



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



Unión Europea



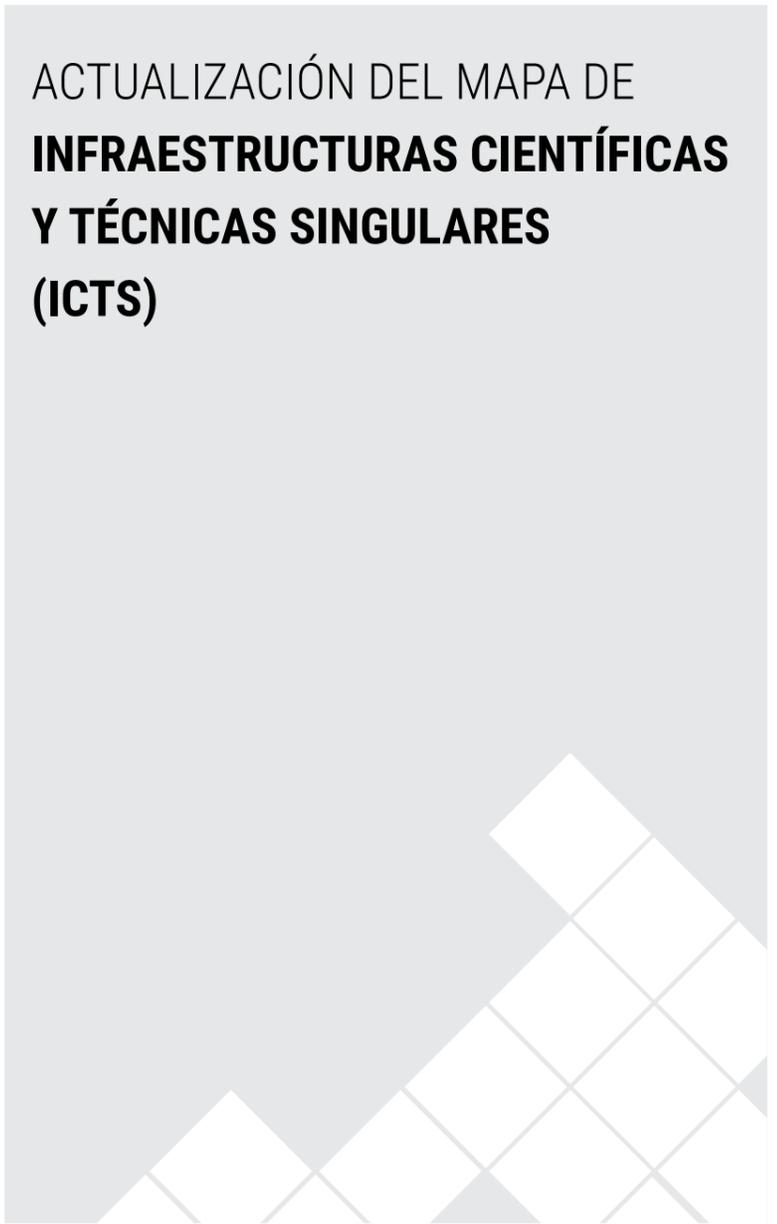
# ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE **INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES (ICTS)**



Infraestructuras  
Científicas y Técnicas  
Singulares

Una manera de hacer Europa

ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE  
**INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS  
Y TÉCNICAS SINGULARES  
(ICTS)**





## PRÓLOGO

En 1986 España daba un paso fundamental al aprobar la primera Ley de la Ciencia de su historia. Era un tiempo de apertura en el que España firmaba su adhesión a la Unión Europea, ilusionando a la sociedad en general y a la comunidad investigadora en particular. Fruto de la ilusión y el trabajo de muchas personas durante aquella época surgieron las bases de lo que hoy es el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación. En las más de tres décadas que han transcurrido desde entonces, el número de investigadores se ha multiplicado, la producción científica se ha disparado, se han formado centros de investigación muy competitivos y han surgido empresas capaces de afrontar desafíos tecnológicos de primer orden en muchos ámbitos.

Estos logros han ido de la mano de la construcción de los instrumentos necesarios para hacer ciencia de primer nivel. De ahí la existencia de este Mapa de Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS), compuesto por supercomputadores, telescopios, salas blan-

cas, tecnologías biomédicas, laboratorios subterráneos, sincrotrones, aceleradores de partículas, láseres avanzados, reservas biológicas, plataformas solares, oceánicas o hidráulicas, buques oceanográficos, o las bases polares en la Antártida. Un total de 29 ICTS, que aglutinan 62 infraestructuras, que permiten abordar proyectos de investigación ambiciosos y, en consecuencia, captar talento y aumentar la capacidad tecnológica e innovadora de las empresas españolas.

La aprobación del actual Mapa se produjo en la reunión del Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación, órgano de coordinación general de la investigación científica y técnica en España del que forman parte 10 ministerios con competencias en I+D+I y las Comunidades Autónomas, celebrada el 6 de noviembre de 2018. En el Mapa están contempladas las principales infraestructuras de la ciencia y la innovación españolas.

El fomento de la ciencia y de la innovación es el mejor motor del crecimiento econó-

mico sostenible y, por tanto, del bienestar social a largo plazo. España tiene que invertir más en investigación e innovación, así como facilitar la labor de los investigadores. También hay que seguir invirtiendo en estas instalaciones clave y aumentando nuestra participación en las grandes infraestructuras científicas y tecnológicas mundiales. Solo con una apuesta decidida nos podremos consolidar como un país de conocimiento e innovación capaz de afrontar el futuro con garantías.

Las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares expuestas en este libro son cruciales para la España científica, tecnológica e innovadora. Les animo a dar un paseo por las páginas de este libro y descubran unas instalaciones de vanguardia que representan las capacidades científicas y tecnológicas que existen hoy en España. No se arrepentirán.



## PRESENTACIÓN

La gran calidad de los trabajos científicos y tecnológicos que se generan en nuestro país es la razón principal por la que se puede afirmar que España es un país de investigación, desarrollo e innovación. Para que esto haya sido así, y siga siéndolo, es fundamental disponer de infraestructuras que proporcionen a la comunidad investigadora la posibilidad de acceder a tecnología puntera que facilite el camino a la investigación de vanguardia.

En este sentido, nuestro país cuenta con las denominadas Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS) organizadas en lo que se conoce como Mapa de ICTS. El acceso a estas infraestructuras permite utilizar una tecnología puntera, adquirir una formación altamente especializada, atraer talento científico y tecnológico e impulsar la I+D+I, tanto en el ámbito público como en el empresarial.

Todo ello imprescindible para la evolución de nuestra sociedad. Desde su primera constitución como Mapa de ICTS, estas infraestructuras han demostrado ser un activo fundamental en el sistema de I+D+I español ya que proporcionan un tipo de tecnología que, por sus dimensiones, coste económico, localización y/o singularidad, no puede estar disponible en todos y cada uno de los centros de investigación de nuestro país.

El Mapa de ICTS recoge instalaciones científicas y tecnológicas, únicas en su género y con un coste de inversión, mantenimiento y operación elevado que la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas sostienen conjuntamente en un ejercicio de corresponsabilidad pública, con el objetivo de evitar duplicidades, potenciar las capacidades de las ICTS e impulsar su aprovechamiento

industrial. Este Mapa se actualiza periódicamente mediante una evaluación por expertos que tienen en cuenta criterios de máxima calidad científica, tecnológica y de innovación.

Les invito a disfrutar de este libro que recoge el resultado de la última actualización del Mapa. Estas páginas no solo contienen una información abreviada de cada ICTS sino que se ilustran algunos de los resultados obtenidos con las mismas remarcando su trascendencia para el avance del conocimiento y los beneficios reportados a la sociedad.

