extienden sobre varias micras y ofrecen contraste de fases, o mediante otras técnicas tomográficas, como la tomografía de rayos X. En el caso de mezclas con dominios (sub-)nanométricos y fases aleadas, la clave de su caracterización microestructural reside en determinar las condiciones experimentales adecuadas para la realización de experimentos de STEM, optimizando el compromiso entre señal/ruido y daño inducido para cada material.

En conjunto, este proyecto nos ha permitido desarrollar metodologías de caracterización específicas para el análisis

de materiales compuestos por fases poliméricas. Se han establecido estrategias de caracterización para analizar combinaciones poliméricas en función de los materiales involucrados y el tamaño de los dominios, cubriendo varios grados de miscibilidad, desde micro-segregaciones hasta aleaciones. La implementación de esta metodología basada en técnicas de haces de iones y electrones puede extenderse a distintos sistemas poliméricos y otros materiales conformados por varias fases, ofreciendo una valiosa vía de caracterización estructural adecuada para el diseño de materiales compuestos.



La Dra. María de la Mata se licenció en Química por la Universidad de Oviedo. Tras cursar estudios de Máster en Ciencia y Tecnología de Materiales en la Universidad Autónoma de Barcelona, realiza su tesis doctoral en el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC), finalizada en 2015. Posteriormente, ha disfrutado de contratos posdoctorales en el Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2), en la Universidad de Lund (Suecia) y en la Universidad de Cádiz, donde actualmente es investigadora Juan de la Cierva Incorporación dentro del grupo de investigación Materiales y Nanotecnología para la Innovación (INNANOMAT, TEP946).

ESTUDIOS DE OXIDACIÓN DE MICRO- Y NANO-PARTICULAS Y DE CAPAS DELGADAS DE VANADIO

Santos A.J., Escanciano M., Lacroix B., Yeste M.P., Jiménez, J.J., Casas-Acuña, A., García R., Morales F.M.

Dto. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Instituto IMEYMAT, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz.

Tras su oxidación, el vanadio puede originar mezclas de una gran diversidad de estequiometrías, e incluso a muchas variedades cristalinas del mismo polimorfo de óxido de vanadio. El dióxido monoclínico VO₂ (M1) se transforma en fase rutilo VO₂(R), mediante una abrupta transición termocrómica. Asimismo, con la incorporación en el M1-VO₂ cristalino de pequeñas cantidades de átomos ajenos a su red, como W, Mo, Nb, o Fe se consigue modular la temperatura de transición (T_c) a valores por debajo de los 68°C, mejorando, de este modo, su aplicabilidad en sectores como el de los habitáculos acristalados (casas, coches, etc.), donde se dispondría de un material que integrado en los vidrios, ya fuese en forma nanopartículas o como revestimiento, haría que las ventanas dejaran pasar a bajas temperaturas la radiación solar con sus componentes visible e infrarroja, pero que, a temperaturas más elevadas, bloquearían el paso del calor (IR), pero seguiría dejando pasar la luz (iluminación visible).

Sin embargo, la mayoría de métodos para sintetizar productos de alta carga de VO₂ (M1) conllevan algunas desventajas como condiciones experimentales rígidas, toxicidad del reactivo, presencias de impurezas, poca estabilidad del producto o el uso de mezclas de reactivos líquidos y tensioactivos. Conscientes de esta oportunidad, el reto

principal del proyecto liderado por el Dr. Santos fue plantear procedimientos simples de fabricación de partículas y capas delgadas de VO₂ por vía seca mediante nanopartículas y capas delgadas de vanadio (colaboración internacional con el Instituto FEMTO-ST, Francia) que permitan una tecnología limpia, segura y barata, fácil de implementar incluso para la producción industrial. De este modo, gracias al control exhaustivo de los parámetros de tratamiento térmico, se logró la formación de sistemas con elevadas concentraciones de VO₂(M1).

A tal fin, nos centramos, en primera instancia, en la oxidación de nanopartículas de vanadio, abordando la caracterización estructural, composicional y térmica de los productos de reacción mediante técnicas XRD, SEM, HR-TEM y DSC. El conjunto de todas estas técnicas, así como la retroalimentación continua de los resultados obtenidos a través de las mismas, permitió la optimización del proceso, el cual fue evaluado mediante los calores latentes de transición metal-aislante (MIT) obtenidos mediante DSC. De este modo, se determinó una vía de máxima carga de VO₂(M1) para nanopartículas de vanadio sometidas a dos ciclos térmicos consecutivos a 625°C durante 300 segundos (>70% en peso de VO₂, calor latente de 21–23 J·g⁻¹). Esta estrategia de tratamiento térmico también demostró

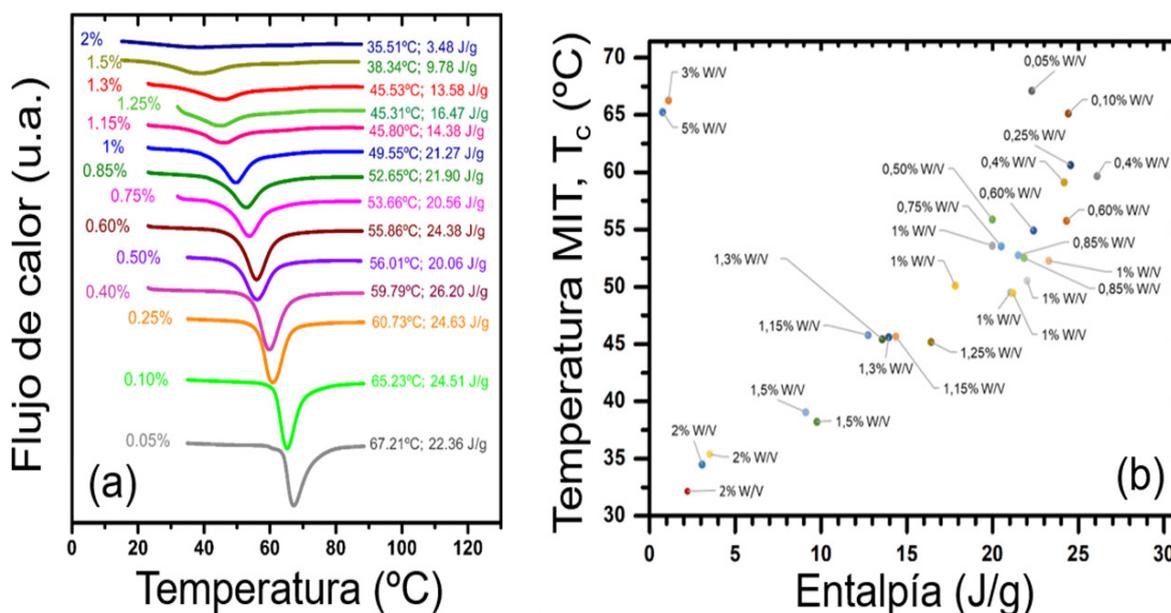


Figura 1. (a) Picos endotérmicos DSC para la mayoría de las composiciones (% at. W/V) ensayadas (tratamiento consistente en 2 ciclos térmicos a 625°C durante 300s). (b) T_c vs ΔH para todos los dopados con W de 2 ciclos.

Esta estrategia de tratamiento térmico también demostró ser compatible con procesos de dopado mediante impregnación simple de polvos de vanadio con una disolución acuosa de un precursor de W previa al tratamiento térmico.

ser compatible con procesos de dopado mediante impregnación simple de polvos de vanadio con una disolución acuosa de un precursor de W previa al tratamiento térmico, resultando en bajadas considerables de la temperatura de transición (30–50°C) sin mermar en exceso los valores de entalpía de transformación (Fig. 1).

La experiencia y criterios adquiridos durante la oxidación de los sistemas anteriores sirvió de base para abordar la oxidación de capas delgadas de V. En esta ocasión, los sistemas resultantes fueron estudiados mediante técnicas de espectroscopía Raman, microscopía electrónica SEM y (S) TEM-EELS, y microscopía KPFM a temperatura variable

(Fig. 2), lo cual permitió valorar el efecto de los parámetros de tratamiento térmico sobre la formación de VO₂, el tamaño del grano generado, y las características termocrómicas de la película. Asimismo, se determinaron las condiciones óptimas para la síntesis de capas delgadas de VO₂(M1), las cuales consistían en combinar procesos GLAD ($\alpha = 85^\circ$) y RGPP (pulsos de oxígeno $\leq 2s$) durante los procesos de deposición, seguidos de tratamientos térmicos rápidos ($\leq 45s$) en atmósfera de aire a 550°C.

