



Dirección General
de Investigación
e Innovación Tecnológica
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y UNIVERSIDADES

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en su futuro



PROGRAMAS DE I+D EN TECNOLOGÍAS 2018

ACRÓNIMO: NMAT2D-CM

TÍTULO PROGRAMA: NUEVOS MATERIALES BIDIMENSIONALES: CARACTERIZACIÓN,
PROPIEDADES Y APLICACIONES

PRESUPUESTO CONCEDIDO: 783.525 €

COORDINADOR: Prof. Francisco Guinea

Madrid, 17 y 18 de abril de 2024

NMAT2D-CM - ¿Quiénes participamos?

Grupos de Investigación



Graphene
Francisco Guinea



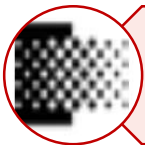
Condensed Matter Theory and Simulation
Group
Iván Brihuega



Teorías de Campos en Física de la Materia
Condensada
M^a del Pilar López Sancho



Grupo de Dispositivos Semiconductores del
ISOM
Fernando Calle



Materiales Compuestos
Nuria Fánegas

Laboratorios de la REDLAB



REDLAB 279: Laboratorio de
Caracterización Óptica Avanzada.
Juan Cabanillas González



REDLAB 285: Instituto de Sistemas
Optoelectrónicos y Microtecnología
José Luis Prieto y Jorge Pedrós



NMAT2D-CM - ¿Qué objetivos planteamos?

Materiales bidimensionales

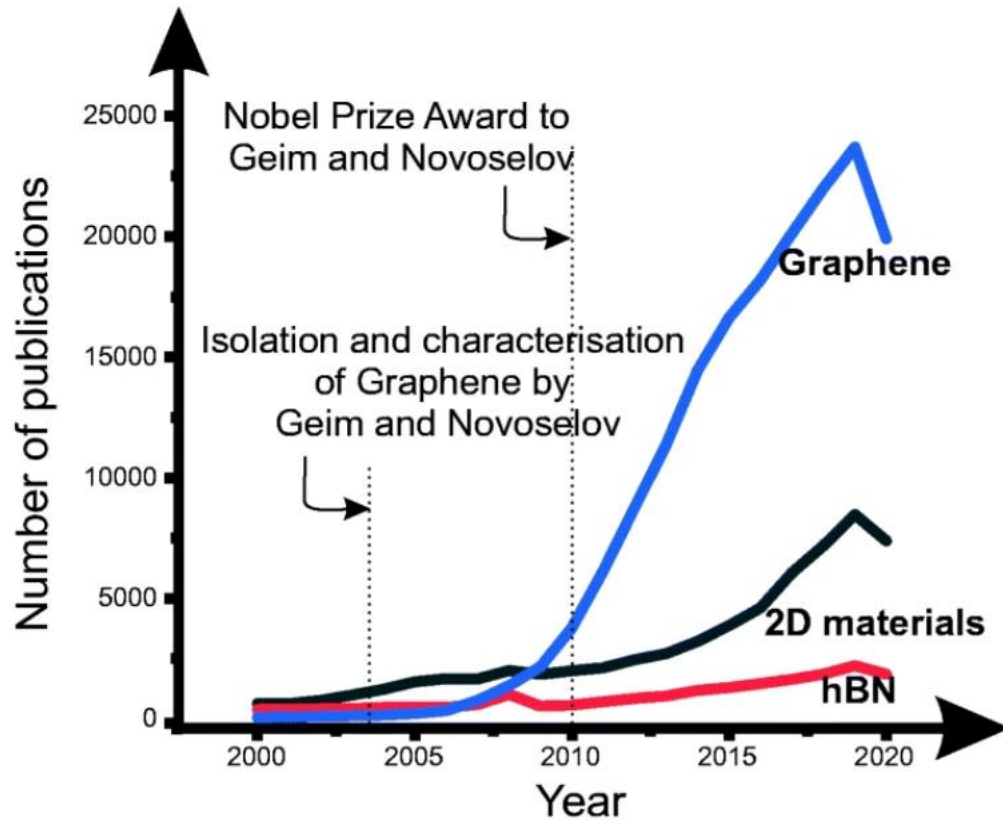


Imagen adaptada de:
 Analytical and Bioanalytical Chemistry **413**, 663–672 (2021)

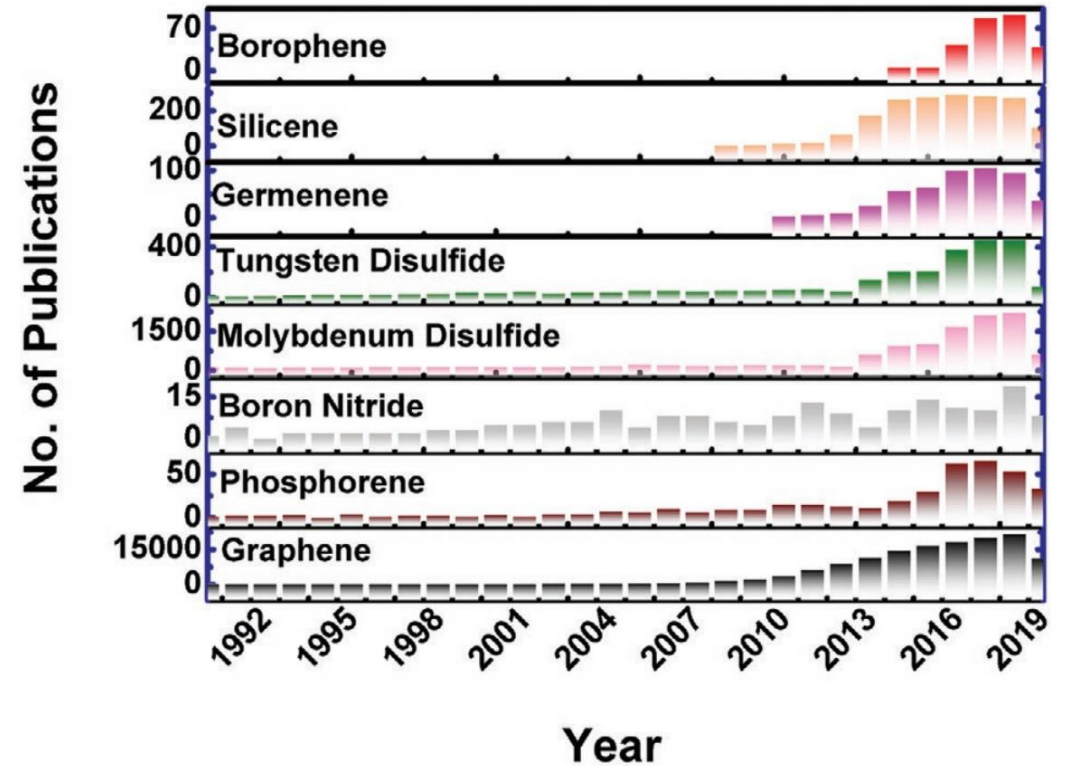


Imagen adaptada de:
 Advanced Materials 2000531 (2020)



NMAT2D-CM - ¿Qué objetivos planteamos?

Objetivo 1. Síntesis de materiales bidimensionales

Objetivo 2. Caracterización y modificación de materiales 2D a escala atómica

Objetivo 3. Funcionalización química de materiales

Objetivo 4. Propiedades Ópticas

Objetivo 5. Propiedades de transporte en sistemas bidimensionales

Objetivo 6. Propiedades Estructurales. Efecto de la geometría en propiedades electrónicas y ópticas (strainonics)

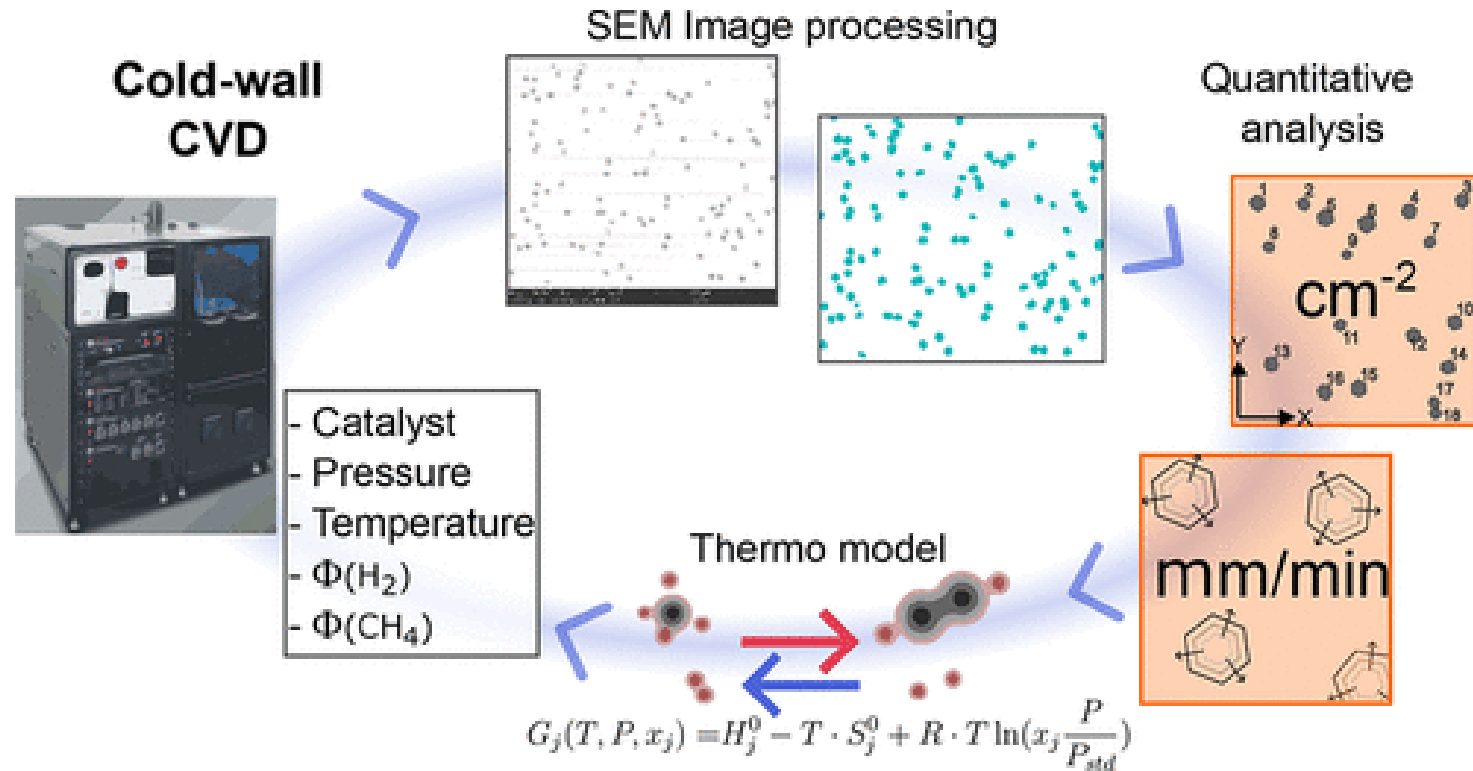
Objetivo 7. Nuevos Dispositivos. Funcionalización del grafeno y de otros compuestos 2D