**RAFAEL RODRIGO MONTERO**

Secretario General de Coordinación de Política Científica

**MAPA DE ICTS**

PAG.8-9



**INTRODUCCIÓN**

PAG.10-17



**ICTS DE LOCALIZACIÓN ÚNICA**

PAG.18-41



**RED DE ICTS**

PAG.42-67



**ICTS DISTRIBUIDAS**

PAG.68-107



**REFERENCIAS**

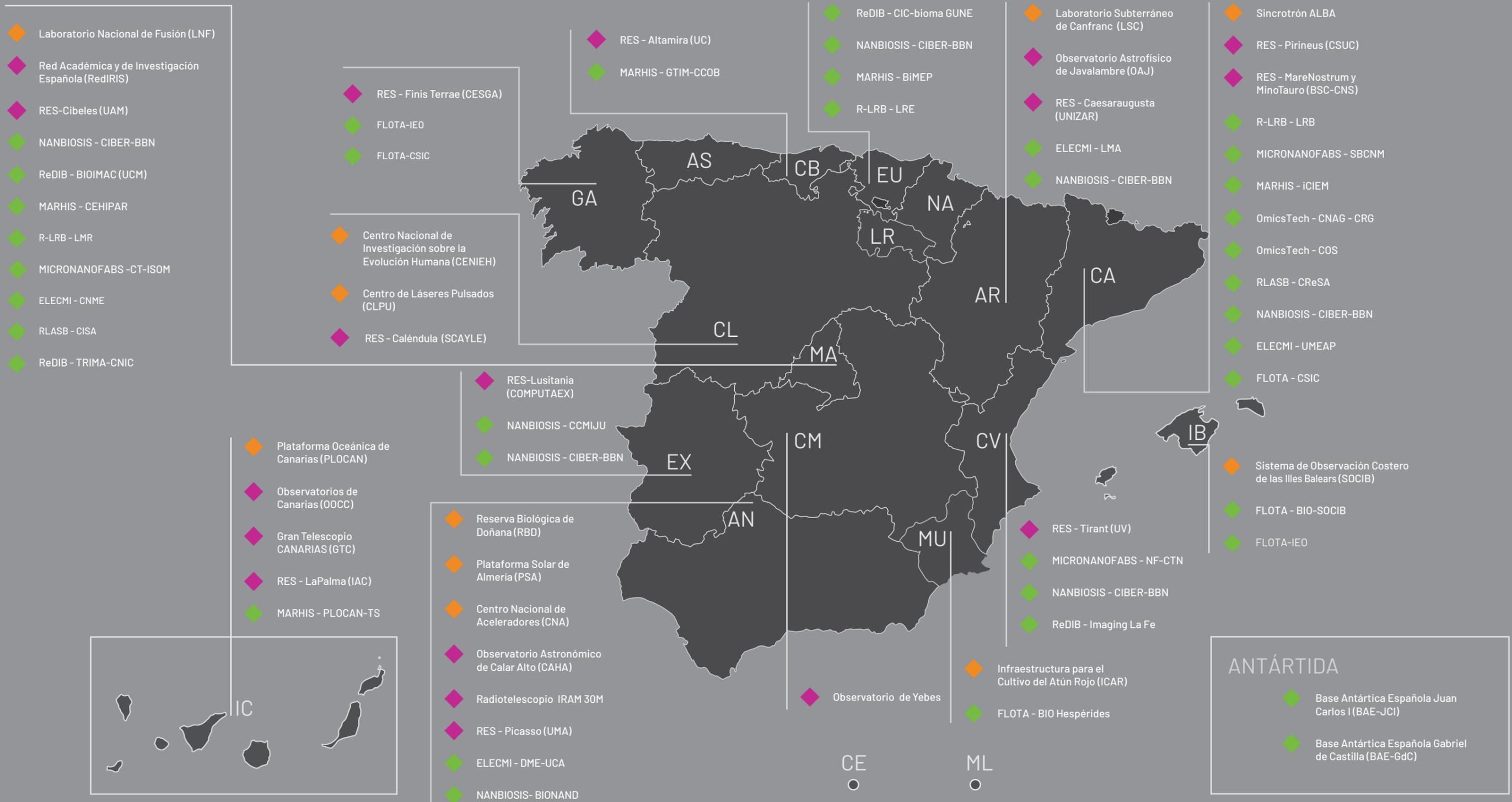
PAG.108-111



# ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES (ICTS)

## ESTRUCTURA ICTS

- ◆ ICTS CON LOCALIZACIÓN ÚNICA
- ◆ RED DE ICTS
- ◆ ICTS DISTRIBUIDAS





@UTM\_CSIC

## INTRODUCCIÓN



# INTRODUCCIÓN

El término Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS) hace referencia a infraestructuras punteras de I+D+i que, individualmente o coordinando varias instalaciones, prestan servicios para desarrollar investigación de vanguardia y de máxima calidad, así como para la transmisión, intercambio y preservación del conocimiento, la transferencia de tecnología y el fomento de la innovación. El fin último es la puesta a disposición de la comunidad científica, tecnológica e industrial, nacional e internacional, de infraestructuras científico-técnicas de vanguardia, indispensables para el desarrollo de una investigación científica y tecnológica competitiva y de calidad, entendiendo por tales aquellos medios técnicos que son únicos o excepcionales en su género, con un coste de inversión y/o mantenimiento y operación muy elevado y cuya importancia y carácter estratégico justifica su disponibilidad para todo el colectivo de I+D+i.

Las ICTS poseen tres características fundamentales:

- son **infraestructuras de titularidad pública**, es decir, pertenecen o son gestionadas por entidades públicas, ya sea dependientes de la Administración General del Estado y/o de las Comunidades Autónomas. De cualquier forma, están financiadas mayoritariamente con dinero público.
- **son singulares**, lo que significa que son únicas en su especie, pudiendo ser:
  - Grandes equipamientos que permitan observar, analizar e interpretar fenómenos de interés.
  - Infraestructuras complejas de experimentación destinadas a crear, reproducir y estudiar fenómenos físicos, químicos, o biológicos de interés.
  - Grandes infraestructuras de experimentación para la ingeniería y para el desarrollo de nuevas tecnologías de aplicación en diversos campos.
  - Infraestructuras necesarias para facilitar el acceso de los científicos a entornos naturales que ofrecen y presentan características únicas para la investigación.

- Tecnologías avanzadas que prestan un apoyo horizontal y fundamental en todas las disciplinas de la ciencia y la tecnología.

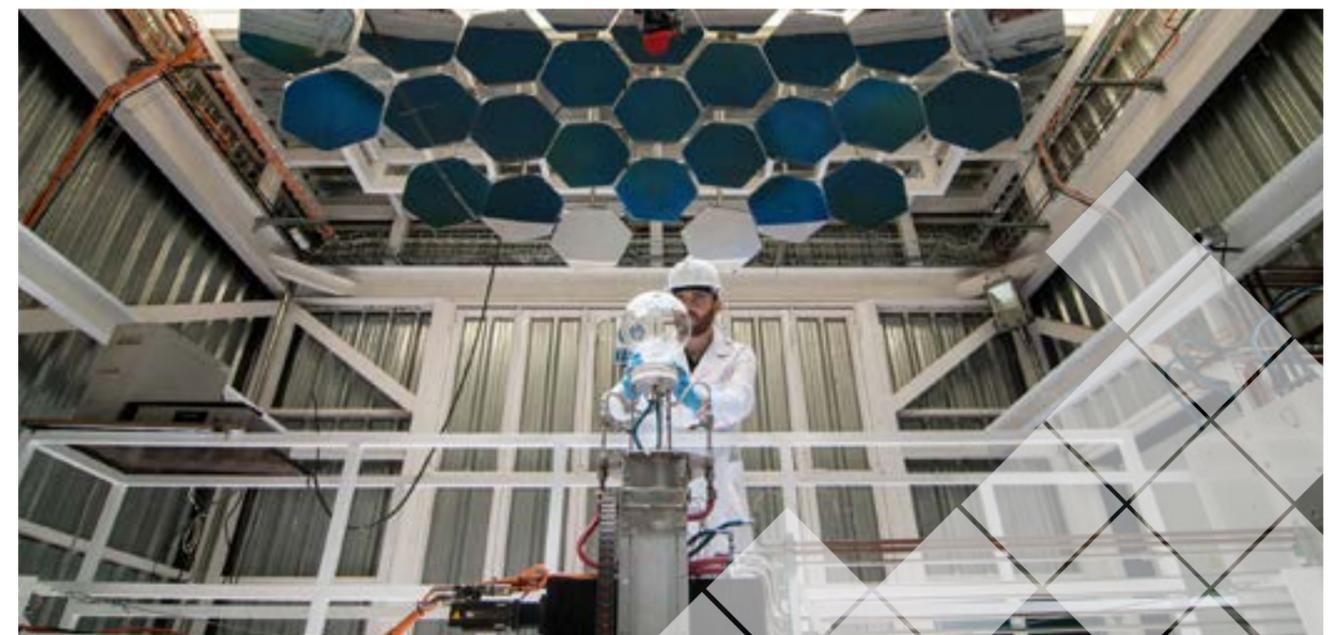
- **están abiertas al acceso competitivo** de usuarios de toda la comunidad investigadora, procedentes tanto del sector público como del sector privado.