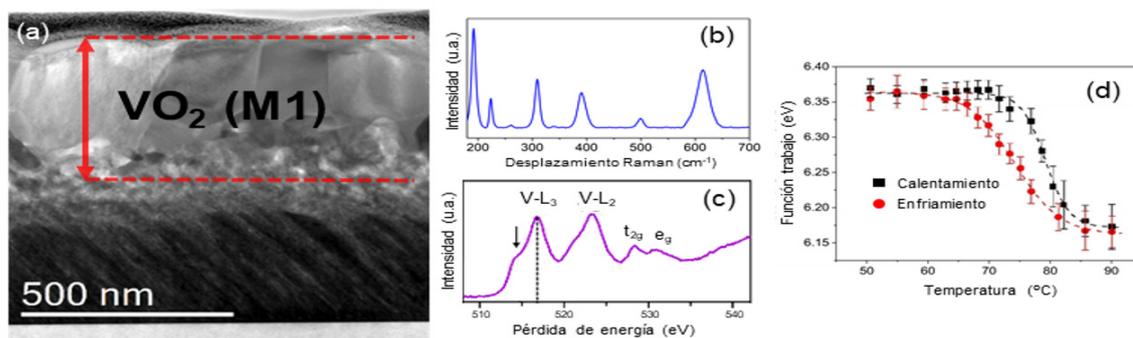


Figura 2. (a) Micrografía (S)TEM-BF de una capa delgada de vanadio tras ser sometida a un tratamiento térmico de calentamiento rápido. Espectros (b) Raman y (c) (S)TEM-EELS obtenidos en la zona resaltada en (a). (d) Gráfico función trabajo vs temperatura para la capa delgada mostrada en (a) obtenido durante experimentos de calentamiento (cuadrados negros) y enfriamiento (círculos rojos).



El Dr. Antonio J. Santos Izquierdo-Bueno es Ingeniero Químico por la Universidad de Cádiz desde 2015. Entre 2017-2021 realizó su Tesis Doctoral, con mención internacional y calificación sobresaliente “cum laude”, dentro del Grupo de Investigación “Ciencia e Ingeniería de Materiales” (TEP-120). Desde 2022, es beneficiario de un contrato Margarita Salas gracias al cual se encuentra realizando una estancia de investigación postdoctoral por dos años en el Instituto FEMTO-ST de Besançon (Francia), centrado sus investigaciones en el desarrollo de materiales nanoestructurados multifuncionales basados en la actividad termocrómica del dióxido de vanadio para su utilización en ventanas inteligentes.

TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS IN-SITU (INSITET)

Giada M.C. Gemelli (Grupo TEP-243-nanomateriales, Dpto. Química Física).

Los fenómenos de degradación de los materiales de construcción expuestos al medio ambiente generalmente son el resultado de la combinación de diferentes agentes químicos, físicos y biológicos que actúan simultáneamente o de forma sinérgica [1]. Sin embargo, estos procesos no son los únicos responsables de la degradación. A ellos están asociados, factores internos del material (como la composición, textura y estructura de la roca) y otros factores que pueden contribuir a la aceleración del deterioro. Sin duda la aplicación de un tratamiento conservativo en un monumento u obra de arte puede ser beneficioso, pero representa una operación muy delicada, porque cada material de conservación tiene sus propias características y hay que conocer previamente sus puntos fuertes y débiles antes de que se aplique en un monumento [2]. Esta evaluación se lleva a cabo en condiciones estándar de laboratorio, pero se ha constatado la importancia de

la evaluación in-situ para conocer las interacciones del material con el ambiente externo. Antes de cualquier intervención, los parámetros a evaluar son numerosos y de muy diversa naturaleza. En primer lugar, es indispensable la evaluación del nivel de compatibilidad con el material a tratar [3], las mejoras en término de efectividad aportada al material y finalmente su durabilidad cuando se somete a las condiciones reales. A continuación, se muestran dos ejemplos de evaluación de tratamientos in-situ teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente. Se aplicó un tratamiento consolidante en una roca biocalcareníta que presentaba problemas de descohesión y pérdida de material. Los datos obtenidos mostraron que la pérdida de material se redujo en un 95% (ver Figura 1) durante los 3 años de evaluación. Por otro lado, se aplicó un tratamiento con propiedades antifouling en un mortero de cemento que presentaba problemas de ennegrecimiento de la superfi-

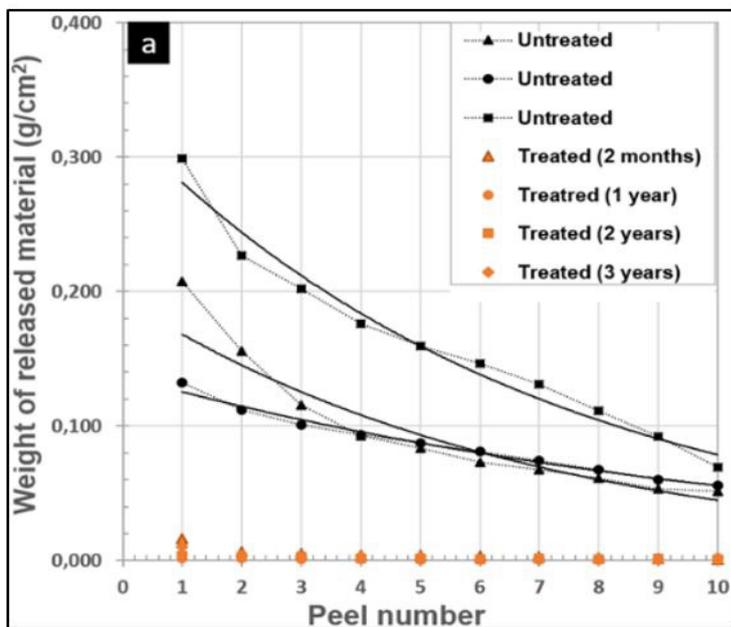


Figura 1. Cantidades de material removido por cintas adhesivas, antes y después del tratamiento, del área de prueba in-situ.

Se aplicó un tratamiento consolidante en una roca biocalcarenita que presentaba problemas de descohesión y pérdida de material.

cie por depósitos orgánicos. Se procedió con la limpieza de la superficie previamente a la aplicación del producto y se observó que, con el paso del tiempo, este era capaz de retrasar el depósito de material manteniendo inalterada su superficie durante los 30 meses sucesivos al tratamiento (ver Figura 2). De esta forma, se pueden reducir el número de intervenciones de limpieza y conservación periódicas y así minimizar los costes de mantenimiento.

[1] E. Doehne, C.A. Price, Stone conservation: an overview of current research, 2nd edition, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2010.

[2] N. Pérez Ema, M. Álvarez De Buergo, Adverse effects arising from conservation treatments on archaeological

sites: Theory, Practice and Review, Coalition. (2013) 14–23.

[3] J.D. Rodrigues, A. Grossi, Indicators and ratings for the compatibility assessment of conservation actions, Journal of Cultural Heritage. 8 (2007) 32–43. doi:10.1016/j.culher.2006.04.007.

[4] G.M.C. Gemelli, R. Zarzuela, F. Alarcón-Castellano, M.J. Mosquera, M.L.A. Gil, Alkoxysilane-based consolidation treatments: Laboratory and 3-years In-Situ assessment tests on biocalcarenite stone from Roman Theatre (Cádiz), Construction and Building Materials. 312 (2021) 125398. doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.125398.

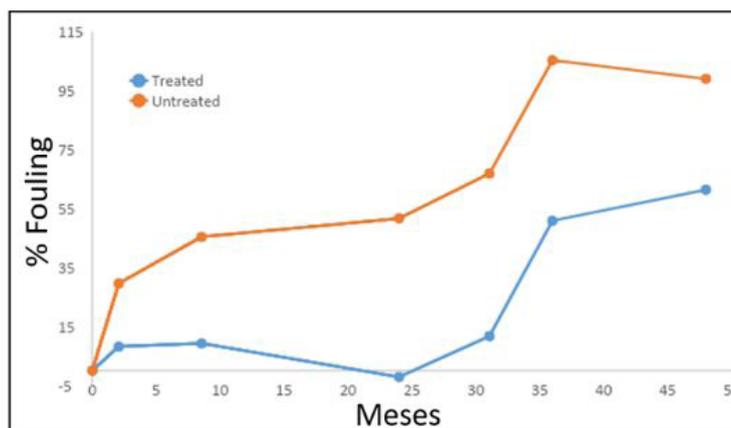


Figura 2. Progreso del ensuciamiento de las áreas tratadas y no tratadas en condiciones ambientales



La Dra. Giada M.C. Gemelli se graduó en “Tecnologías Aplicadas para la Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural” en la Facultad de Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università di Catania (Italia), Depto. de Ciencias Biológicas, Geológicas y Ambientales. Tiene un Master en “Ciencia para la Conservación y la Restauración” conseguido en 2014 en la Facultad de Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università di Parma (Italia) en el Depto. de Física y Ciencias de la Tierra. En 2017 consiguió el Master de 2º nivel en “Investigador Experto en Nanotecnologías y Nanomateriales para el Patrimonio Cultural” en la Università di Palermo - CNR-ISMN (Italia).