Objetivo 8. Aplicaciones. Materiales Compuestos

NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 1: Síntesis de materiales bidimensionales

Optimización del proceso de crecimiento CVD de materiales 2D con alta calidad cristalina

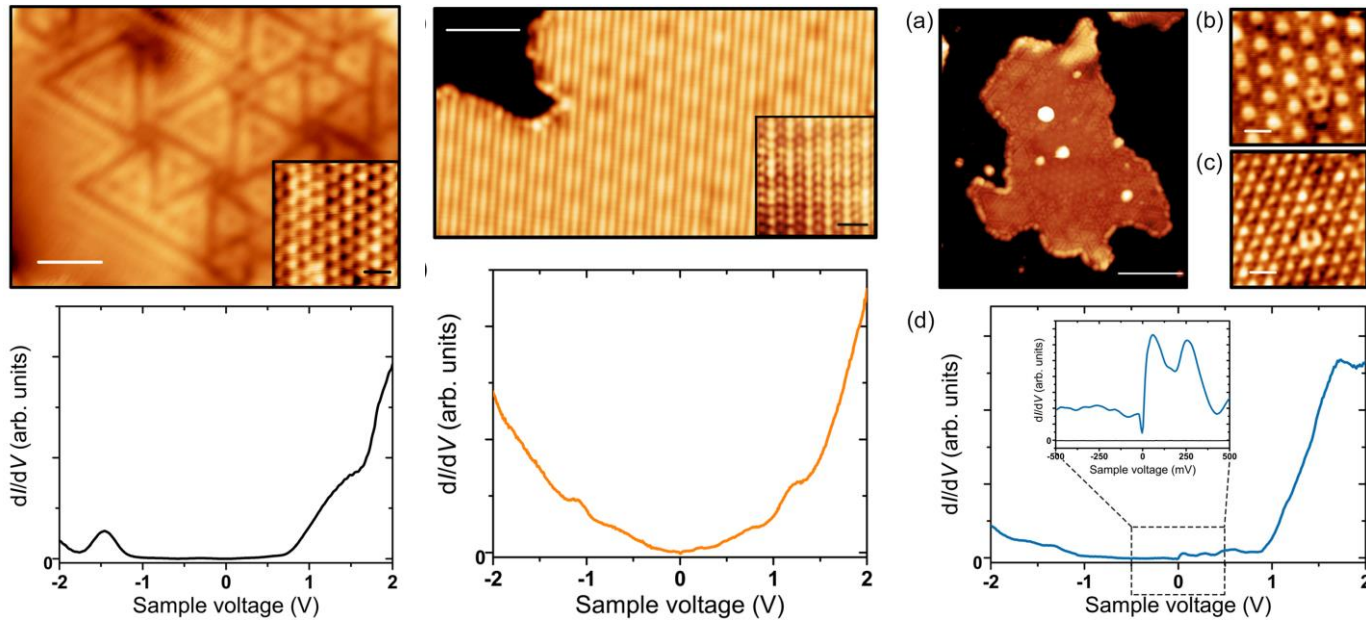


NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 1: Síntesis de materiales bidimensionales

Optimización del proceso de crecimiento CVD de materiales 2D con alta calidad cristalina

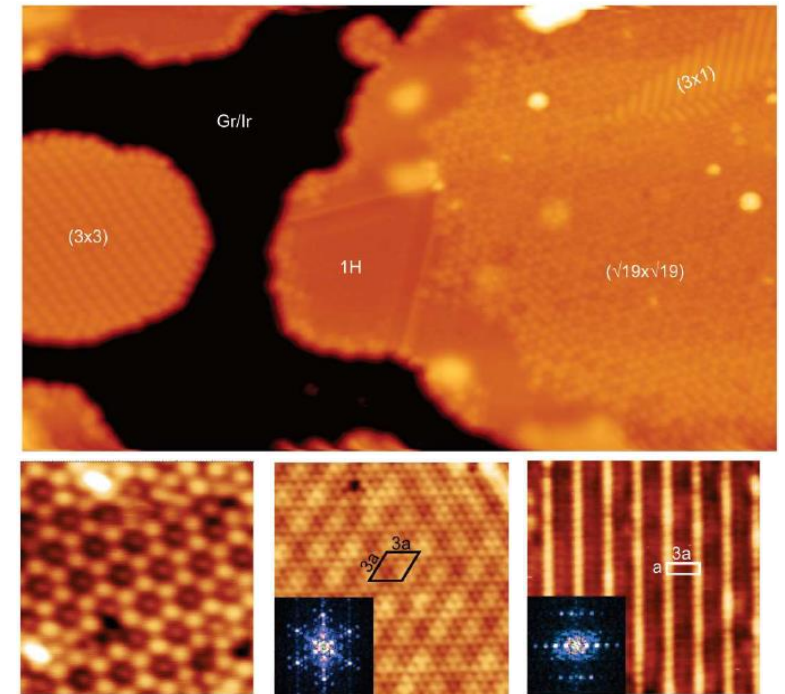
MoTe₂



Nanoscale **14**, 10880 (2022)

UAM+IMDEA

TaTe₂



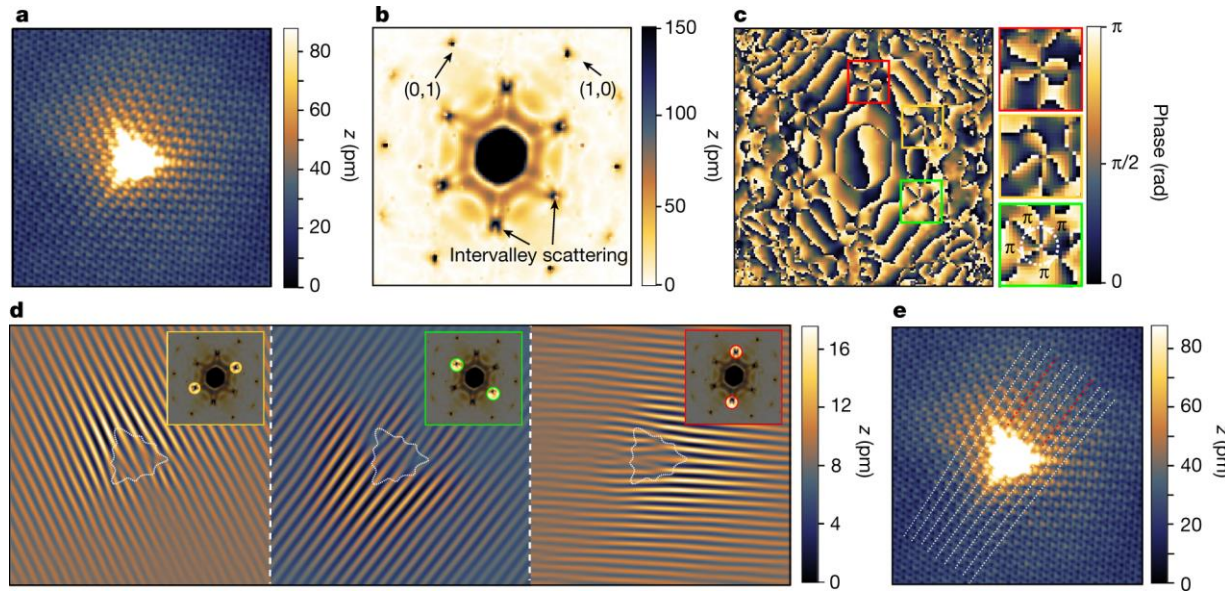
Small **202300262** (2023)