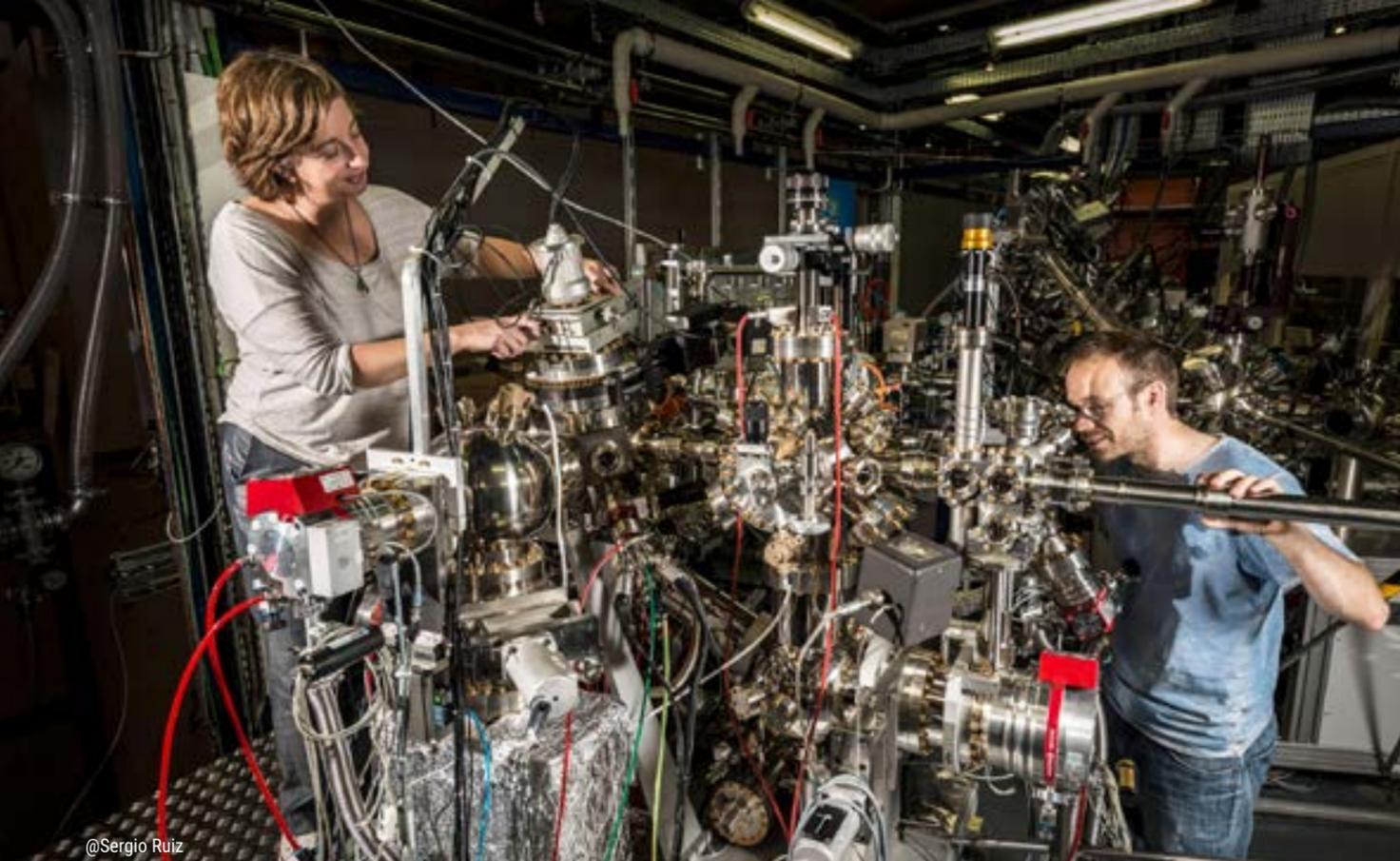
Las ICTS están distribuidas por todo el territorio nacional y quedan recogidas en lo que se denomina el **«Mapa Nacional de Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS)»** (en adelante Mapa de ICTS). El primero se acordó en la III Conferencia de Presidentes, celebrada el 11 de enero de 2007, y fue elaborado con la participación de las Comunidades Autónomas. Desde entonces, periódicamente se realiza una revisión y evaluación de dicho mapa, cuya actualización parte del mandato establecido en la «Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020» aprobada por el Consejo de Ministros el 1 de febrero de 2013. En 2014 se aprobó una actualización que estuvo vigente hasta el **6 de noviembre de 2018, fecha en la que el Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación (CPCTI) aprobó el actual, compuesto por 29 ICTS que aglutinan un total de 62 infraestructuras.**

## CONTEXTO NACIONAL

Existe una clara relación entre la capacidad de generación de conocimiento y de innovación de un país y su competitividad y desarrollo económico-social. Por ello, las políticas de ciencia, tecnología e innovación constituyen un elemento fundamental en el desarrollo de las sociedades modernas. Al igual que todos los países de su entorno, el Gobierno del Reino de España planifica dichas políticas de forma periódica. No en vano, en el Artículo 149.1.15 de nuestra Constitución, se recoge el fomento y coordinación general de la investigación científica y técnica como una de las competencias exclusivas del Estado.

La **«Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020»**, es el marco estratégico de referencia para el conjunto del país en materia de investigación, tecnología e innovación y considera que el despliegue del «Mapa de ICTS» es clave para el desarrollo territorial del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación junto a su integración en el Espacio Europeo de Investigación. La investigación científica y técnica de excelencia ha de apoyarse en una red avanzada de infraestructuras y equipamiento científico-técnico, y disponer de acceso a infraestructuras de





@Sergio Ruiz

primer nivel internacional, como es el caso de las ICTS. El acceso a las infraestructuras científicas y tecnológicas avanzadas es uno de los activos más importantes para mantener el liderazgo en investigación, aumentar la capacidad formativa especializada en actividades de I+D+i y captar talento.

Las líneas generales de la política científica que se recogen en la estrategia mencionada anteriormente se concretan en los planes estatales. Así, el **«Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación»** para los años 2017-2020 contempla el uso coherente de seis mecanismos de articulación, que hacen referencia a la adopción de principios de gestión y de instrumentos que obren una acción coordinada en las actuaciones de las Administraciones Públicas. El primero de ellos llama a la corresponsabilidad de todas las Administraciones Públicas en la consecución de los objetivos y el compromiso con los ejes prioritarios establecidos, incluyendo la puesta en marcha de instrumentos de programación conjunta y de cofinanciación que auspicien el desarrollo y la consolidación de

las capacidades del Sistema y el liderazgo científico, tecnológico y empresarial de sus agentes, sin olvidar la cofinanciación de las ICTS en base a escenarios coherentes con el nivel de evolución científico y tecnológico de las mismas y las posibilidades de endeudamiento establecidas.