Actualmente, pertenece al grupo de investigación TEP-243 de la Universidad de Cádiz y ocupa el puesto de Investigador Posdoctoral en el Departamento de Química Física de dicha institución.

MICROESTRUCTURA Y ANODIZADO DE NUEVAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FABRICACIÓN ADITIVA

González Rovira, L., Cabrera Correa, L., López Castro J., Botana Pedemonte, F.J.

Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad de Cádiz

Las aleaciones de aluminio constituyen una de las familias de aleaciones metálicas más utilizadas por las industrias aeronáutica para la fabricación de aeronaves. El uso extensivo del aluminio en este sector se debe a sus excelentes propiedades mecánicas específicas, su coste y a su buena fabricabilidad. La aparición de las tecnologías de fabricación aditiva o impresión 3D ha provocado que, al igual que otros sectores industriales, el aeronáutico haya iniciado un proceso orientado a determinar la viabilidad de incorporar estas tecnologías a sus procesos productivos. La razón de este interés se basa en el potencial que ofrece la impresión 3D como vía para la reducción de peso de las aeronaves y el desarrollo de piezas y componentes con nuevas funcionalidades y, por tanto, con mayor valor añadido.

Como muestra del interés del sector por este tipo de tecnología, Airbus ha desarrollado, a través de su spin-off APWorks, una nueva aleación en polvo especialmente diseñada para ser procesada mediante fabricación aditiva. La aleación se comercializa con el nombre de Scalmalloy® y se trata de una aleación de aluminio que incorpora Mg y Sc como elementos aleantes principales. El grupo de Corrosión y Protección (TEP-231) ha logrado que la Escuela Superior de Ingeniería (ESI) sea uno de los pocos centros a nivel mundial certificados para trabajar con esta aleación Scalmalloy®.

En la bibliografía existen trabajos orientados al estudio de la microestructura y propiedades mecánicas de Scalmalloy® y aleaciones de composición semejante. Sin embargo, ninguno emplea Scalmalloy® fabricado en condiciones certificadas, aspecto fundamental para la implantación de su uso en industrias tan exigentes como la aeronáutica o la aeroespacial. Asimismo, existen aun numerosos aspectos de la microestructura y propiedades de esta nueva aleación que deben

analizarse, tal como su comportamiento frente a la corrosión.

En este contexto, mediante análisis de la microestructura con microscopía electrónica de transmisión, Figura 1, se ha podido determinar la presencia de diferentes fases ricas en Mg-Si, Fe-Mn y Sc-Zr, tanto en posiciones intragranulares como en los límites de grano. Asimismo, estudios mediante técnicas electroquímicas y de microscopía electrónica de barrido han permitido determinar por primera vez que la aleación Scalmalloy sufre corrosión en disoluciones acuosas que contienen cloruros por la aparición de pequeñas picaduras de menos de un micrómetro. Estas picaduras se han relacionado con la existencia en la microestructura del metal de partículas submicrométricas que contienen hierro y silicio, tal como se muestra en la Figura 2.

Otro resultado importante ha sido el referente al estudio de la corrosión intergranular provocada por la presencia de fases del compuesto Mg_2Al_3 . Los resultados indican que, aunque contiene pequeñas cantidades de esta fase Mg_2Al_3 , Scalmalloy® puede catalogarse como resistente a la corrosión intergranular atendiendo a la norma de ensayo ASTM G67.

Los resultados generados en este proyecto se enmarcan dentro de la tesis doctoral en curso de la Srta. Leticia Cabrera, titulada “Comportamiento y protección frente a la corrosión de nuevas aleaciones de aluminio para Fabricación Aditiva de piezas avionables” y realizada en colaboración con la empresa Titania, Ensayos y Proyectos Industriales, S.L. Algunos de estos resultados han sido publicados en la prestigiosa revista “Corrosion Science” (<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2022.110273>), de la editorial Elsevier, que es la revista científica de mayor impacto mundial en el ámbito de la corrosión.

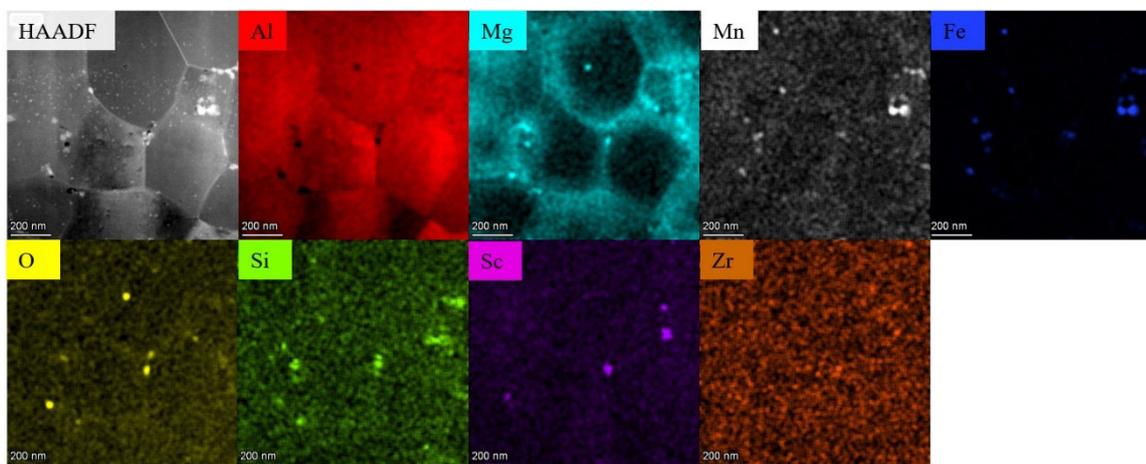


Figura 1. Imagen HAADF-TEM y mapas elementales EDS de varios elementos en una muestra de Scalmalloy®. Barra de escala = 200 nm.

El grupo de Corrosión y Protección (TEP-231) ha logrado que la Escuela Superior de Ingeniería (ESI) sea uno de los pocos centros a nivel mundial certificados para trabajar con esta aleación Scalmalloy®.

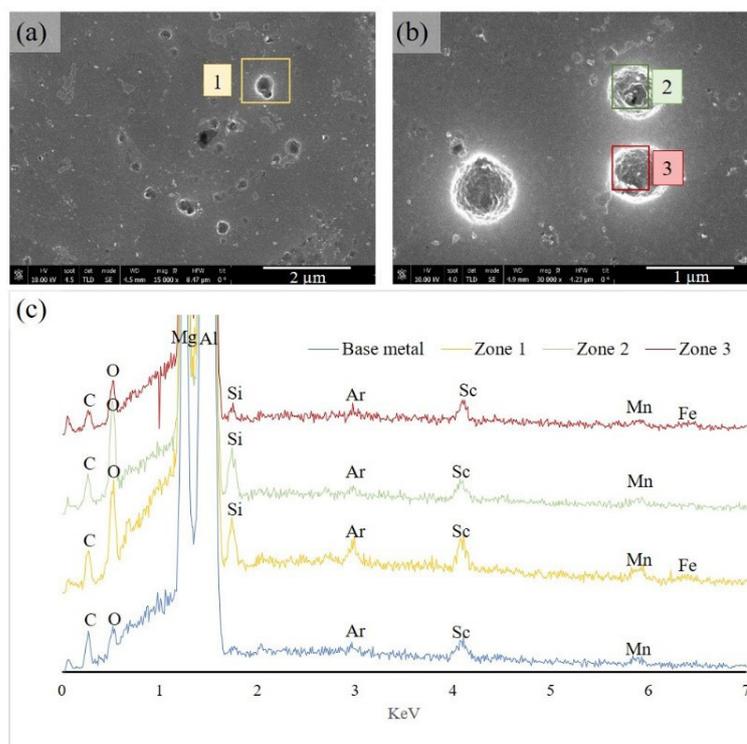


Figura 2. (a) y (b) Imágenes SEM de picaduras en una muestra de Scalmalloy tras ser sumergida durante 15 días en una disolución acuosa de NaCl al 3.5%. (c) Espectros EDS registrados en las zonas marcadas en las imágenes (a) y (b).



El Dr. Leandro González Rovira se licenció en Química en 2004 por la Universidad de Cádiz. En la misma universidad realizó su doctorado en el grupo de Corrosión y Protección, defendiendo en 2010 la tesis titulada "Capas de alúmina porosa como plantilla para la síntesis electroquímica de nanoestructuras 1D de compuestos lantánidos con elevada actividad catalítica". Realizó una estancia predoctoral en el Instituto Max Planck de Física Microestructural (Halle, Alemania) y una postdoctoral en el Instituto de Corrosión y Tecnología de Multifases (Athens, Ohio, EEUU). Desde 2010 pertenece al grupo de Corrosión y Protección, ha trabajado en temas relacionados con la corrosión y tratamientos superficiales de materiales aeronáuticos a través de multitud de contratos con empresas y proyectos de investigación y ha dirigido 2 tesis doctorales.