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

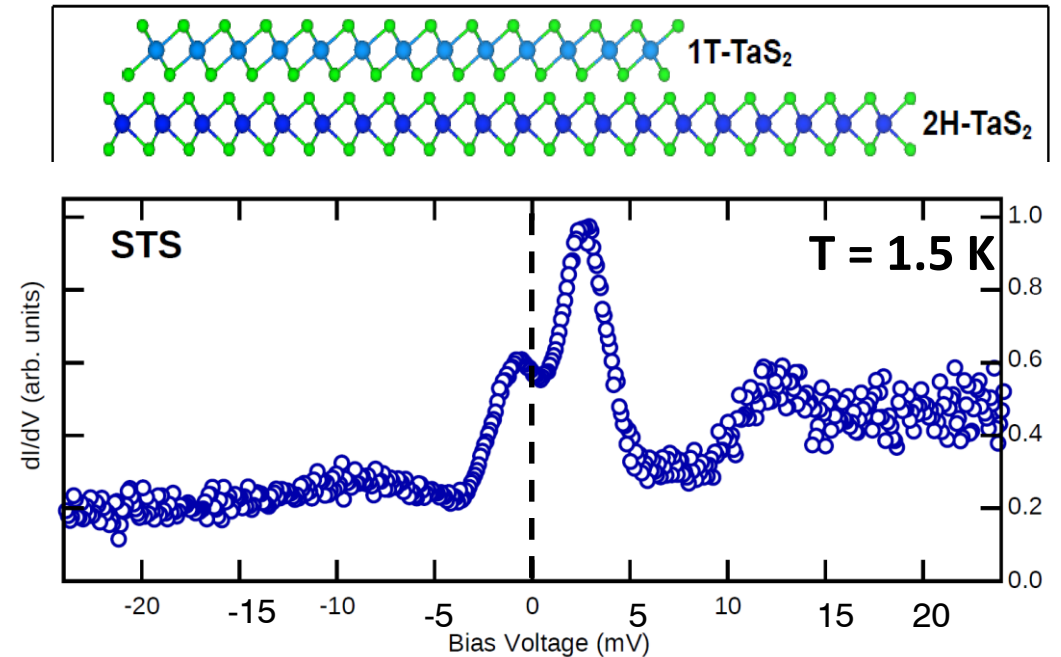
Objetivo 2: Caracterización y modificación de materiales 2D a escala atómica

Obtención de una clasificación de materiales 2D según sus propiedades de cara a utilizarlos en distintas aplicaciones;
 Establecimiento de protocolos de transferencia efectiva de grafeno.



Nature **574**, 219–222 (2019)

UAM+IMDEA



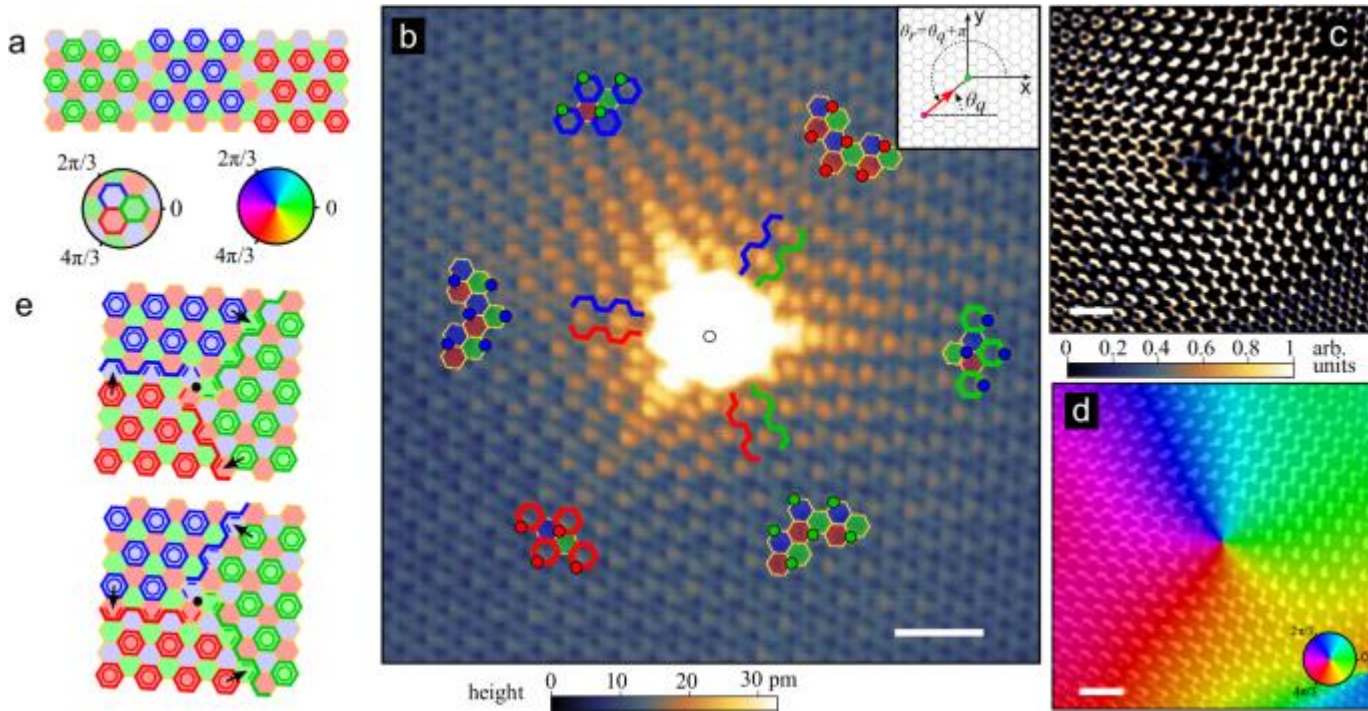
Small **20**, 2303275 (2024)



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

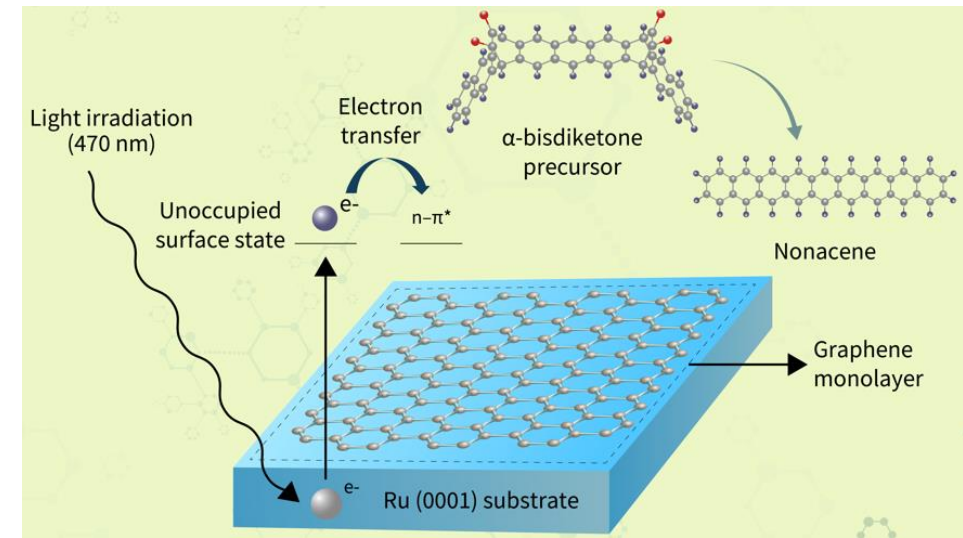
Objetivo 3: Funcionalización química de materiales

Obtención de materiales 2D con funcionalidades específicas.



Nature Communications **15**, 2927 (2024)

UAM+IMDEA



Nanoscale Horizons **6**, 744 (2021)