#### CONTEXTO EUROPEO E INTERNACIONAL

Otros elementos de referencia para la actualización del Mapa de ICTS provienen del contexto europeo, en particular del vigente Programa Marco de Investigación e Innovación 2014-2020 (**HORIZONTE 2020**), la Hoja de Ruta europea de «ESFRI» (siglas en inglés del «Foro Estratégico Europeo sobre Infraestructuras de Investigación»), y el actual período de programación 2014-2020 de Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

El Programa Marco de I+D+i de la UE H2020 incluye, dentro del pilar «Ciencia excelente», las acciones de apoyo a las infraestructuras científicas, con el objetivo de reforzar y extender la excelencia científica europea y consolidar el Espacio Europeo de Investi-

gación (ERA, *European Research Area*) para que el sistema de ciencia de la UE sea más competitivo a escala global. Los objetivos generales que, con relación a las infraestructuras de investigación, H2020 pretende alcanzar son: (i) Optimizar el uso y desarrollo de las infraestructuras científicas europeas; (ii) Fomentar su potencial humano y de innovación; y (iii) Reforzar la coherencia de las políticas nacionales y europea en materia de Infraestructuras.

Una de las novedades del H2020 ha sido el reforzamiento del papel de la evaluación *ex ante*. Esta evaluación es uno de los requisitos para recibir fondos europeos y realmente es una planificación previa y exhaustiva de las actividades en las que, cada uno de los Estados Miembros, prevé invertir dichos fondos. La actualización del Mapa de las ICTS ha sido la herramienta empleada para dar cumplimiento a la evaluación *ex ante* relacionada con la prioridad de inversión del **Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)** «Mejora de las infraestructuras de investigación e innovación (I+I) y de la capacidad para desarrollar excelencia en mate-

ria de I+I y fomento de centros de competencia, en especial los de interés europeo». A su vez, se ha coordinado también con las Estrategias Regionales de Especialización Inteligente (RIS3) de las Comunidades Autónomas, que son instrumentos para ayudar a las regiones a plantear y alcanzar elecciones óptimas para su prosperidad. Con todo ello se ha conseguido que las actuaciones de inversión y mejora en las infraestructuras del Mapa de ICTS sean susceptibles de cofinanciación con FEDER durante el período de programación 2014-2020.

Asimismo, las ICTS están alineadas con la Hoja de Ruta de Infraestructuras Europeas de Investigación (ESFRI, *European Strategy Forum on Research Infrastructures*) y con otros planes estratégicos internacionales de ámbito específico, incluyendo los de las agendas de las Plataformas Tecnológicas Conjuntas (JTI; *Joint Technology Initiatives*), Iniciativas Programáticas Conjuntas (JPI, *Joint Programming Initiatives*), etc. De esta forma se promueve y asegura la competitividad científica y tecnológica de las infraestructuras españolas en el escenario internacional y, en particular, de las ICTS.

#### CONFIGURACIÓN DEL MAPA DE ICTS

El Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación (CPCTI), constituido el

18 de septiembre de 2012, es el órgano de coordinación general de la investigación científica y técnica de España, formado por representantes del Gobierno y de las Comunidades Autónomas. Una de sus funciones ha sido la aprobación de la actualización del Mapa de ICTS 2017-2020, persiguiendo los siguientes objetivos:

- **Consolidar el Mapa de ICTS** como herramienta de planificación y desarrollo a largo plazo de este tipo de infraestructuras, actualizándolo de acuerdo con los criterios establecidos, con énfasis en la calidad y sostenibilidad científico-técnica y económica, priorizando la continuidad de las instalaciones en funcionamiento y de aquellas otras que cuenten con escenarios viables de financiación por parte del Estado y la Comunidad Autónoma correspondiente, e implementándolo conjuntamente por parte de las entidades y administraciones implicadas.
- **Planificar de forma óptima la aplicación**, en apoyo de las ICTS, de financiación nacional, autonómica y europea, procurando la consecución de un marco estable de financiación a medio plazo que garantice la consecución de sus objetivos.
- **Establecer las bases para impulsar la consecución a medio plazo de los siguientes objetivos:**

- Facilitar el acceso de los usuarios del sector público y privado a las ICTS y optimizar su uso mediante mecanismos de acceso abierto competitivo, públicos y transparentes, fomentando una mayor apertura de las ICTS a usuarios de la comunidad científica y tecnológica internacional.
- Impulsar la innovación, la transferencia de tecnología y la participación e inversión del sector privado en las ICTS, a través de la Compra Pública Innovadora, la Industria de la Ciencia y el mecenazgo.
- Asegurar la competitividad científica y tecnológica de las infraestructuras españolas en el escenario internacional, y favorecer su internacionalización. En particular, se promoverá la vinculación de las ICTS con infraestructuras europeas.
- Supervisar el volumen, eficacia y calidad de los retornos a la sociedad de las ICTS, para mejorar el aprovechamiento de resultados y comunicar y divulgar a la sociedad los beneficios que de las ICTS se derivan.

De forma resumida, el proceso de renovación del Mapa de ICTS se inició con la definición de los objetivos y principios que debían cumplir las infraestructuras que participasen en la actualización del





mismo, realizada por el CPCTI. Asimismo, se estableció un procedimiento de actualización del Mapa y se constituyó el **Comité Asesor de Infraestructuras Singulares (CAIS)**, como Grupo de Trabajo de la Comisión Ejecutiva del CPCTI. Después de un minucioso proceso de análisis y evaluación de los Planes Estratégicos presentados por las infraestructuras candidatas, en el que participó la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) con intervención de expertos internacionales, el CAIS generó una propuesta de configuración del nuevo Mapa. Finalmente, el CPCTI aprobó el Mapa de las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS) el 6 de noviembre de 2018.

Las ICTS pueden ubicarse en una **única localización (infraestructuras con localización única)**, pueden formar parte de una **Red de Infraestructuras (RI)** o constituirse como una **Infraestructura Distribuida (ID)**, dependiendo del nivel de integración y coordinación de sus capacidades. Además, el Mapa de ICTS es dinámico y abier-

to, en el sentido de que las Infraestructuras incluidas en el Mapa actual deben continuar cumpliendo los requisitos exigidos para mantener su condición de ICTS y, por otra parte, está abierto a la incorporación de otras Infraestructuras, siempre y cuando demuestren el cumplimiento de dichos requisitos.

Los requisitos que debe cumplir una instalación para ser considerada una ICTS, en cualquiera de las modalidades mencionadas anteriormente, están formalmente definidos en el documento del CPCTI que acompaña la configuración del Mapa actual de ICTS. De forma resumida, dichos requisitos son los siguientes:

- **Carácter singular y estratégico.** La ICTS es una infraestructura singular, una herramienta experimental de vanguardia única en España por su contenido y sus prestaciones, abierta a todo el sistema de I+D+i de nuestro país, avanzada científica y tecnológicamente, imprescindible para realizar determinadas investigaciones y/o desarrollos tecnológicos.

- **Objetivos.** Tal como se ha mencionado anteriormente, deben estar alineados con los objetivos de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación, del Plan Estatal de I+D+i y de los correspondientes programas europeos e internacionales.

- **Inversión.** Comporta un coste de inversión en infraestructura científica y tecnológica elevado en su construcción, actualización y mejora (a partir de 10 millones de euros de inversión acumulada en activos tecnológicos), así como también en su mantenimiento y explotación.

- **Acceso abierto.** Las ICTS deben aplicar una política de acceso abierto competitivo a la comunidad científica, tecnológica, industrial y a las administraciones. Debe existir demanda demostrable y proporcionada de uso o acceso por parte de la comunidad nacional e internacional. Dicho acceso será evaluado y priorizado con criterios de excelencia y viabilidad científico-técnica.