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN COMPOSICIONAL EN PUNTOS CUÁNTICOS DE INASBI/GAAS PARA TELECOMUNICACIONES MEDIANTE FIBRA ÓPTICA

D. F. Reyes, S. Flores, T. Ben, V. Braza y D. González.

Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

Las nanoestructuras de puntos cuánticos (QD) semiconductores han despertado un gran interés debido a sus múltiples aplicaciones en muchos campos, como las telecomunicaciones o la fotovoltaica. Su estructura cero-dimensional las hace prometedoras debido a una densidad de estados muy estrecha, una mayor localización de portadores, un aumento de las energías de unión de los excitones y una mayor fuerza de oscilación. Concretamente, el uso de QDs de InAs autoensamblados crecidos sobre GaAs (001) por el modo Stransky-Krastanov como parte de la región activa en dispositivos emisores como las fuentes monofotónicas o los diodos láser, presenta ventajas en comparación con otras nanoestructuras ya que su relación de aspecto optimizada puede proporcionar un confinamiento más profundo de los portadores de carga, corrientes umbral más bajas, así como una mayor insensibilidad a la temperatura.

Durante décadas, se han realizado importantes esfuerzos para ampliar la longitud de onda de emisión en heteroestructuras basadas en GaAs para fabricar dispositivos que operen en las ventanas de absorción más bajas de las fibras ópticas usadas en telecomunicaciones. En este sentido, la

aleación de Bi podría lograr una emisión fotónica a longitudes de onda más largas debido a su elevada reducción de la banda prohibida (hasta 55 meV/% de Bi en InAs). Además, la aleación de Bi produce un incremento considerable de la energía de desdoblamiento de espín-órbita en la banda de valencia, lo que ofrece un gran potencial para mejorar tanto el rendimiento del láser como la estabilidad térmica en el régimen de alta temperatura al reducir la recombinación Auger. Esto confirma el interés de alea los QDs con Bi para su implementación en dispositivos de longitud de onda cercana al infrarrojo.

Sin embargo, el crecimiento de las aleaciones III-V-Bi es siempre complicado por la baja eficiencia de la incorporación de Bi, lo que lleva muchas veces a la formación de gotas de Bi metálico y/o fracciones de composición bajas. En general, se han necesitado temperaturas de crecimiento muy por debajo de 400 °C para producir capas con fracciones de Bi relativamente altas. Hasta la fecha, el crecimiento a unos 400 °C sin gotas de Bi es posible, pero sólo utilizando condiciones casi estequiométricas o cambiando las condiciones de flujo de As₂ por As₄ como constituyente de sobrepresión de As. Sin embargo, los

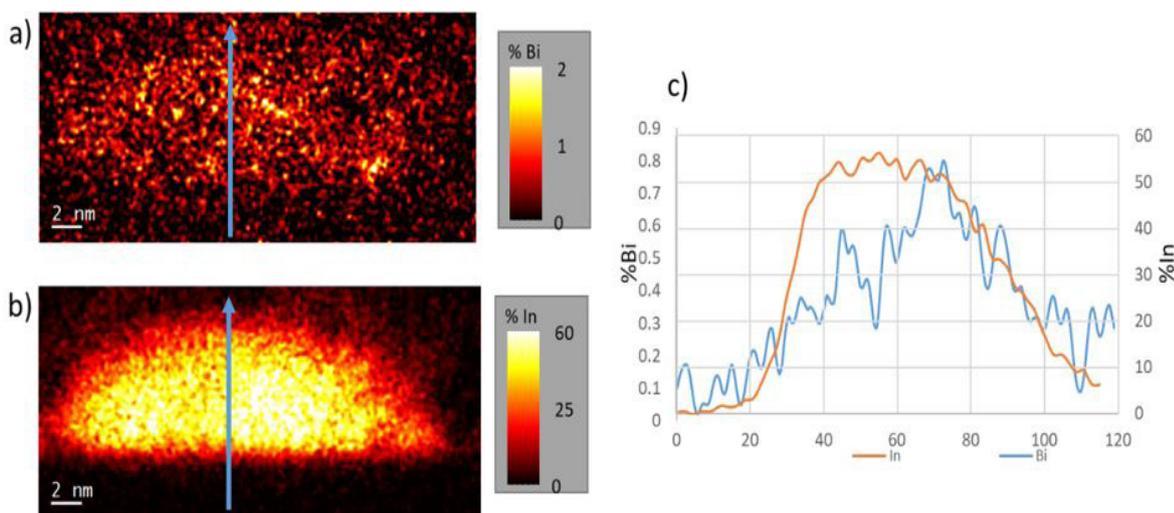


Figura 1. Mapas de composición de Bi (a) y In (b) de un QD de una de las muestras de baja temperatura. c), perfil realizado en la dirección de crecimiento a través del punto donde se aprecia que el Bi tiende a acumularse dentro del punto en la parte superior. Nótese la presencia de pequeñas acumulaciones de Bi en la imagen a). La flecha azul representa donde se ha realizado el perfil y la dirección de crecimiento.

En este proyecto, exploramos la influencia de un flujo de Bi durante la deposición de InAs para formar QDs a dos temperaturas de crecimiento y bajo diferentes condiciones de flujo de Bi.

QDs de InAs sin dislocaciones requieren temperaturas de crecimiento de alrededor de 500 °C para mejorar la longitud de difusión de los adátomos en la superficie.

En este proyecto, exploramos la influencia de un flujo de Bi durante la deposición de InAs para formar QDs a dos temperaturas de crecimiento y bajo diferentes condiciones de flujo de Bi. La primera temperatura seleccionada (510 °C) se encuentra en el intervalo de temperaturas estándar para la formación de QDs sobre sustratos de GaAs (001) y la segunda (380 °C) se encuentra en el intervalo de bajas temperaturas utilizadas para el crecimiento de aleaciones III V Bi.

Se ha llevado a cabo una completa caracterización tanto estructural como composicional de los QDs. En primer lugar, a partir de las imágenes de microscopía convencional se determinó la ausencia de QDs en la muestra sin Bi crecida a baja temperatura, sí estando estos presentes en las demás muestras. En todos los casos se observó que el aumento del flujo de Bi produce un aumento del tamaño de los QDs. Centrándonos en la morfología de los QDs, observamos que los puntos crecidos a baja temperatura presentan una mayor relación de aspecto, siendo estos por tanto más esbeltos que los crecidos a alta temperatura. En segundo lugar, el análisis composicional, mediante energía dispersiva de rayos X (ver Figura 1), reveló que no se ha

incorporado Bi en las muestras de alta temperatura o que su incorporación está por debajo de los límites de detección. Sin embargo, el panorama cambia en las muestras de baja temperatura, en la que se observa una incorporación heterogénea de Bi superior en algunos casos al 2%. No obstante, mientras que las muestras crecidas a alta temperatura se encuentran libres de defectos, la incorporación de Bi ha producido un gran número de dislocaciones. El análisis de deformaciones llevado a cabo en los puntos ha demostrado que estos estaban plásticamente relajados, encontrándose una red de dislocaciones de desajuste en su interior. En general, el trabajo realizado ha permitido una completa caracterización, tanto estructural como composicional, lo que ha permitido un mejor entendimiento de las propiedades ópticas de dichos puntos. No obstante, es necesario la optimización del crecimiento para conseguir una incorporación homogénea de Bi en los puntos y una reducción del número de defectos.

Los resultados obtenidos fruto del presente proyecto han sido presentados en varios congresos científicos de carácter nacional e internacional. Además, estos resultados forman parte de la tesis que está realizando la doctoranda Sara Flores Gallegos y actualmente se está a la espera de la aceptación de un artículo en una revista de alto impacto (Applied Surface Science).



El Dr. Daniel Fernández de los Reyes se licenció en Física por la Universidad de Córdoba (2009). Posteriormente realizó un Máster en Ciencias y Tecnología Química (2011) y obtuvo el título de doctor (2014) en la Universidad de Cádiz, obteniendo el premio de doctorado en 2017. Desde 2018 es Profesor Ayudante Doctor en el grupo de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. A lo largo de estos años, se ha centrado en la caracterización de materiales mediante técnicas de microscopía electrónica de transmisión, utilizando tanto microscopios convencionales como de última generación con doble aberración corregida. Especialmente, su investigación está enfocada en el estudio de las propiedades estructurales de nanoestructuras basadas en semiconductores III-V con N, Bi, Sb y/o Al, para dispositivos optoelectrónicos y fotovoltaicos, así como en materiales basados en diamante para dispositivos de potencia.