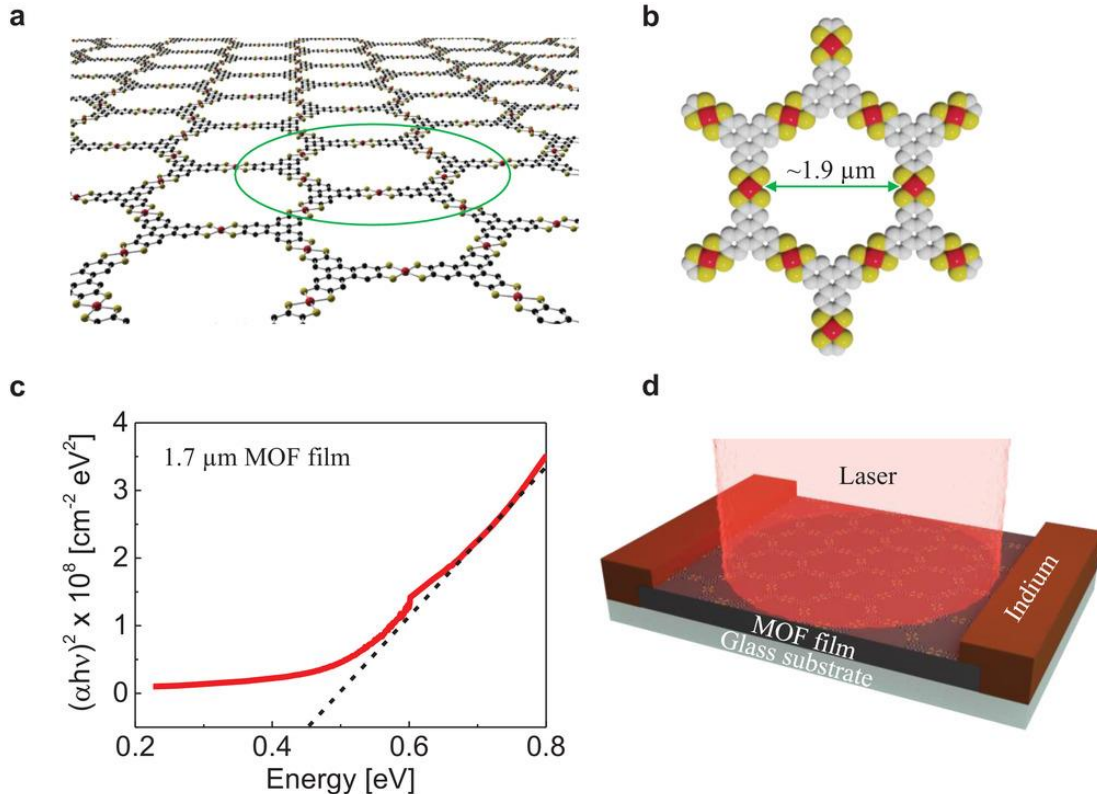


NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

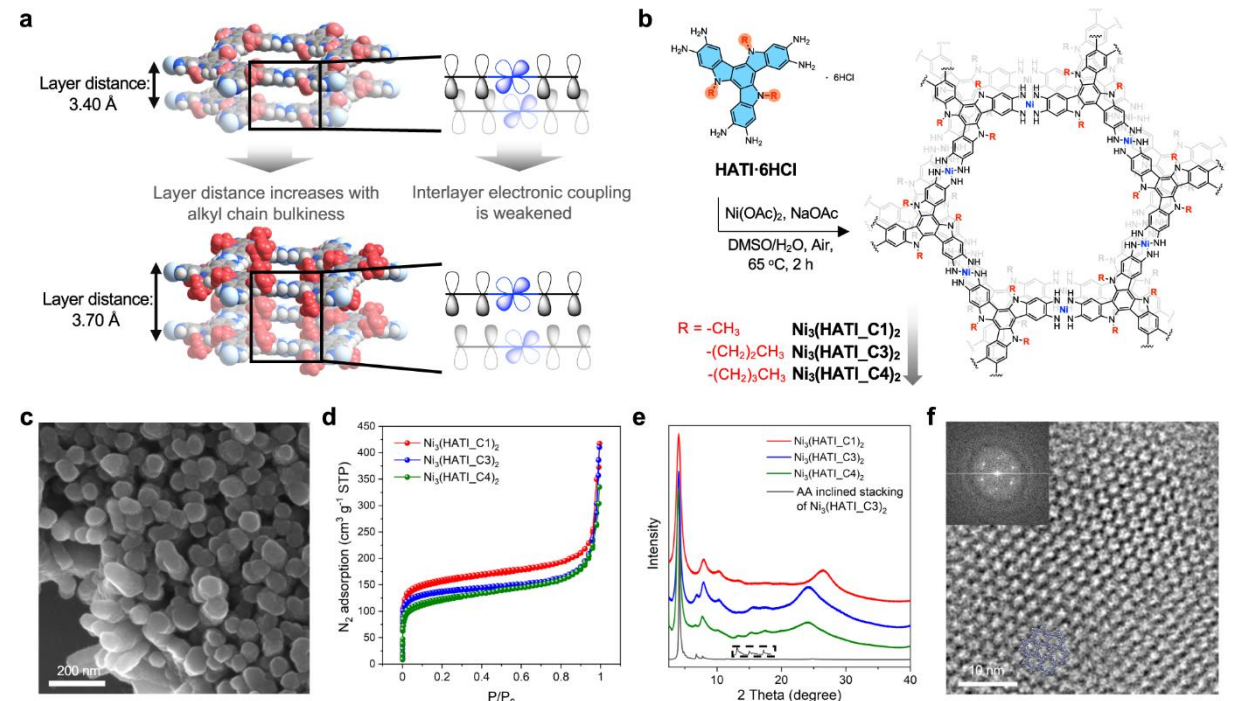
Objetivo 4: Propiedades Ópticas

Obtención de materiales con aplicaciones optoelectrónicas (fotodetectores o celdas fotovoltaicas) y/o biofísicas (sensores); Estudio teórico de la dispersión de SPP

Advanced Materials **32**, 1907063 (2020)



Nature Communications **13**, 7240 (2022)



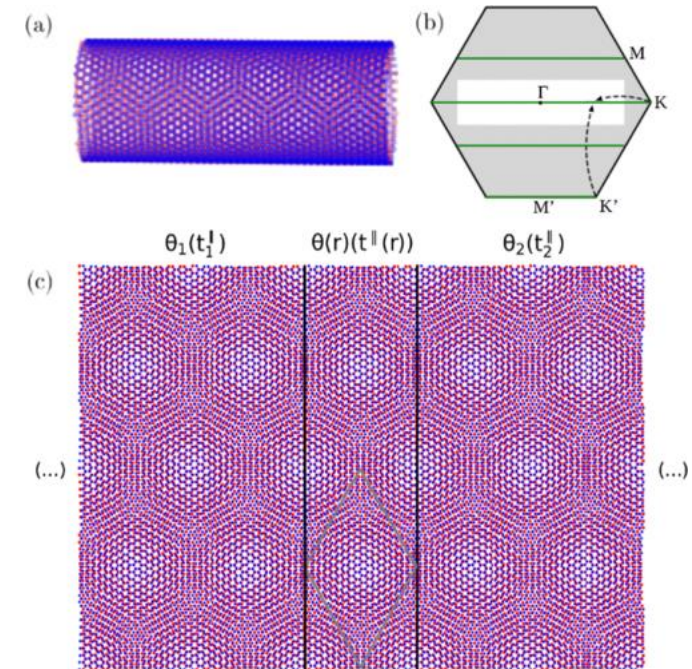
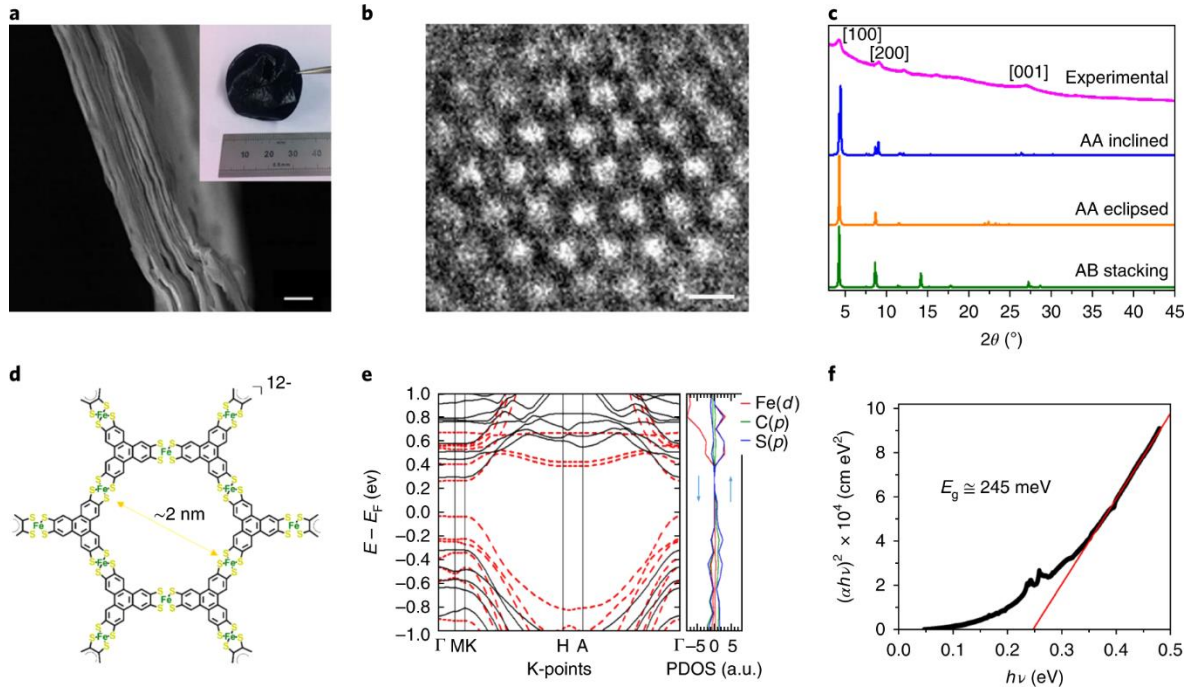
NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 5: Propiedades de transporte en sistemas bidimensionales

Identificación de mecanismos limitantes de la movilidad a través de medidas en temperatura en He (4K) en materiales bidimensionales multicapa y funcionalizados; Medidas de la movilidad en un material bidimensional en función de la tensión uniaxial aplicada

Nature Materials **17**, 1027–1032 (2018)

Physical Review Letters **131**, 016003 (2023)