- **Comité Asesor Científico-Técnico.** En general, salvo que la naturaleza específica de la infraestructura lo desaconseje, las actividades científico-tecnológicas y las estrategias de las ICTS deben estar asesoradas por un Comité Asesor Científico y Técnico de relevancia internacional.

- **Gestión.** La ICTS contará con esquemas de gestión apropiados, de acuerdo con sus características específicas, particularmente en lo relativo a las infraestructuras y servicios ofrecidos de manera competitiva y al apoyo a usuarios.

- **Plan Estratégico.** Las ICTS deberán contar con un Plan Estratégico cuatrienal revisado periódicamente, que establecerá los objetivos, estrategias y recursos.

- **Producción y Rendimiento.** La producción y el rendimiento de la ICTS debe ser proporcionada al coste y tamaño de la instalación. Cada ICTS deberá mantener un Registro de Actuaciones de I+D+i que incluya todos los accesos ofrecidos, proyectos y actividades realizadas, y los resultados de I+D+i alcanzados gracias al uso de la instalación (publicaciones, patentes, etc.).

El Mapa de ICTS abarca un amplio rango de campos temáticos, e incluso una misma

infraestructura puede, de forma transversal, dar servicios enmarcados en diferentes disciplinas científicas.

Desde un punto de vista organizativo en el Mapa de ICTS se han definido las siguientes áreas:

- Astronomía y Astrofísica
- Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra
- Ciencias de la Salud y Biotecnología
- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
- Energía
- Ingeniería
- Materiales
- Ciencias Sociales y Humanidades

Así es como se expusieron en la pasada edición del libro del Mapa de ICTS publicada en 2015 y como está organizado el listado de ICTS que el CAIS aprobó. En la presente edición se ha querido incorporar como novedad ejemplos concretos de resultados de investigación obtenidos con estas infraestructuras para ilustrar la importancia de disponer de ellas en nuestro país. Se pretende ilustrar con ello la transversalidad de las aplicaciones y servicios que ofrecen todas las ICTS. Los estudios realizados a diario en las mismas generan continuamente resultados en la frontera del conocimiento de todas las disciplinas científicas que, sin estas infraestructuras, no se podrían haber

obtenido o se hubiera conseguido con mucho más retraso, inversión y esfuerzo.

A la vista de este documento, se invita al lector a conocer el Mapa en vigor, con la seguridad de que se descubrirán aplicaciones científicas desconocidas que contribuirán a aumentar nuestra cultura científica. Asimismo, se invita a profundizar en este conocimiento acudiendo a los medios *online* en los que están presentes cada una de las ICTS (páginas web, redes sociales, etc.), indicados en sus correspondientes descripciones y que suministran información más exhaustiva tanto de las características técnicas de sus instalaciones, como sus aplicaciones y de sus procedimientos de acceso. Por otro lado, los números entre paréntesis que hay en algunos textos indican el número de la referencia que se podrá encontrar en un listado al final de este libro para aquel que quiera profundizar en los ejemplos prácticos recogidos en cada ICTS. Finalmente, se invita a toda la sociedad a visitar estas infraestructuras científicas que por su magnitud, situación y/o contenido, son únicas en nuestro territorio nacional.

**Secretaría General de Coordinación de Política Científica**  
**Subdirección General de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas**





@RBD\_DOÑANA

## ICTS DE LOCALIZACIÓN ÚNICA



## CENTRO NACIONAL DE ACELERADORES (CNA)



[www.cna.us.es](http://www.cna.us.es)

El Centro Nacional de Aceleradores (CNA) surge en 1998, convirtiéndose en el primer centro de investigación español con aceleradores de partículas. Se encuentra ubicado en el Parque Científico y Tecnológico Cartuja en Sevilla. Se trata de un centro mixto de la Universidad de Sevilla, Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), donde se desarrollan investigaciones multidisciplinares con aceleradores.

Para ello, pone a disposición de la comunidad científica nacional e internacional seis distintas instalaciones. Cuatro aceleradores diferentes: un acelerador de tipo Tándem van der Graaff de 3 MV para la aplicación de técnicas de análisis, con un servicio asociado de medidas mediante la aplicación de técnicas IBA (*Ion Beam Analysis*); un Tandetrón tipo Tandem Cockcroft-Walton de 1 MV para la aplicación de la técnica de espectrometría de masas con aceleradores (AMS); un nuevo sistema de datación llamado MiCaDaS (*MiniradioCarbon Dating System*) con el que reduce, abarata y simplifica el análisis de datación por  $^{14}\text{C}$ , servicio único en nuestro país; y un ciclotrón que proporciona protones de hasta 18 MeV con dos usos distintos, irradiación de materiales y producción de radioisótopos. Adicionalmente, se dispone de un escáner PET/CT para humanos, que permite llevar a cabo estudios con radiofármacos de vida media corta que no se podrían realizar de otra manera

y un irradiador de  $^{60}\text{Co}$ , que actualmente es el más intenso a nivel nacional y uno de los más versátiles disponibles hoy en día.

Con todo el equipamiento mencionado anteriormente, el CNA puede realizar investigación en un amplísimo campo de aplicación, abarcando disciplinas como la biomedicina, las ciencias de los materiales, la farmacología, las ciencias ambientales y la física e instrumentación nuclear entre otras. Simplemente como ejemplo, recientemente, y usando la técnica de espectrometría de masas con aceleradores (AMS), se han caracterizado y determinado los radionúclidos  $^{238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  y  $^{239,240}\text{Pu}$  en una columna de agua de mar y en un testigo de sedimento del mar de Liguria, entre Niza y Córcega (Mediterráneo Occidental). Estos radionúclidos de la familia de los actínidos son esencialmente producidos por actividades humanas, antropogénicos, y su presencia en el medio ambiente en general se debe a los usos civiles y militares

de la energía nuclear. La novedad de este trabajo reside en que se ha desarrollado una metodología original para abordar la medida de esos núclidos en muestras muy pequeñas y con sensibilidades del orden de decenas de millones de átomos, inalcanzables mediante otras técnicas de análisis. Además, por primera vez, se han medido simultáneamente esos radionúclidos en agua de mar y sedimentos procedentes de la misma estación, lo que permitirá obtener información única sobre los ciclos bio-geoquímicos implicados en su distribución en el Mediterráneo. En España, solamente el CNA tiene los aceleradores, los procedimientos de preparación de muestras y el personal especializado, para conseguir esta sensibilidad de detección extremadamente alta (un átomo de los elementos actínidos, entre  $10^{20}$  átomos de otros tipos), y muy pocos a nivel internacional tienen esta capacidad(1).





## CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN HUMANA (CENIEH)



www.cenieh.es

El Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH) nace en 2004 como un consorcio público cofinanciado a partes iguales por la Administración General del Estado y por la Comunidad de Castilla y León. Desde 2009 sus instalaciones se encuentran en uno de los edificios que componen el Complejo de la Evolución Humana, en la ciudad de Burgos. El CENIEH facilita la realización de investigaciones en el ámbito de la Evolución Humana durante el Plioceno y Pleistoceno, promoviendo la sensibilización y transferencia de conocimientos a la sociedad e impulsando y apoyando la realización y colaboración en excavaciones de yacimientos de estos periodos, tanto en España como en otras partes del mundo.

El CENIEH es también responsable de la conservación, restauración, gestión y registro de las colecciones paleontológicas y arqueológicas procedentes de las excavaciones de Atapuerca y otros yacimientos, tanto nacionales como internacionales. Se estructura actualmente en tres programas de investigación: Arqueología, Geocronología y Geología y Paleobiología.