TECNOLOGÍA DE LÁSER PULSADO APLICADA A UNIONES DE LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 5083

Chludzinski, M., dos Santos, R.E., Churiaque, C., Ortega-Iguña, M., Sanchez-Amaya, J. M.

Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad de Cádiz

El aluminio está cada vez más presente en la composición de componentes y productos debido a la actual demanda de la sociedad en reducir el impacto ambiental, contribuyendo en soluciones más sostenibles y eficientes, principalmente en el sector de transporte. Sin embargo, la unión de aleaciones de Al con procesos de soldadura presenta un importante reto tecnológico, debido a su alta conductividad térmica, alta reflectividad, baja viscosidad y punto de fusión. En este contexto, la tecnología láser se presenta como una alternativa fiable, debido a su alta densidad de energía, bajo aporte térmico, baja distorsión térmica, calidad de soldadura excepcional, alta eficiencia de producción y fácil automatización.

En este sentido, el estudio ha utilizado la tecnología Nd:YAG láser pulsado en la aleación de aluminio 5083. Uniones a tope similares de AA5083 delgadas (<3 mm de espesor) han sido utilizadas para evaluar el efecto de los parámetros de proceso aplicados en la calidad de las mismas. La influencia de los parámetros más influyentes, ta-

les como diámetro del haz, duración del pulso y potencia aplicada han sido evaluados por medio de método estadístico de diseño de experimentos. Otro factor importante que ha sido analizado es relativo a la energía involucrada por el láser en cada pulso es su formato de emisión. Por lo general, los perfiles de haz láser pulsado muestran una forma rectangular donde la potencia máxima es alcanzada rápidamente, manteniendo este nivel durante el pulso. Sin embargo, el láser pulsado permite aplicar diferentes niveles de potencia máxima a lo largo del tiempo de pulso. Por tanto, permite modificar etapas antes y después de alcanzar el pico de potencia. En la etapa inicial, antes de alcanzar la meseta máxima, el aumento de la potencia puede ser en formato de una rampa lineal ascendente o con escalones ascendente intermedios. De manera semejante, la potencia final puede ser configurada con formas de rampa lineal descendente o con escalones descendentes intermedios.

La evaluación de la calidad ha sido realizada por medio

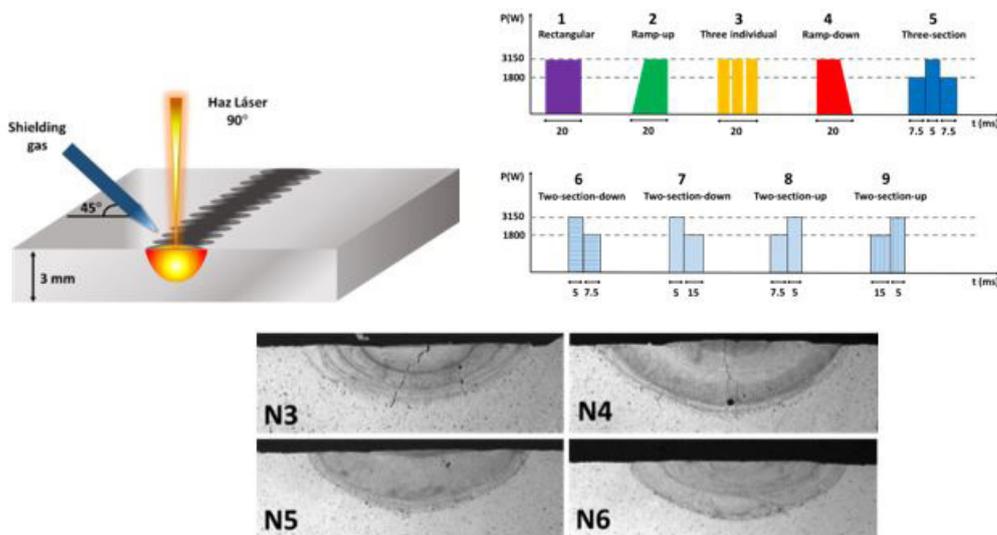


Figura 1. Proceso de láser pulsado, diferentes formatos de pulsado y uniones soldadas.

El láser pulsado permite aplicar diferentes niveles de potencia máxima a lo largo del tiempo de pulso. Por tanto, permite modificar etapas antes y después de alcanzar el pico de potencia.

de análisis macro y micro estructurales para estudiar la presencia de defectos de soldadura, la microestructura desarrollada y la composición química de la zona fundida por medio de microscopía óptica y electrónica de barrido (SEM).

Como resultado, se ha observado que la potencia máxima y el diámetro del haz fueron los parámetros que más influyeron para producir soldaduras de calidad. Con respecto al formato del pulso, se ha verificado que la etapa final con reducción de energía ha limitado la formación de grietas y disminuyó significativamente la densidad de poros. Tal hecho muestra una tendencia a mitigar los defectos del cordón añadiendo la etapa posterior de enfriamiento, creando un comportamiento asociado con la

disminución gradual de la energía entregada para reducir la velocidad de solidificación en el baño de fusión.

La publicación de los resultados obtenidos ha sido realizada por medio de la publicación del artículo “Effect of process parameters on pulsed laser welding of AA5083 alloy using response surface methodology and pulse shape variation” en la revista “The International Journal of Advanced Manufacturing Technology” (<https://doi.org/10.1007/s00170-022-09028-z>).



El Dr. Jose Maria Sanchez Amaya se licenció en Química en 1999 por la Universidad de Cádiz, donde también realizó su doctorado en 2006. Es Profesor Titular de Universidad desde 2018 en el Área de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Lidera una línea de investigación enfocada en tecnología de uniones de materiales metálicos.

CARACTERIZACIÓN LOCAL TÉRMICA, ELÉCTRICA Y MECÁNICA, MEDIANTE TÉCNICAS SPM, DE TELURO DE GERMANIO

Bakkali, H., Dominguez, M., Blanco, E., Ramirez, M., González, J.M., Garitaonandia, J.S.

Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica y Departamento de Física de la Materia Condensada, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz. Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

Los dispositivos basados en materiales calcogenuros con cambio de fase, en particular los que contienen Teluro (Te) y Selenio (Se), ofrecen una funcionalidad atractiva, ya que pueden hacer una transición reversible, repetida y no volátil entre las fases cristalina y amorfa, que difieren drásticamente en propiedades ópticas, electrónicas y mecánicas.

Estos materiales constituyen la base de múltiples tecnologías de memoria no volátil, incluidos medios de almacenamiento óptico de datos, como los CD y DVD regrabables, donde la información se codifica mediante el aumento de la reflectividad que se produce cuando el material amorfo se cristaliza, y las memorias electrónicas de acceso aleatorio (PC-RAM), donde los bits se caracterizan por el contraste de múltiples órdenes de magnitud en la conductividad eléctrica entre ambas fases, ya que el estado amorfo presenta una gran resistencia (corresponde a los ceros), mientras que el estado cristalino tiene una baja resistencia y representa los unos.

Un método que permita controlar las propiedades ópticas de una película de estado sólido de este tipo de compuestos en un amplio rango de longitudes de onda sería muy deseable y podría tener un impacto comercial significativo. Una reciente aplicación es el uso de Ge₂₀Te₈₀ en la tecnología de acristalamiento inteligente en la cual la radiación solar del infrarrojo cercano se absorbe en invierno y se refleja en verano, algo imposible para los materiales con propiedades térmicas y ópticas fijas [Ref: N. Youngblood et al. ACS Photonics 2022, 9, 90–100].

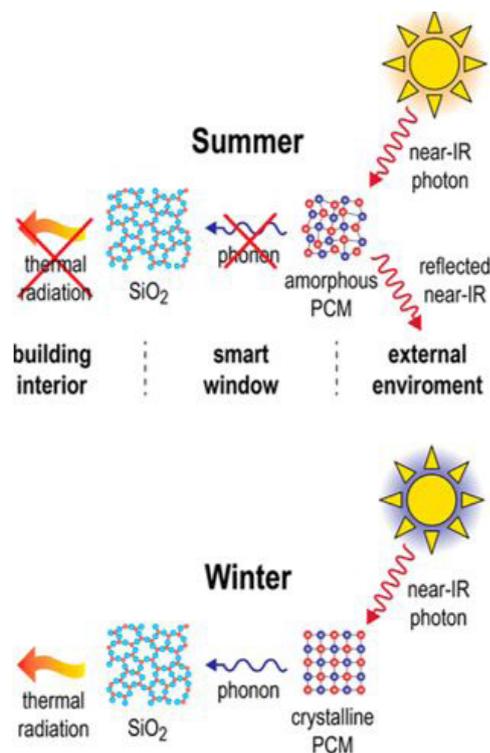


Figura 1. Concepto de absorción/reemisión térmica del infrarrojo cercano utilizado en el diseño de ventana inteligente. En los meses de invierno, la radiación infrarroja cercana del sol se absorbe en la capa de acristalamiento inteligente y se convierte en calor. En los meses de verano, el PCM cambia a la fase amorfa y refleja los fotones del infrarrojo cercano hacia el entorno externo. N. Youngblood et al. ACS Photonics 2022, 9, 90–100.