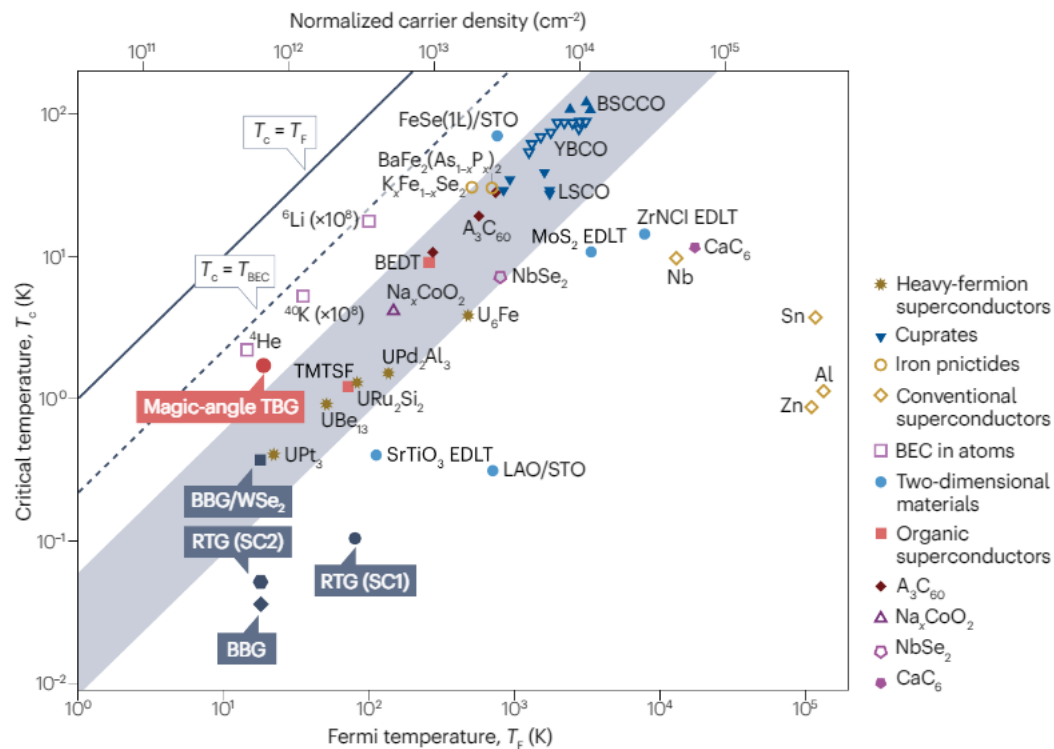


NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 6: Propiedades Estructurales. Efecto de la geometría en propiedades electrónicas y ópticas (*straintonics*):

Caracterización topográfica y electrónica de capas rotadas de grafeno

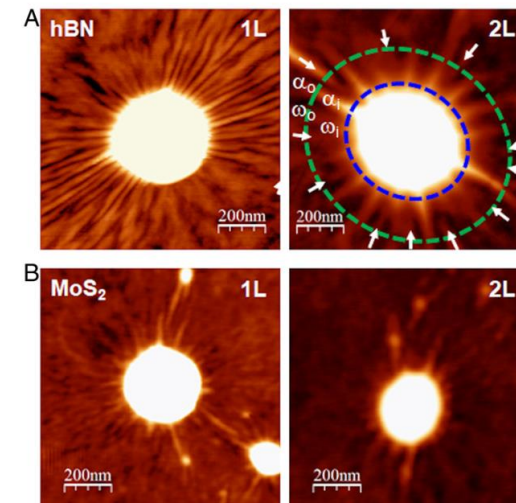
PNAS 2021 Vol. 118 No. 14 e2025870118



Van der Waals interaction affects wrinkle formation in two-dimensional materials

Pablo Ares^{a,b,1}, Yi Bo Wang^{a,b}, Colin R. Woods^{a,b}, James Dougherty^{a,b}, Laura Fumagalli^{a,b}, Francisco Guinea^{c,d,e}, Benny Davidovitch^{f,1}, and Kostya S. Novoselov^{a,b,g,h,1}

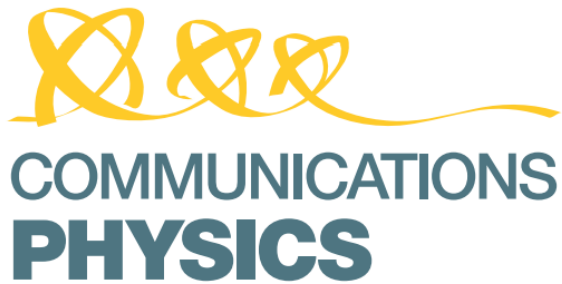
^aDepartment of Physics and Astronomy, University of Manchester, M13 9PL Manchester, United Kingdom; ^bNational Graphene Institute, University of Manchester, M13 9PL Manchester, United Kingdom; ^cIMDEA (Instituto Madrileño de Estudios Avanzados) Nanoscience, 28049 Madrid, Spain; ^dDonostia International Physics Center, 20018 San Sebastián, Spain; ^eIkerbasque, Basque Foundation for Science, 48009 Bilbao, Spain; ^fDepartment of Physics, University of Massachusetts Amherst, Amherst, MA 01003; ^gCentre for Advanced 2D Materials, National University of Singapore, Singapore 117546, Singapore; and ^hChongqing 2D Materials Institute, Chongqing 400714, People's Republic of China





NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 6: Propiedades Estructurales. Efecto de la geometría en propiedades electrónicas y ópticas (*straintonics*):



ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s42005-019-0259-9>

OPEN

Effect of quasiparticle excitations and exchange-correlation in Coulomb drag in graphene

Rajveer Fandan^{1,2*}, Jorge Pedrós^{1,2*}, Francisco Guinea^{3,4}, Alberto Boscá^{1,2} & Fernando Calle^{1,2}

Physics Reports 977 (2022) 1–58



Contents lists available at ScienceDirect

Physics Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/physrep



Thermal transport, geometry, and anomalies

Maxim N. Chernodub^a, Yago Ferreira^b, Adolfo G. Grushin^c, Karl Landsteiner^d,
María A.H. Vozmediano^{e,*}

^a Institut Denis Poisson UMR 7013, Université de Tours, Tours, 37200, France

^b IMDEA Nanociencia, Faraday 9, 28049 Madrid, Spain

^c Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, Institut Néel, 38000 Grenoble, France

^d Instituto de Física Teórica UAM/CSIC, Nicolás Cabrera 13-15, Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain

^e Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC, Cantoblanco, E-28049 Madrid, Spain

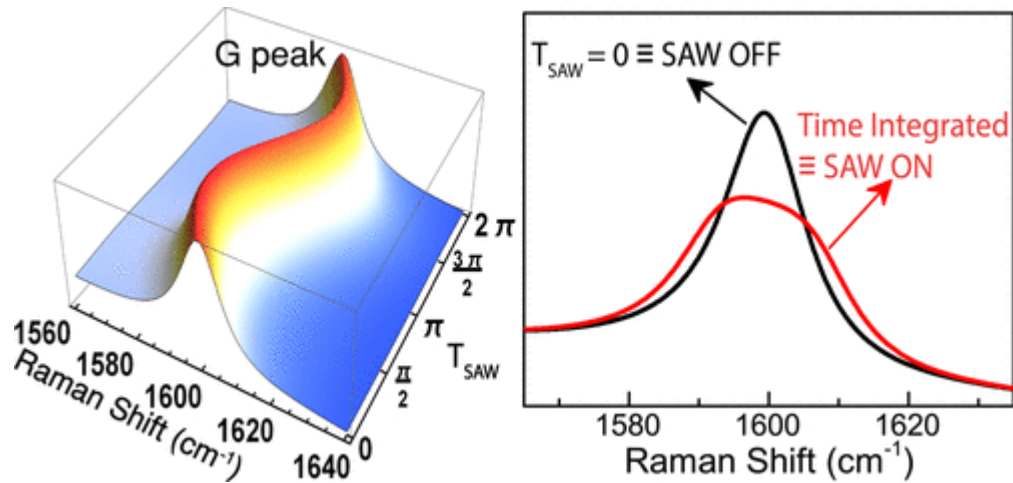


NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 7: Nuevos Dispositivos. Funcionalización del grafeno y de otros compuestos 2D

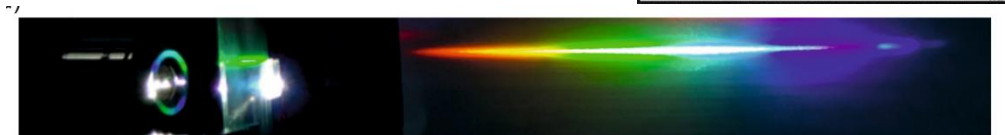
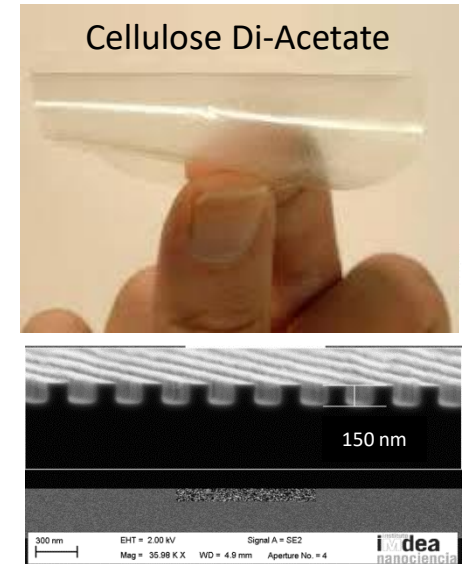
Fabricación de estructuras verticales; Desarrollo de protocolos de fabricación de dispositivos: dispositivos piezoeléctricos, rectificadores y plasmónicos.