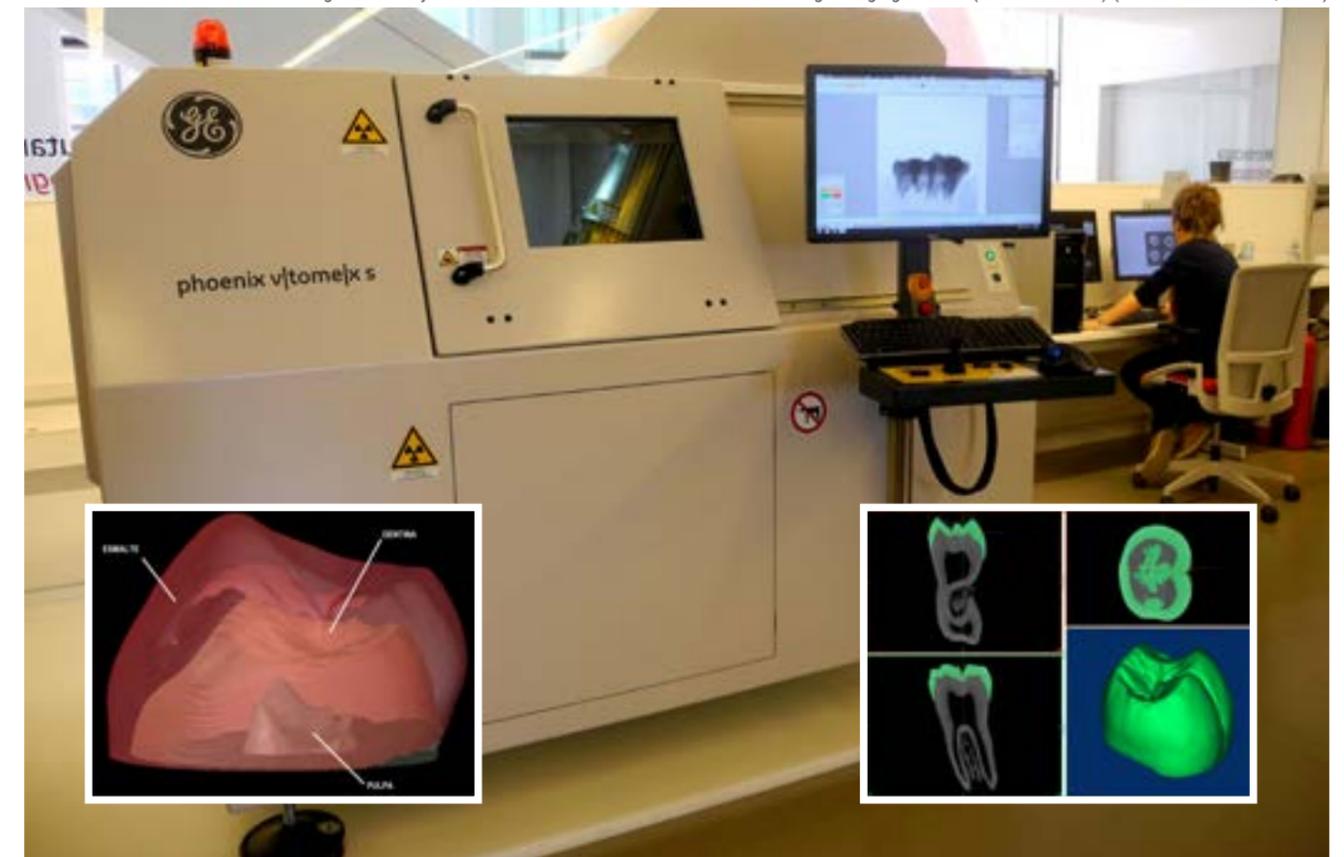
Desde su puesta en funcionamiento, han sido muchos los estudios en los que se han utilizado las instalaciones de esta ICTS y cuyos resultados han ayudado a desvelar cuestiones importantes en la evolución humana. Así, ha sido esencial la datación en el CENIEH por los métodos de Paleomagnetismo y de Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) de las herramientas y huesos de yacimientos en Ain Boucherit (Argelia), para cambiar nuestra concepción y conocimiento de la emergencia de la cultura humana y de la evolución de los primeros *Homo* en el

continente africano. El estudio de estos hallazgos ha supuesto un impacto global sobre el conocimiento de las primeras etapas de la evolución humana en África y en el mundo. Antes de este descubrimiento se sabía muy poco sobre las primeras ocupaciones de los homínidos y sus actividades en el norte de África. Estos resultados han demostrado que los primeros homínidos fabricaban herramientas líticas en África Septentrional hace 2,4 millones de años, de manera casi contemporánea con los primeros utensilios líticos conocidos en el África Oriental, que datan de hace 2,6 millones de años(2).

Por otra parte, la aplicación de la Microtomografía Computarizada en el ámbito de la Antropología Dental evidencia nuevas variables con un alto potencial taxonómico y filogenético y que, en el caso de los dientes humanos hallados en el yacimiento de la Gran Dolina-TD6 de la Sierra de Atapuerca, revelan un buen número de caracteres pri-

mitivos compartidos con los miembros más antiguos del género *Homo*, pero también la existencia de rasgos derivados que aparecen en poblaciones posteriores, como las de la Sima de los Huesos(Atapuerca) y los neandertales. Esta técnica ha permitido extraer virtualmente las piezas dentales que permanecían ocultas dentro de los huesos maxilar y mandibular, pudiendo describirse con gran detalle la morfología externa e interna de los dientes de *Homo Antecesor* de un modo no invasivo, con cortes histológicos virtuales y reconstrucciones tridimensionales de gran resolución. La interpretación de estos resultados sugieren una colonización menos lineal del continente europeo donde, posiblemente, *Homo Antecesor* representaría una de las sucesivas oleadas migratorias que hace más de un millón de años se adentrarían en Europa desde el suroeste asiático, aportándose importante información sobre el origen del poblamiento europeo y las posibles interrelaciones entre grupos(3).

Imagen tomográfica de la corona de un molar (inferior izquierda) y la visualización de los diferentes tejidos dentales tras el proceso de segmentación y reconstrucción virtual mediante el software Visage Imaging Amira® (inferior derecha) (Martínez de Pinillos, 2017)





@Fernando de la Gándara

## INFRAESTRUCTURA PARA EL CULTIVO DEL ATÚN ROJO (ICAR)

La Infraestructura para el Cultivo del Atún Rojo (ICAR), está dedicada a estudiar la acuicultura y desarrollar técnicas para la reproducción del atún rojo, *Thunnus thynnus*, en cautiverio. Está gestionada por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y constituida por la Planta de Cultivos Marinos y la Instalación para el Control de la Reproducción del Atún Rojo del Atlántico (ICRA) ambos en Mazarrón, Murcia.

El crecimiento sostenible sólo puede lograrse a través de una producción eficiente de productos pesqueros de alto valor de una manera ambientalmente responsable. Uno de los objetivos de la Unión Europea (UE) para el año 2030 es duplicar la producción de la acuicultura. Europa está bien posicionada para lograr este objetivo en términos de experiencia, tecnologías y *know-how* en áreas que son cruciales para el avance de la bioeconomía marina. Este es un reto importante para la comunidad científica en acuicultura de la UE para seguir siendo líder mundial y un desafío para transferir la investigación de excelencia y contribuir a la innovación y el crecimiento industrial en esta área. El atún rojo es una especie emblemática que lleva alimentando a las poblaciones del mediterráneo desde hace milenios.