Un método que permita controlar las propiedades ópticas de una película de estado sólido de este tipo de compuestos en un amplio rango de longitudes de onda sería muy deseable y podría tener un impacto comercial significativo.

El calentamiento con un pulso de más de $10 \mu\text{s}$ a una temperatura de 280°C permite que el $\text{Ge}_{20}\text{Te}_{80}$ cristalice, lo que aumenta significativamente la absorción a longitudes de onda del infrarrojo cercano, mientras que el calentamiento con un pulso de menos de $10 \mu\text{s}$ a una temperatura superior a 450°C desordena de nuevo los átomos en la red, recuperándose así el estado amorfo con baja absorción en el infrarrojo cercano. Este proceso es no volátil y reversible, lo que significa que la energía solo se consume durante el proceso de conmutación real y no se necesita ningún campo eléctrico para mantener el estado amorfo o cristalino. Por otra parte, la temperatura de fusión y la cinética de cristalización se pueden ajustar significativamente controlando la relación atómica de Ge a Te, mientras que el dopaje con Sn reduce suficientemente la temperatura de fusión. Esto hace que el cambio reversible sea más fácil de lograr.

“Las diferencias entre las fases GeTe amorfa y cristalina producen características incrustadas a nanoescala con un fuerte contraste topográfico, eléctrico y mecánico. Esto podría permitir un nuevo enfoque para la fabricación de dispositivos monolíticos a nanoescala”

En este proyecto, logramos cristalizar y oxidar localmente películas delgadas de GeTe mediante una sonda de AFM calentada eléctricamente. Las películas de GeTe fueron depositadas sobre los sustratos de SiO_2 mediante la técnica de pulverización catódica de radiofrecuencia RF (sputtering), utilizando una presión de argón de 1.9×10^{-2}

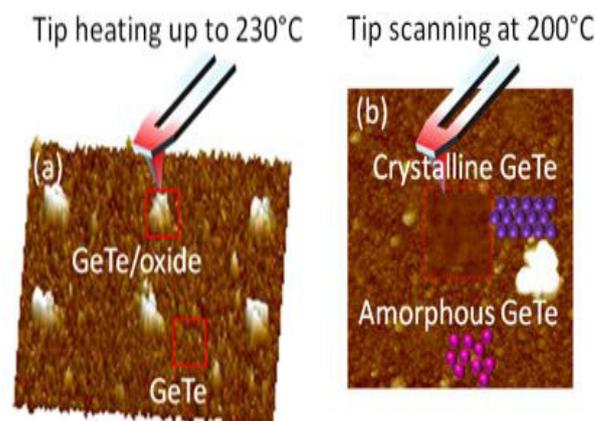


Figura 2. Esquema general de inducción de (a) oxidación localizada a través de una punta AFM de sonda calentada mediante una rampa de temperatura de $5^\circ\text{C}/\text{s}$ desde 35 a 235°C , y (b) cristalización localizada mediante barrido de punta calentada a 200°C

2 mbar , potencia de magnetrón de 50 W y un tiempo de deposición de 30 min .

El GeTe amorfo posee una mayor predisposición a la oxidación que el GeTe cristalino cuando se expone al aire a una temperatura mayor que 100°C . La mayor tendencia de las películas de GeTe a oxidarse durante la transición de fase es una consecuencia de la ruptura de los enlaces

Ge-Ge en presencia de átomos de oxígeno, lo que posteriormente conduce a la formación adicional de enlaces Ge-O durante la cristalización. Los enlaces Ge-O son más fuertes y, por lo tanto, más estables que los enlaces Ge-calcogenuro (S, Se, Te), lo que inevitablemente conduce a la oxidación espontánea e irreversible en materiales de GeTe. Una pequeña cantidad de oxígeno incorporado en Ge-Sb-Te aumenta la temperatura de cristalización, lo cual es de gran interés para las aplicaciones de memoria de cambio de fase en la industria del automóvil.

La oxidación de películas delgadas de GeTe amorfo se controla con una resolución a nanoescala utilizando el

calor generado por la propia sonda de AFM térmica (en este caso se utilizó una sonda de nano-análisis térmico o nano-TA). Las diferencias pronunciadas entre las fases GeTe amorfa y cristalina producen características integradas a nanoescala con un fuerte contraste topográfico, nanomecánico y eléctrico. Empleamos el modo PeakForce Tapping para extender las capacidades de medida de los microscopios AFM y obtener mapas de las propiedades mecánicas a escala nanométrica de las películas, como la indentación de la sonda en la superficie (Figura 3(d)). También se obtuvieron mapas de propiedades eléctricas mediante la microscopía de barrido de impedancia de microondas (sMIM), una técnica que permite caracterizar

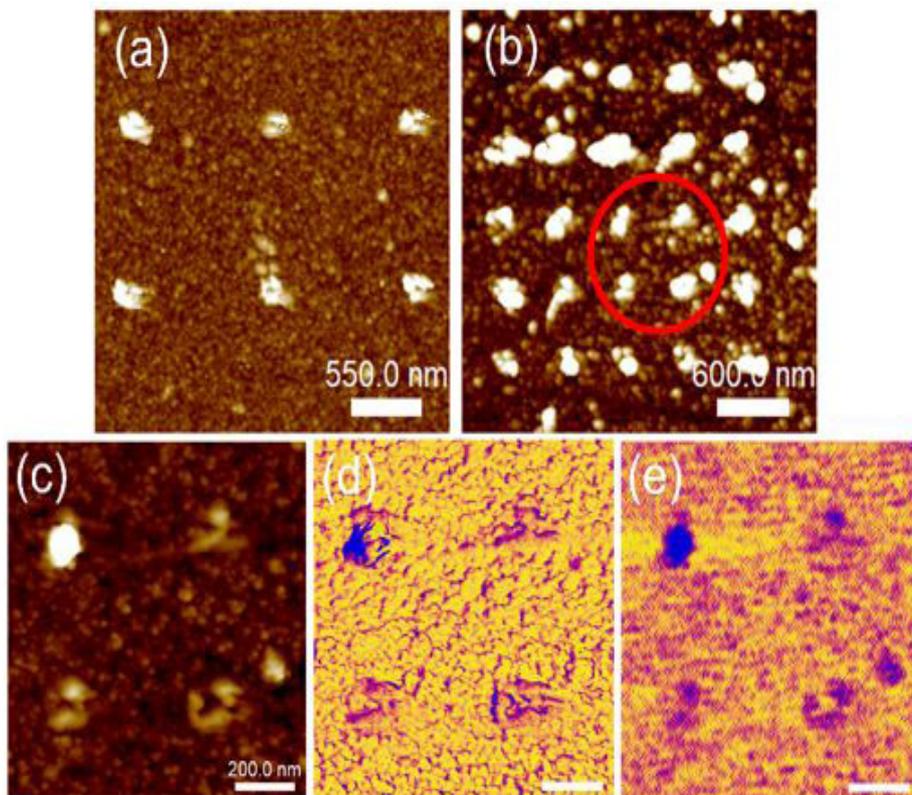


Figura 3. Diferentes matrices obtenidas con nanopatrones de óxido de GeTe (a) matriz de 2x3 con una separación de 1 μm en óxidos (b) matriz de 5x5 con una separación de 500 nm en óxidos (c) ampliación de la región señalada en rojo (d), (e) imágenes de mapeo de propiedades nanomecánica de indentación y capacitiva sMIM-C.

Este proceso es no volátil y reversible, lo que significa que la energía solo se consume durante el proceso de conmutación real y no se necesita ningún campo eléctrico para mantener el estado amorfo o cristalino.