Láseres orgánicos nanoimpresos



Nanoletters **20**, 402 (2020)

UPM, IMDEA



npj Flexible electronics **3**, 17 (2019)

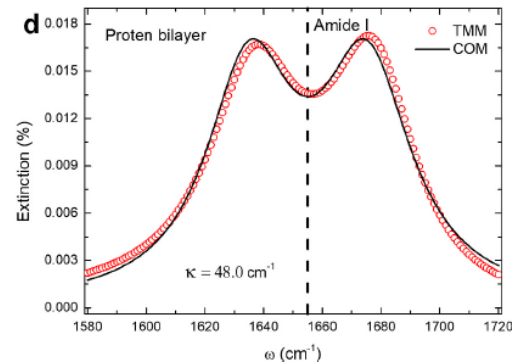
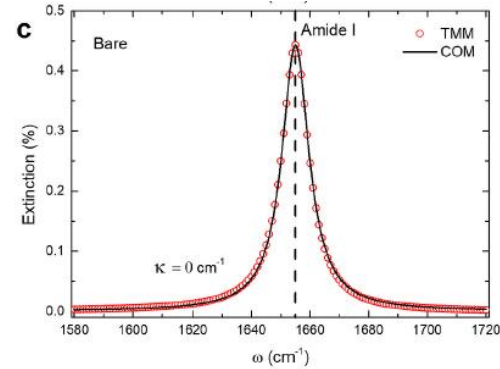
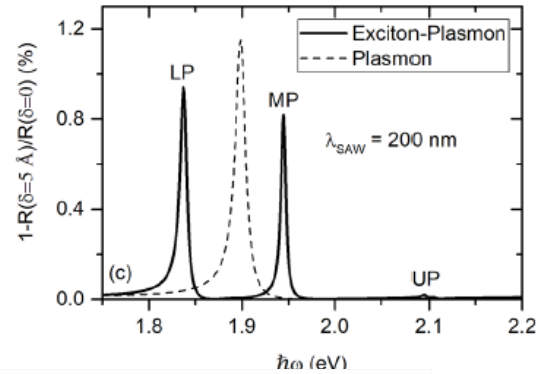


NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

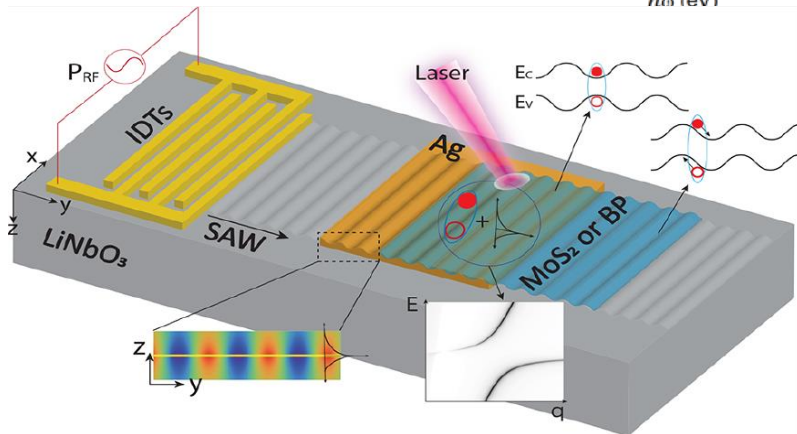
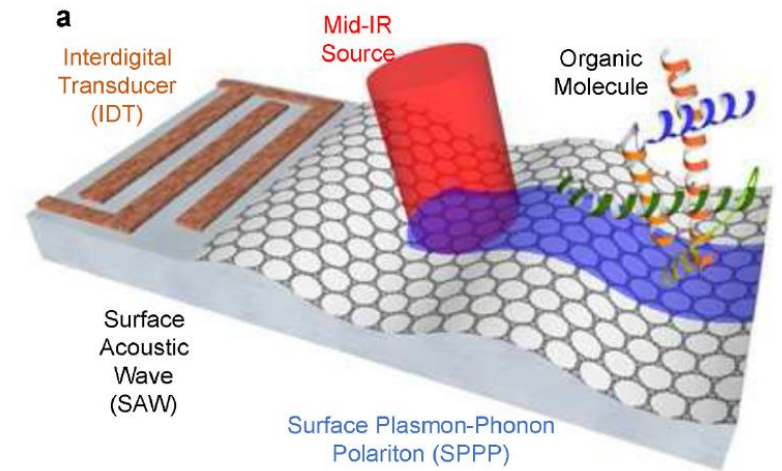
Objetivo 7: Nuevos Dispositivos. Funcionalización del grafeno y de otros compuestos 2D

Fabricación de estructuras verticales; Desarrollo de protocolos de fabricación de dispositivos: dispositivos piezoeléctricos, rectificadores y plasmónicos.

ACS Photonics **8**,
 1698 (2021)



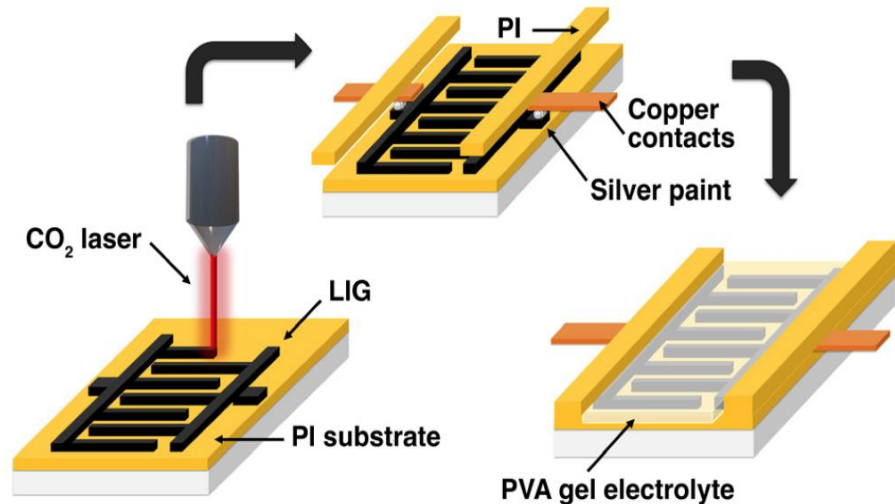
Biosensors & Bioelectronics **237**,
 115498 (2023)



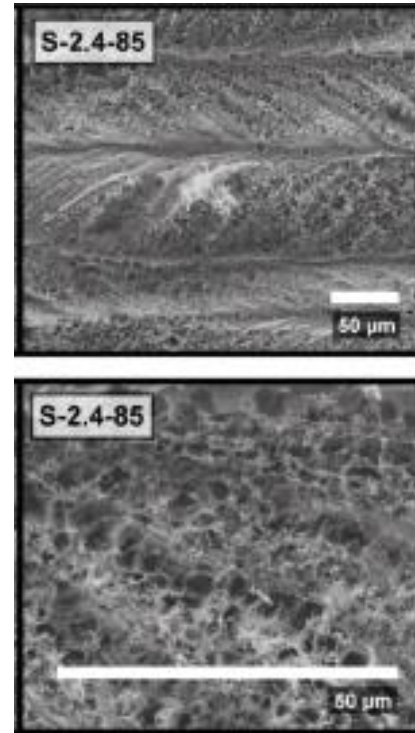
NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 8: Aplicaciones. Materiales Compuestos

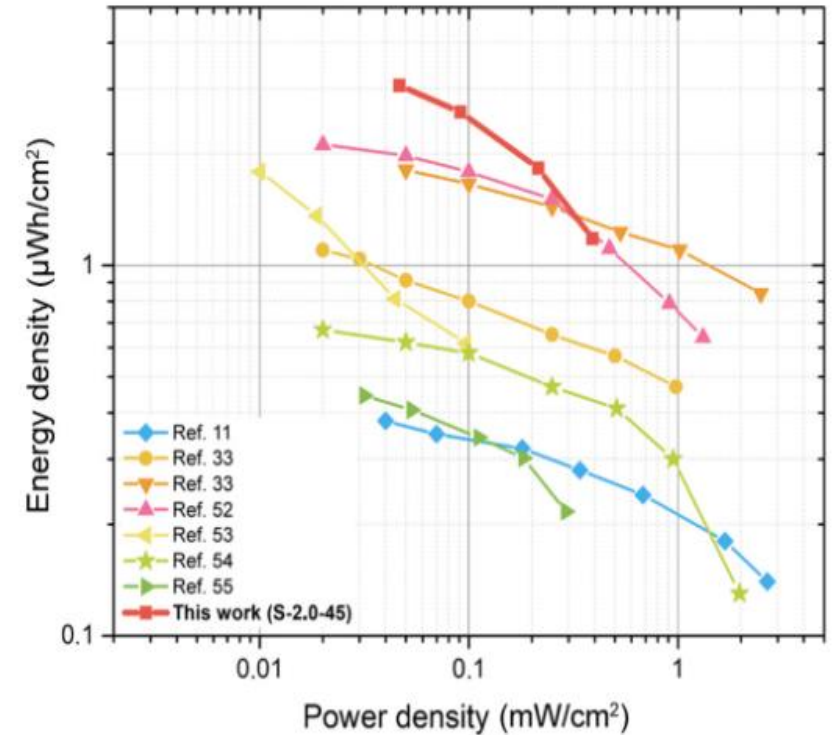
Implementación de un demostrador basado en materiales funcionales basadas en materiales 2D desarrollados a lo largo del proyecto.