En los años 90 se desarrolló una actividad con esta especie que, siendo muy rentable, produjo una sobrepesca severa en los ban-

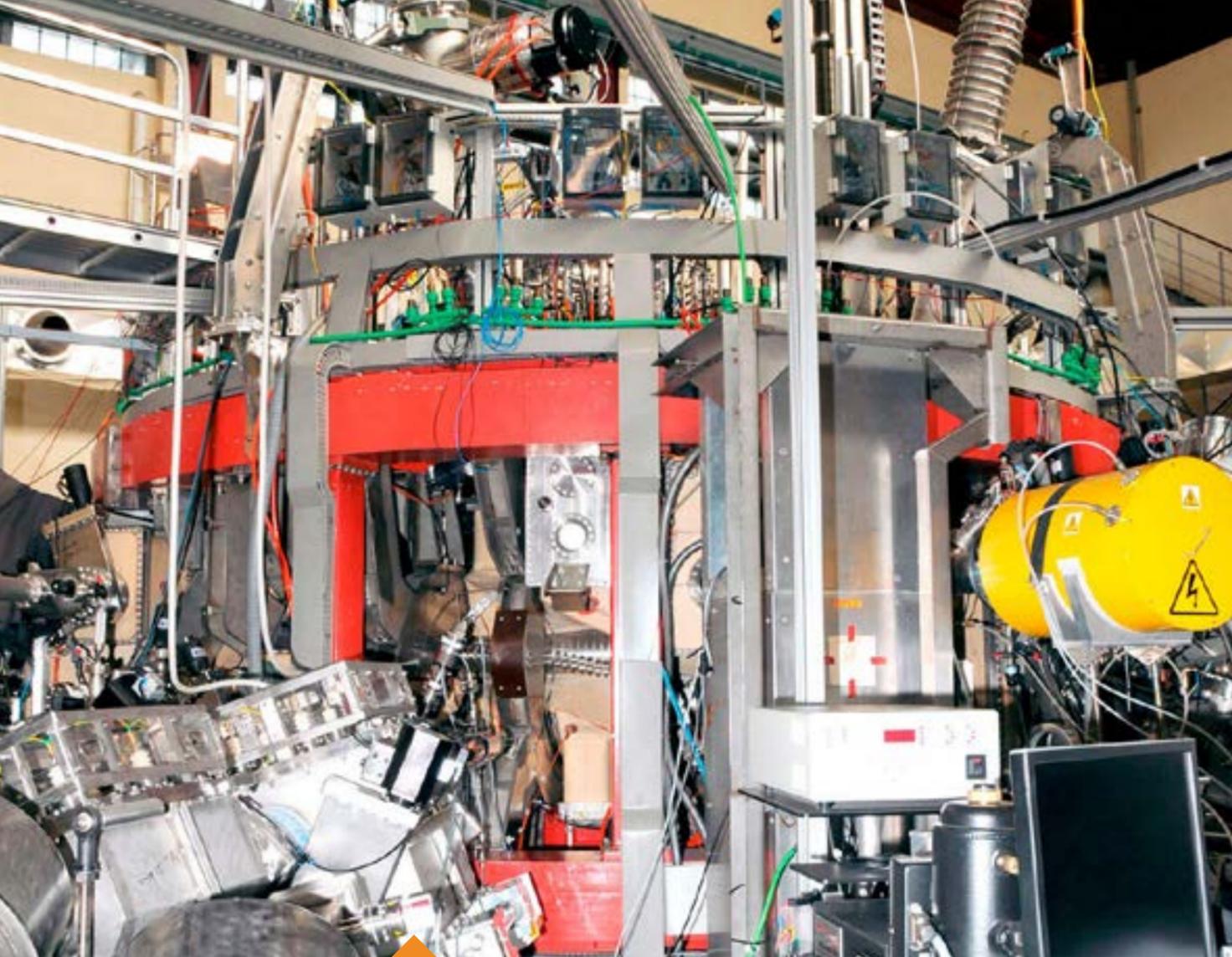
cos naturales llevándolos casi a su colapso. En el año 2007 se implementó un plan de recuperación de la especie con el establecimiento de límites tanto en la captura como en las tallas mínimas y en el periodo de pesca. Por tanto y para garantizar el abastecimiento de atún rojo en la cantidad y calidad que requiere un mercado cada vez más importante y selectivo, éste tiene que venir indefectiblemente de su producción mediante técnicas de acuicultura integral (tal y como ocurre hoy en día con otras especies como la dorada, la lubina o el rodaballo), lo que además redundará en que las poblaciones naturales recuperen la estructura que tenían hace cientos de años, de una forma más rápida. A largo plazo, la sostenibilidad potencial del consumo de atún rojo está asociada a los avances en la domesticación de esta especie.

En las instalaciones del ICAR, única en el mundo para la especie en cuestión, se

pueden desarrollar estudios de reproducción, incubación, cría de larvas y destete y preengorde de atún rojo. Además, estas instalaciones ofrecen la oportunidad de investigar en diferentes campos de interés en acuicultura como estudios de comportamiento, fisiología y estrés, bienestar, patología, nutrición y biología molecular. Todo ello necesario para contribuir a la producción sostenible de atún rojo del Atlántico a través de técnicas de acuicultura integradas de forma independiente de la pesca y para aumentar el conocimiento sobre su biología para su aplicación en una mejor gestión de sus pesquerías, lo que contribuye a su sostenibilidad.

Recuadro superior izquierdo: huevos de atún rojo. Recuadro inferior izquierdo: larvas de atún rojo 18 días después de la eclosión. @Fernando de la Gándara





La investigación en Fusión se articula internacionalmente en dos grandes líneas de actividad: por un lado el estudio de los plasmas confinados a alta temperatura, y, por otro lado, la tecnología necesaria para construir y operar los reactores de fusión: materiales, superconductores, generación de tritio, extracción de la energía, mantenimiento remoto, etc. En relación a la primera línea, el LNF contribuye con la instalación TJ-II, un dispositivo de confinamiento magnético del tipo «stellarator», de tamaño medio dentro del concierto mundial. En la naturaleza ocurre fusión nuclear en las estrellas, incluido el Sol, mediante la fusión de isótopos del hidrógeno, en el futuro esta reacción producirá una fuente de energía segura, inagotable y respetuosa con el medio ambiente. Alcanzar esta reacción en la Tierra requiere mantener el combustible en un reactor a más de 150 millones de grados, en estado de «plasma», lo que implica el uso de recipientes inmatrimales como el campo

magnético. A día de hoy se sabe que, para alcanzar rentabilidad energética, el reactor debe tener del orden de 1000 m<sup>3</sup>, lo que lo convierte en un desafío tecnológico formidable. Este volumen tan grande, en parte, es necesario por la turbulencia del plasma que degrada la eficiencia del reactor. TJ-II ha sido fundamental para llevar a cabo estudios para el control de la turbulencia, sus resultados permiten entender mejor la física de este fenómeno, que es clave para controlar la eficiencia del reactor. El control de la turbulencia permitirá tener en el futuro reactores que confinan mejor el combustible, pudiendo ser de menor tamaño y menor coste, ésto contribuirá al establecimiento de la Fusión como fuente de energía.

En cuanto a la segunda línea, el LNF trabaja en estudios de materiales, sistemas de regeneración de tritio (*Breeding Blankets*) y es uno de los principales impulsores de la candidatura de Granada para albergar la instala-

ción IFMIF-DONES para irradiación de materiales ya que ha tenido una participación muy importante en el desarrollo del acelerador y en la ingeniería de integración. Tanto IFMIF DONES, como otras instalaciones que está desarrollando el LNF, como el sistema de triple haz para irradiación de muestras, tienen la limitación de que hay que trabajar con muestras muy pequeñas, en el caso del triple haz de dimensiones micrométricas, la medida de propiedades mecánicas en estas muestras y su extrapolación a tamaños macroscópicos constituye un gran reto. El LNF está actualmente desarrollando técnicas de preparación de lamelas en aceros de interés para fusión mediante la técnica de haz focalizado de iones (FIB) para analizar la microestructura mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) de la zona irradiada con iones de baja energía. La ventaja añadida frente a métodos clásicos es la posibilidad de seleccionar el área de interés para el posterior estudio de la microestructura.