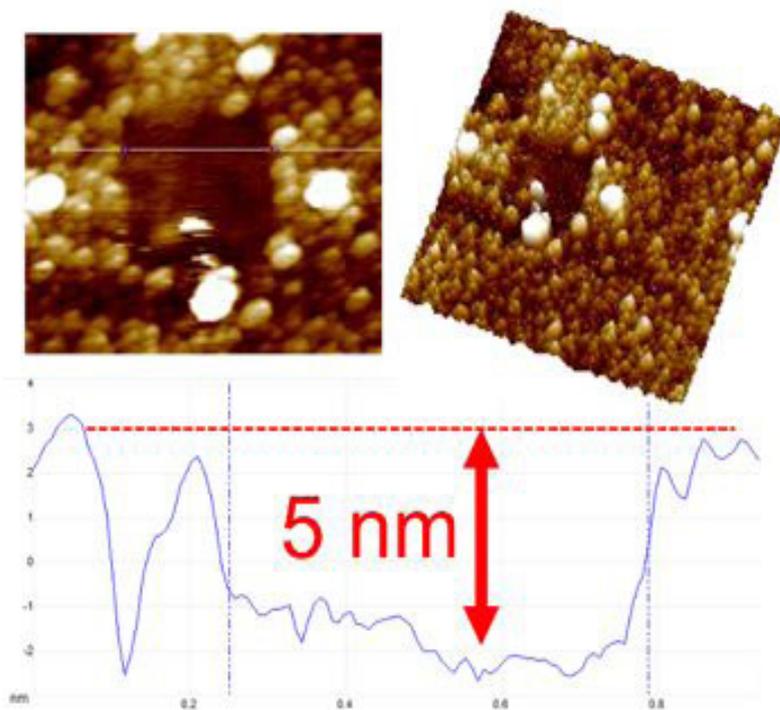


Figura 4. Imagen topográfica obtenida mediante el modo PeakForce Tapping. El patrón topográfico más profundo se debe al aumento del 8-9% en la densidad de GeTe tras la cristalización.

eléctricamente el GeTe sin la necesidad de hacer contacto eléctrico entre la sonda, la muestra y el sustrato, la cual es capaz de generar imágenes de variaciones en las propiedades capacitivas de la muestra (sMIM-C), como las presentadas en la Figura 3(e).

Por otro lado, cuando la sonda de AFM de nano-TA, calentada a 200°C, se utiliza para barrer la superficie de la muestra en modo contacto, se generan depresiones superficiales locales en la región barrida, patrones topográficos

más profundos de 5nm como los mostrados en la Figura 4, atribuidos a la cristalización local inducida por la energía térmica suministrada por la punta durante el barrido de la superficie.

Dado el aumento de un 8-9% de la densidad del GeTe tras la cristalización, $\rho_{\text{amorfo}} \approx 5600 \text{ kg m}^{-3}$, $\rho_{\text{cristalino}} \approx 6100 \text{ kg m}^{-3}$, las medidas cuantitativas nanomecánicas (QNM) permiten poner de manifiesto esta transición amorfo-cristalina usando varias de las propiedades na-

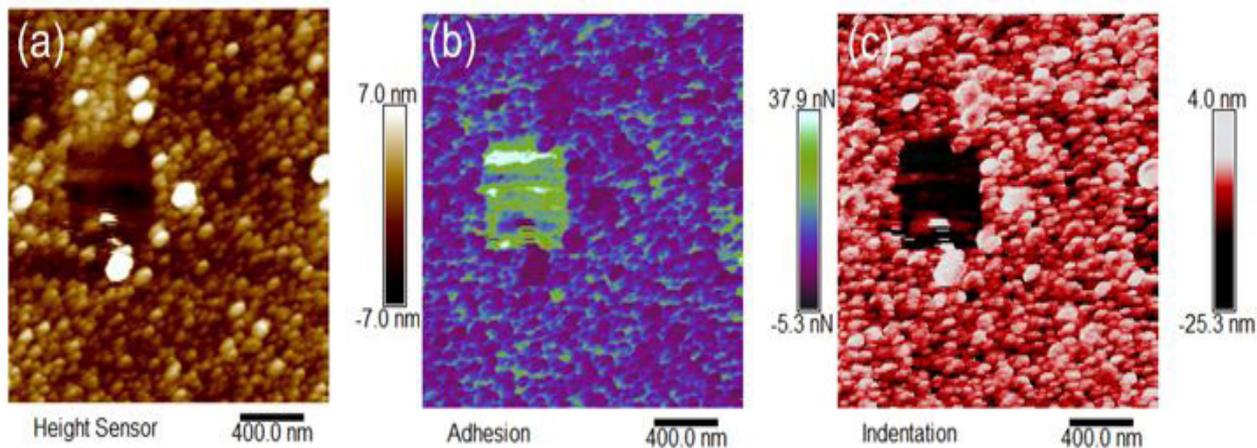


Figura 5. Propiedades mecánicas a nanoescala (a) topografía AFM con patrón topográfico más profundo de tamaño de 500×500 nm (b) mapeo de adhesión (c) mapeo de indentación.

nomecánicas disponibles, que incluyen la adhesión y la indentación, (véase Figura 5).

Para sondear eléctricamente el alcance de la cristalización de GeTe inducida por la punta calentada, la técnica de sMIM permite registrar tanto el canal capacitivo (sMIM-C) como resistivo (sMIM-R). La dependencia de la transición de fase con el aumento del tiempo de interacción punta-superficie y la considerable diferencia en la conductividad térmica entre el GeTe amorfo y cristalino dan lugar a una variación significativa en el comportamiento tras la cristalización con el aumento de la temperatura de la película a medida que varía la velocidad de

barrido de punta. A velocidades rápidas, el cambio de fase está dominado por la cinética de nucleación y solo se cristaliza un pequeño volumen de GeTe. A velocidades de punta lentas, (frecuencia de barrido de 0.5Hz, figura 6), después de que ocurre la nucleación, la cristalización creciente mueve el límite de fase más lejos del contacto de la punta, lo que reduce el flujo de calor debido a la transición de fase, mientras que la conductividad térmica más alta del GeTe cristalino aumenta el transporte de calor lejos de la punta, afectando así a un área de la muestra mayor que la que está directamente en contacto con la punta.

A velocidades rápidas, el cambio de fase está dominado por la cinética de nucleación y solo se cristaliza un pequeño volumen de GeTe.

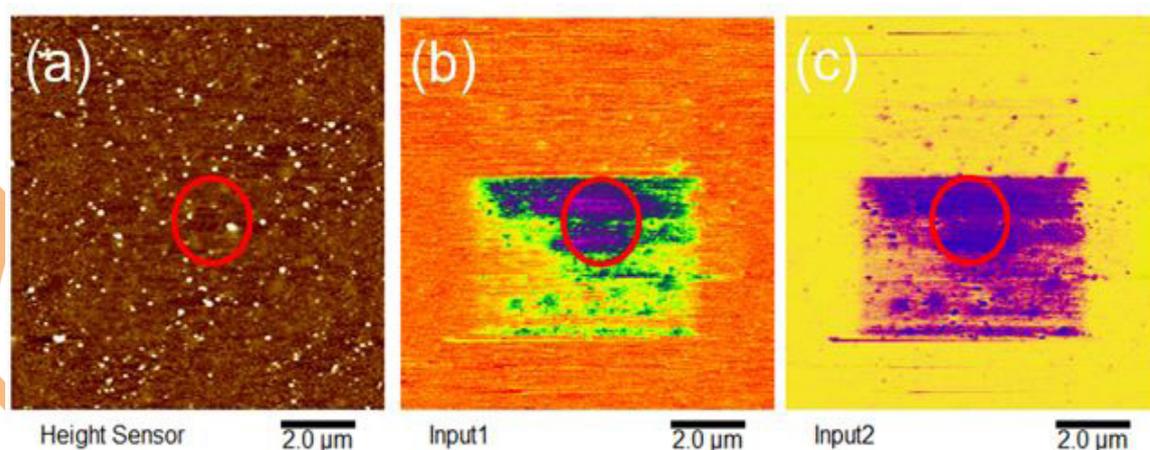


Figura 6. Propiedades eléctricas a nanoescala (a) topografía AFM con patrón topográfico más profundo de tamaño de 500×500 nm (b) canal resistivo (sMIM-R) (c) canal capacitivo (sMIM-C). Ambos canales capacitivo-resistivo revelan la dimensión de la característica cristalina.

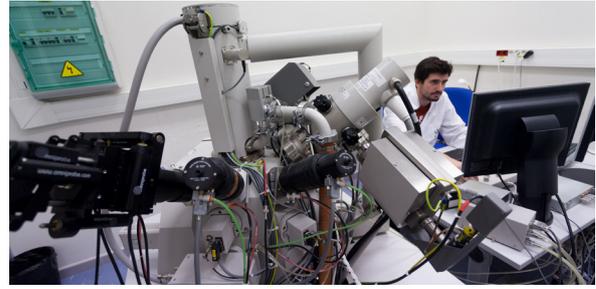
En conclusión, hemos podido controlar localmente la oxidación y la cristalización de películas delgadas de GeTe mediante una sonda de AFM de nano-TA calentada eléctricamente. Tanto la oxidación de GeTe como las diferencias pronunciadas entre las fases GeTe amorfa y cristalina producen características incrustadas a nanoescala con un fuerte contraste topográfico, eléctrico y mecánico. La

temperatura de la sonda y su velocidad de barrido permite controlar la extensión de cristalización lo cual podría permitir un nuevo enfoque para la fabricación de dispositivos nanoelectrónicos y optoelectrónicos.