Nanomaterials **13**, 788 (2023)



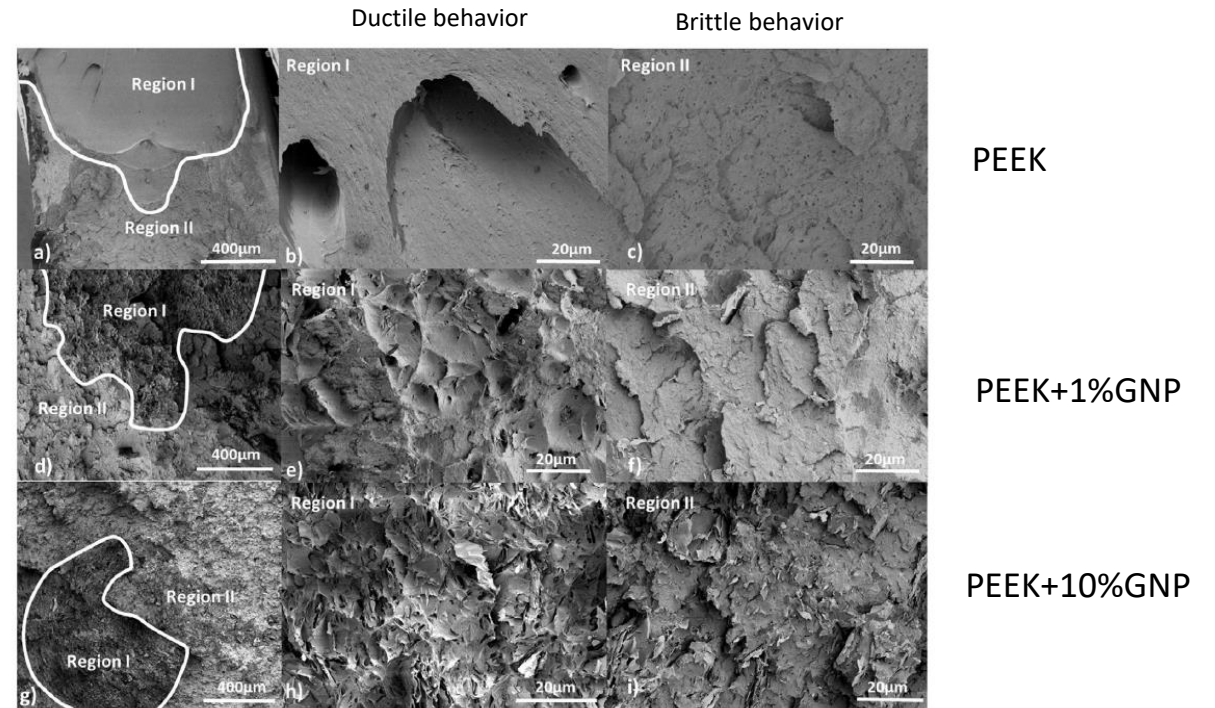
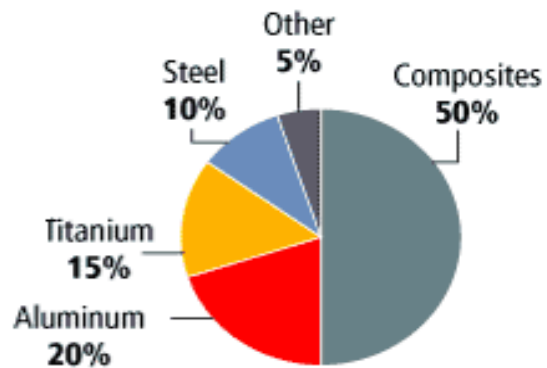
UPM



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Objetivo 8: Aplicaciones. Materiales Compuestos

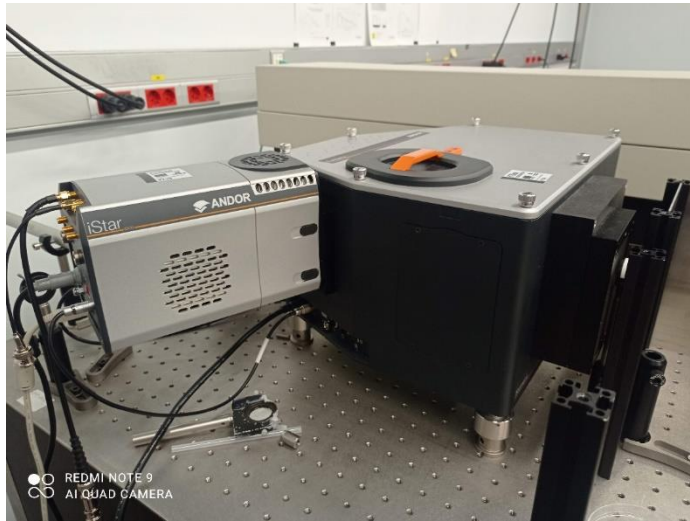
Implementación de un demostrador basado en materiales funcionales basadas en materiales 2D desarrollados a lo largo del proyecto.



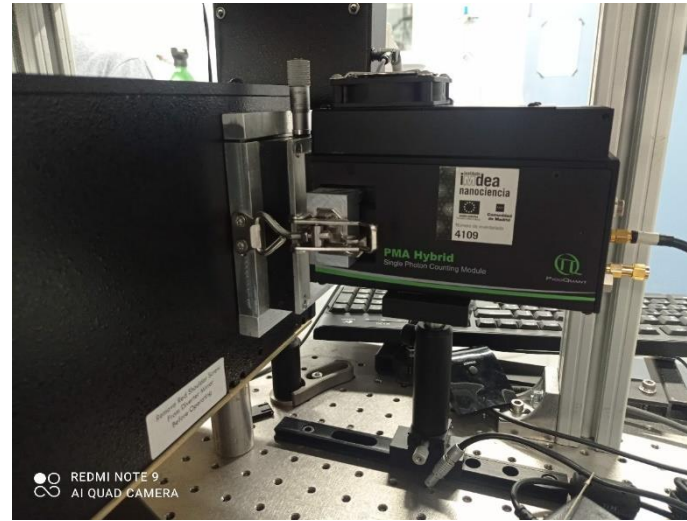
NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Adquisición de equipos de estado del arte

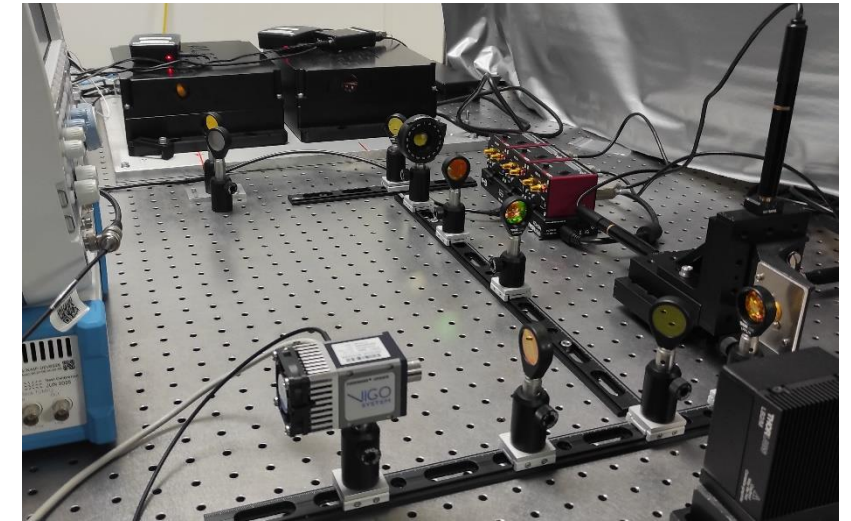
iCCD Star acoplado a un espectrometro Kymera (Andor)



Fotomultiplicador híbrido (Picoquant)



Sistema de espectroscopía con láseres de cascada cuántica



IMDEA, UPM



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Visión General de la Plataforma

Publicaciones

125 Artículos
Científicos

25 en
Colaboración

Congresos

153
Contribuciones

49 Charlas
Invitadas

43 Contrib. Orales

61 Pósters

Formación

24 Tesis
Defendidas

Organización,
impartición y
participación en cursos
y congresos

Negocio

> 4 M€ de
Convocatorias
Competitivas

Aprox. 1 M€ en
personal adicional

1 Patente



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Capital Humano:

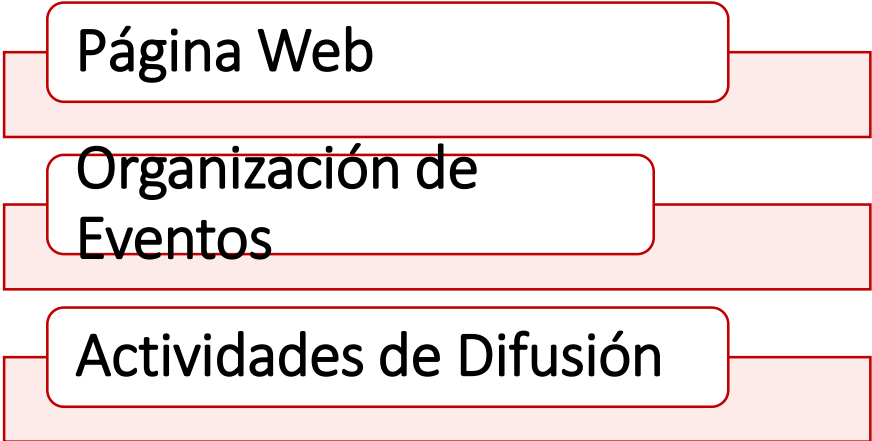
	Contratados	PM	Sin cargo	Totales
Investigadores Postdoctorales	7	53,3	12	19
Mujeres	2	5,5	4	6
Hombres	5	47,8	8	13
Investigadores Predoctorales	14	172,7	17	31
Mujeres	2	25,6	8	10
Hombres	12	147,1	9	21
Investigadores	-	-	21	21
Mujeres	-	-	14	14
Hombres	-	-	7	7
Gestor	1	43,5	-	1
TOTALES	22	269,5	50	72

72 participantes

Formación:

- 24 Tesis Doctorales Defendidas
- Másteres Oficiales de la UAM y UPM
- Organización y participación en cursos

Difusión de Servicios y Resultados



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Actividades de difusión a la comunidad científica



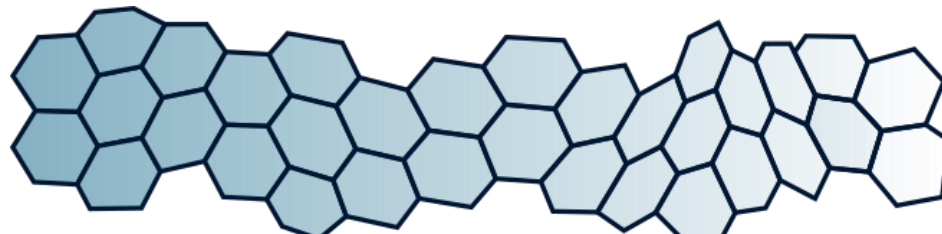
15th dec 2022
12th early stage researchers workshop in nanoscience

Logos: instituto imdea nanociencia, Net InterLab s.a., RSEQ, Comunidad de Madrid, Unión Europea.



23rd-24th jan 2023
1st IDEAL winter school
seminar series

Logos: instituto imdea nanociencia, ideal fellowship program, IMDEA Nanociencia Conference Hall.



New Trends in 2D materials



22nd-23rd June
 IMDEA Nanociencia Conference Room

SYMPOSIUM
Stories in the flatland
(with a twist in the end)

In honour of Professor FRANCISCO GUINEA

SPEAKERS

Eva Andrei Rutgers University	José González Carmona IEM-CSIC	Luis Martín-Moreno INMA-CSIC
Elena Bascones ICMM-CSIC	Irina Grigorieva University of Manchester	María Ángeles H. Vozmediano ICMM-CSIC
José M. Pereira Carmelo University of Minho	Mikhail Katsnelson Radboud University	Niels Walet University of Manchester
Antonio H. Castro Neto National University of Singapore NUS	Pilar López-Sancho ICMM-CSIC	

www.nanociencia.imdea.org

PacoFest

Logos: Nmat2D, Comunidad de Madrid, Unión Europea.



NMAT2D-CM - ¿Qué resultados hemos obtenido?

Actividades de difusión al público general

UNA ÚNICA EXPRESIÓN ANALÍTICA PARA EXPLICAR LOS MOIRÉS 1D EN GRAFENO

La metodología de trabajo en un grupo de investigación teórico a menudo implica discusiones frente a los datos para dilucidar cuál es la historia que la naturaleza está tratando de contarnos. En cierta ocasión, se encontraban los investigadores Paco Guinea, Pierre Pantaleón y Andreas Sinner discutiendo sobre el grafeno bicapa. Cuando sometían el grafeno bicapa a tensión, su zona de Brillouin (la celda unitaria en el espacio de momento) se distorsionaba y, finalmente, colapsaba en una dirección. Esta distorsión en el punto de colapso provocó en ese momento un error en el programa de visualización, sugiriendo la presencia de algún tipo de singularidad.

mascarados que describen ahora. E del Instituto Avanzados en Nanociencia) con fenómeno naturales, y que tiene cuando dos red ángulo de torsión

La contribución de los investigadores de Villena para cuantificar la llazgo de solución querida para 1D. Sorprende es bellamente: solo dos variables y el módulo de específica del material llevaron a obtener matemática para no, y esta fórmula sobre su origen

La física de Villena publicado en *Phys Rev X* 10.1103/PhysRevX.12.041038 es nueva pero

FERIA madridesciencia

 fundación para el
conocimiento
madrid



**Bienal
Ciudad
y Ciencia** 21-26
de febrero
2023



CONFERENCIAS

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante #UAdivulga

SUV
SEDE UNIVERSITARIA DE VILLENA

VILLENA EN LA FRONTERA DEL CONOCIMIENTO

Conferencias en las que científicos de nuestra ciudad nos explican de manera divulgativa las investigaciones que están realizando en campos de la frontera del conocimiento

1ª Conferencia: jueves, 17 febrero 2022
"La física de lo "pequeño". Estudiando materiales en el nanomundo"
José Ángel Silva Guillén
Investigador (IMDEA Nanociencia)

2ª Conferencia: viernes, 18 marzo 2022
"Los bichitos de los saleros de Villena que revolucionarán la industria y la biomedicina"
Rosa María Martínez Espinosa
Catedrática de Bioquímica y Biología Molecular (Universidad de Alicante)

3ª Conferencia: viernes, 20 mayo 2022
"Qué es la Inteligencia Artificial y por qué debería importarte"
David Tomás Díaz
Profesor de Lenguajes y Sistemas Informáticos (Universidad de Alicante)

4ª Conferencia: jueves, 9 junio 2022
"¿Quién le pone el nombre a las plantas? La taxonomía vegetal en el siglo XXI"
María Ángeles Alonso Vargas
Profesora Titular de Botánica (Universidad de Alicante)

Villena, Casa de la Cultura, 19:00
Aforo adaptado a las medidas de prevención de la COVID 19

Información
Sede Universitaria de Villena (C/ La Tercia nº 12)
Tel.: 600948699 e-mail: sede.villena@ua.es
web.ua.es/es/seus/villena

NMAT2D-CM – ¿Cómo hemos continuado?

1. Moirés y superredes

Colaboraciones en curso con:
 Manchester U., CNRS, CNR, U. Bath.

2. Metamateriales y redes artificiales

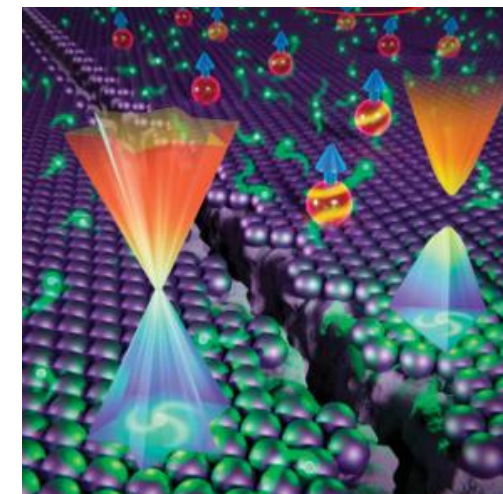
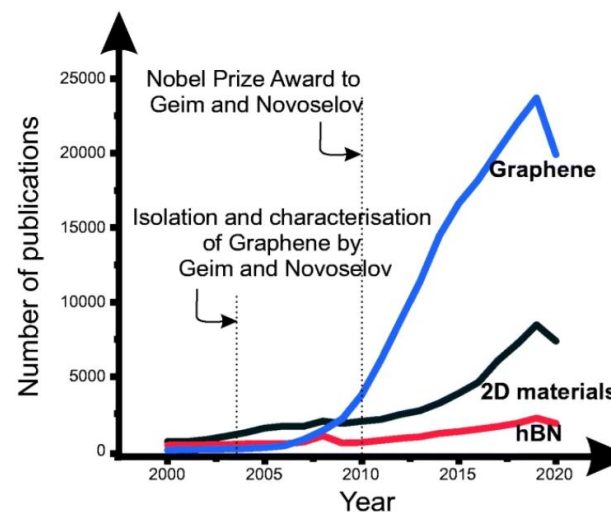
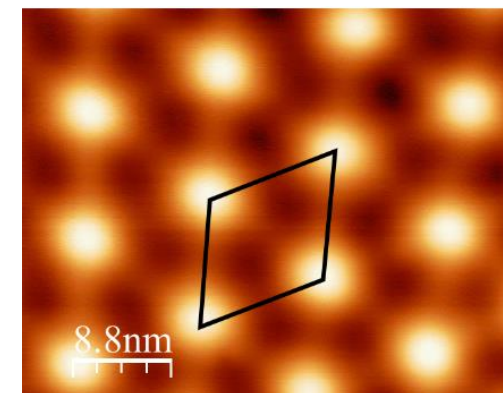
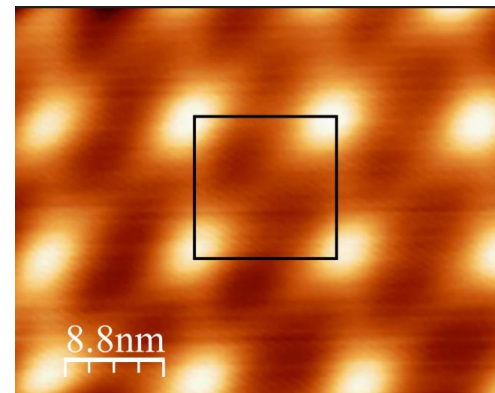
Colaboraciones en curso:
 U. Pennsylvania, U. Florida, U. Wuhan, Beijing Normal U., ICFO, National U. Singapore.

3. Nuevos dispositivos

Colaboraciones en curso:
 Centro español de metrología, U. Florida, Weizmann Institute.

4. Hacia nuevos materiales cuánticos

Colaboraciones en curso:
 U. Columbia, DIPC





**Comunidad
de Madrid**

Dirección General
de Investigación
e Innovación Tecnológica

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y UNIVERSIDADES

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en su futuro