El Dr. Hicham Bakkali es Licenciado en Física por la Universidad Abdelmalek Essaadi (UAE-Marruecos). Se doctoró en el programa de Doctorado en Nanociencia y Tecnologías de Materiales en la Universidad de Cádiz (UCA) en 2017 y en el programa “Doctorat en Sciences et Techniques” en la UAE en 2019. Es miembro del grupo de investigación de Óptica y Magnetismo Aplicado-FQM335 desde 2014. Su interés de investigación se centra en la preparación por pulverización catódica “Sputtering” y caracterización eléctrica, óptica y magnética de láminas delgadas de metales granulares y metamateriales plasmónicos. Realizó varias etapas de investigación en centros nacionales e internacionales, incluyendo UPV/EHU, UB e ICMM-CSIC (España), CNRS-Versailles (Francia), Rowan University (NJ, EEUU), CCADET e ICAT Labs en la UNAM (México) donde desarrolló sólidas habilidades en técnicas avanzadas como la Microscopía de Sonda de Barrido. Actualmente es Profesor Sustituto Interino de la UCA.

Servicios Periféricos de Investigación ofertados por el Instituto IMEYMAT



Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) Bruker

Topografía en modo contacto y contacto intermitente para la obtención de imágenes 3D de superficies mediante microscopía de fuerza atómica (AFM), microscopía de fuerza magnética (MFM) y microscopía térmica de barrido (SThM), con resolución nanométrica (hasta 5 μm en resolución vertical y hasta 100 μm x 100 μm en cuanto a tamaño del barrido). Determinación de rugosidad de superficies en este rango dimensional. Determinación de tamaño y forma de estructuras de tamaño nanométrico, con límite inferior determinado por el tamaño de la sonda empleada (mínimo 2 nm). Determinación y localización de objetos nanométricos magnéticos situados sobre una superficie de un material no magnético, mediante MFM. Determinación de tamaño y forma de regiones de diferente conductividad térmica en una superficie de baja rugosidad, mediante SThM. Además, se pueden emplear estas técnicas para el estudio de sistemas biológicos siempre que estos entes puedan ser depositados sobre un soporte plano y que su tamaño no exceda los límites del equipo.

Medidor de conductividad térmica en materiales LASERCOMP, FOX 200.

Instrumento para medida de la conductividad térmica a una temperatura, de medida rápida mediante el método del flujo de calor. Permite operar con cualquier material sólido: metales, cerámicos, polímeros, compuestos, vidrios y gomas. Está especialmente pensado para plásticos celulares y láminas delgadas, además de permitir ensayos de piezas de tamaños típicos para edificación (normas ASTM C518 e ISO 8301). También permite medir espesores hasta 0,025mm. El tamaño y geometría típicos de las muestras son cuadradas de 200mm de lado y espesores hasta 52mm. El rango de temperaturas para el ensayo puede variar desde -20 °C hasta 75 °C.

Elipsómetro Espectroscópico Woollam V-VASE

Equipo para la determinación de las constantes ópticas de materiales, tanto masivos, como películas delgadas, en el rango entre 190 nm y 3200 nm de longitud de onda. En este último caso permite la determinación de espesores con resolución del Angstrom y la realización de mapas topográficos de superficies de hasta 5 cm x 5 cm, con una resolución lateral de hasta 100 micras. El equipo también permite la realización de medidas de transmitancia, reflectancia y escaterometría de las muestras estudiadas.

Espectrofotómetro UV-Vis-NIR Agilent Cary 5000

Equipo para la realización de espectros de transmisión y reflexión, especular y difusa, de muestras sólidas y líquidas, en el rango 200-3000 nm de longitud de onda. Equipado con esfera integradora.

Espectrofotómetro UV Vis – PGI INSTRUMENTS T80+.

Espectrofotómetro UVVis de doble haz, con rendija variable a 0.5, 1.0, 2.0 y 5.0 nm. Sistema de detección mediante fotodiodo de silicio. Equipo autónomo que integra display LCD, conexión RS232 y cargador automático para 8 cubetas. Funciona bajo Software UV Win 5 para control desde PC. Rango de medida: 190 - 1100 nm. Rango fotométrico: de -0.3 a 3 Abs

Perfilómetro mecánico, VEECO, DEKTAK 150

Perfilómetro mecánico de tipo palpador con puntas de medida: 50 nm, 0.7 micras y 12.5 micras. Resolución vertical 1 nm.

Perfilómetro óptico multimodo, ZETA, ZETA300

Microscopio óptico 3D multimodo. Modos de medida: Confocal, Interferométrica, Multisuperficie, Texturas (QDIC/Nomarski), Reflectometría. Resolución hasta 1 nm (dependiendo de la técnica de medida). Incluye reflectómetro para medidas de espesores de capas delgadas.

Estación de haces focalizados FIB - FEI QUANTA 3D

Preparación de muestras electrón-transparentes para microscopía electrónica de materiales y dispositivos. Nano-mecanizado mediante FIB de materiales y dispositivos. Preparación de muestras en forma de nano-agujas para análisis mediante tomografía electrónica y de sonda atómica (atom probe tomography), así como para otras aplicaciones que requieran esta geometría de muestra. Manipulación de muestras de distintos materiales a escala micro y nanométrica, incluyendo cortes en el material por ataque iónico, deposición de carbono o platino, transferencia de porciones de material a rejillas, etc. Análisis de materiales mediante electrones secundarios y con el haz de iones. Análisis 3D por haces de iones de distribución de precipitados u otras inclusiones en materiales y dispositivos mediante reconstrucción tomográfica.

Espectrómetro raman, JASCO, NRS7200

Espectrómetro Raman dispersivo Jasco, modelo NRS-7200 con láseres de excitación de 532 nm, 785 nm y 1064 nm de longitud de onda. Máxima resolución 0.7 cm⁻¹. Intervalo espectral 10 - 8000 cm⁻¹.

Microscopio Electroquímico de Barrido - SENSOLITICS

Equipo electroquímico multifuncional para aplicaciones en el campo de la nanotecnología.

Magnetómetro de muestra vibrante (VSM)

Medidas de imanación a temperatura ambiente y en función de la temperatura (entre 2 y 400 K). Determinación de temperaturas de transición magnética (Curie, Neel) en el intervalo anterior. Granulometría magnética para estudios de pequeñas partículas metálicas y óxidos magnéticos. Medidas de ciclos de histéresis, permeabilidad, coercitividad para materiales blandos e imanes permanentes hasta campos magnéticos de 7 Teslas. Obtención de curvas de magnetización tras enfriamiento con campo y sin campo (curvas FC/ZFC).

Estación de haces focalizados (FIB): TESCAN SOLARIS UHR FESEM_FIB

Preparación de muestras electrón-transparentes para microscopía electrónica de materiales y dispositivos. Nano-mecanizado mediante FIB de materiales y dispositivos. Preparación de muestras en forma de nano-agujas para análisis mediante tomografía electrónica y de sonda atómica. Manipulación de muestras de distintos materiales a escala micro y nanométrica, incluyendo cortes en el material por ataque iónico, deposición de carbono o platino, transferencia de porciones de material a rejillas, etc. Análisis de materiales mediante SEM en modo electrones secundarios, con el haz de iones y catodoluminiscencia (77K). Análisis 3D por haces de iones de distribución de precipitados u otras inclusiones en materiales y dispositivos mediante reconstrucción tomográfica.

Escáner 3D portátil CREAFORM MetraScan Black Elite y HandyScan 307 Silver

Captura de mediciones 3D exactas y repetibles de cualquier objeto, incluidos los de superficie compleja y superficies brillantes. Los objetos a escanear deben enviarse a la ubicación base del escáner, aunque podría considerarse el escaneo 'in situ' fuera de las instalaciones de la Universidad haciéndose frente al coste de desplazamiento (dieta de personal técnico y kilometraje).

SEM – TESCAN VEGA 4

Fuente de tungsteno. Caracterización de muestras con SE, BSE, y mapas EDXS. Detector BSE de 4 cuadrantes para caracterización 3D de muestras de interés. Portamuestras con calentamiento-enfriamiento en el rango de -25 °C a +160 °C. Puerto feedthrough para poder hacer conexiones eléctricas para ensayos eléctricos in-situ. Caracterización óptica con detector de catodoluminiscencia en el rango óptico de 350 nm - 850 nm. Scripting para automatizar experimentos. Acceso remoto

¿Cómo acceder a estos servicios?

Los servicios periféricos de investigación listados anteriormente son prestados por los investigadores del IMEYMAT responsables de los equipos y en algunos de ellos junto a técnicos que operan los equipos, pueden consultar las tarifas de dichos servicios a través del portal de atención al usuario del Instituto IMEYMAT accediendo a la siguiente URL <https://cau-imeymat.uca.es/> o en caso de ser usuario externo, puede realizar consultas o peticiones de presupuesto al correo imeymat@uca.es



UCA

Universidad
de Cádiz