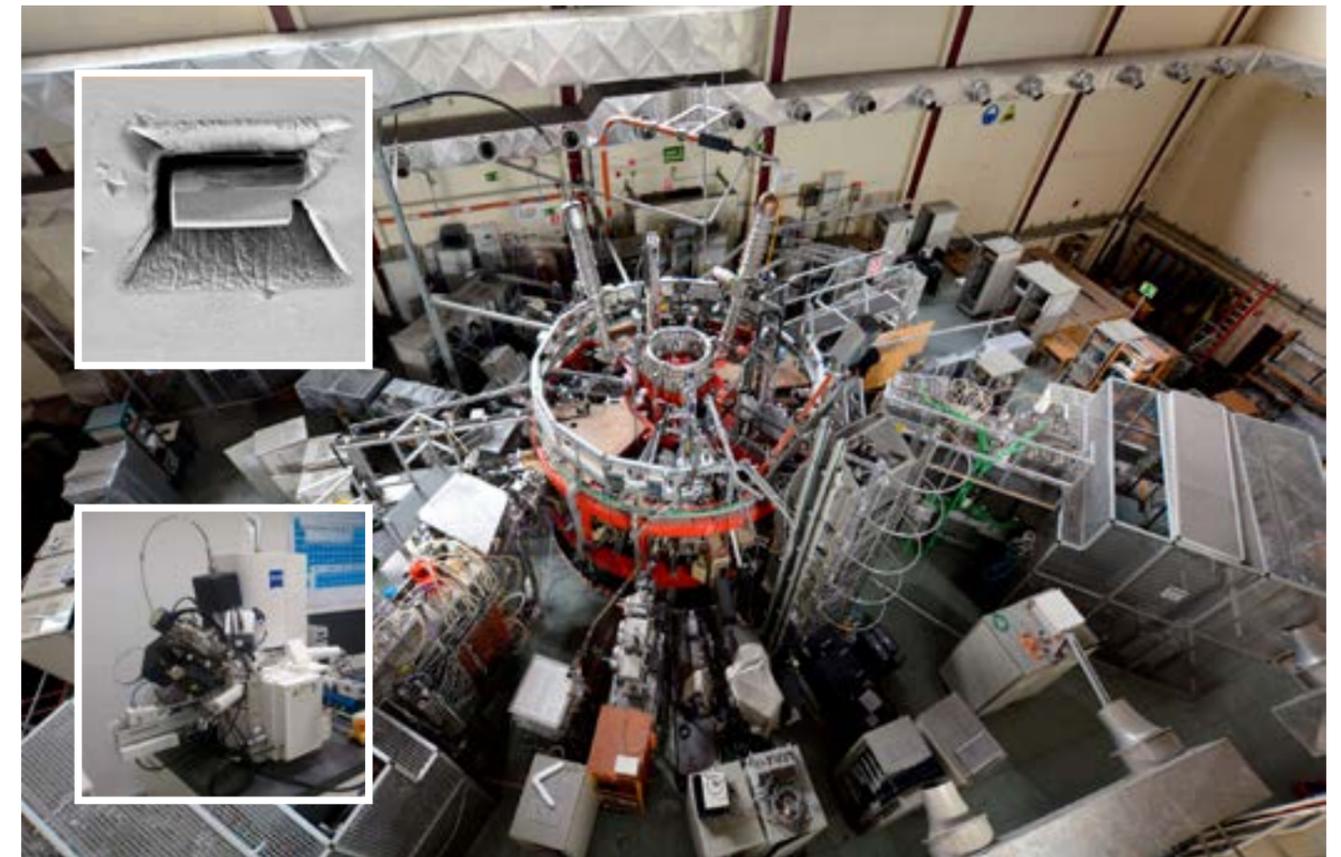
## LABORATORIO NACIONAL DE FUSIÓN (LNF)

El LNF se encuadra en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Organismo Público de Investigación perteneciente a la Administración General del Estado. Está situado en Madrid y el inicio de su actividad lo marcó el arranque del experimento TJ-II, en 1998. El LNF centraliza en España la investigación en fusión, liderando la participación española en el proyecto internacional ITER (primer dispositivo de fusión que producirá ganancia energética y probará las tecnologías para los reactores comerciales) y ha sido una pieza esencial para conseguir la localización de la Agencia Europea F4E en España. Asimismo ha asumido desde el inicio la participación española en el acuerdo «Broader Approach», firmado entre la Unión Europea y Japón, así como en los proyectos incluidos en la hoja de ruta ESFRI (IFMIF-DONES) y el Programa Europeo de Fusión («EUROFUSION»)

[www-fusion.ciemat.es](http://www-fusion.ciemat.es)



En recuadros inferior y superior izquierda: fabricación de lamelas TEM a escala micrométrica de materiales con interés para fusión.





@javierlarrea.com

## LABORATORIO SUBTERRÁNEO DE CANFRANC (LSC)



[www.lsc-canfranc.es](http://www.lsc-canfranc.es)

Es la única instalación subterránea que hay en España, el segundo laboratorio subterráneo europeo por su extensión y características. Está gestionado por un consorcio público cofinanciado por la Administración General del Estado, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza. Desde 1986, aprovechando el emplazamiento del túnel de ferrocarril de Canfranc, en el Pirineo oscense, aloja experimentos de búsqueda de la materia oscura y de la naturaleza y propiedades del neutrino. La ICTS se sitúa a una profundidad de unos 800 m por debajo de la cumbre pirenaica de El Tobazo, entre los túneles ferroviario y carretero del Somport. Dicha profundidad elimina la mayor parte de la radiación cósmica presente en la superficie terrestre y permite desarrollar experimentos que, por su sensibilidad, requieren un bajo fondo de radiación. La ICTS comenzó su actividad plena en 2010 y desarrolla los servicios de caracterización de materiales mediante medidas de radioactividad para aplicaciones



científicas o tecnológico-industriales así como estudios de geofísica y biología subterránea.

En relación a la física de partículas, destaca el proyecto NEXT que se está realizando en las instalaciones del LSC. Es un proyecto líder mundial que estudia la naturaleza de los neutrinos buscando un tipo inusual de desintegración llamado desintegración doble beta sin liberación de neutrinos. Si se observa, implicaría que el neutrino es su propia antipartícula, lo que a su vez implicaría un nuevo mecanismo de dar masa a las partículas elementales, además del campo de Higgs daría

una pista fundamental para explicar por qué el Universo contiene un exceso de materia sobre antimateria. El proceso que se pretende descubrir es muy poco probable, con una vida media en la vecindad de los  $10^{27}$  años, lo que requiere un detector que contenga entre cientos de kilogramos y toneladas de material activo. No hay ningún experimento en la actualidad que sea capaz de llegar a estas masas con la resolución en energía o ruido de fondo que requieren la detección.

Las instalaciones del LSC minimizan el ruido de fondo radioactivo en un ambiente controlado de aire libre de Radón y protegido de la

radiación gamma exterior con un doble castillo de plomo y de los muones cósmicos por la montaña que rodea al laboratorio. El detector NEW de NEXT mide la desintegración doble beta del  $^{136}\text{Xe}$ , esencial para demostrar el potencial final de la novedosa técnica utilizada. El experimento es capaz de medir la energía liberada en la desintegración y simultáneamente reconstruir la trayectoria de los dos electrones generados, una característica única para distinguir este fenómeno del ruido de fondo que generan los contaminantes radioactivos presentes en los materiales de construcción y en el ambiente que rodea al experimento (4).





@RBD\_DOÑANA

## RESERVA BIOLÓGICA DE DOÑANA (RBD)

[www.ebd.csic.es/icts-donana](http://www.ebd.csic.es/icts-donana)



La Reserva Biológica de Doñana (RBD), situada en el suroeste de la Península Ibérica y creada en 1964 por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), es gestionada por la Estación Biológica de Doñana (EBD), instituto de investigación perteneciente al CSIC. El Área protegida de Doñana, también denominada Espacio Natural de Doñana (END), con 128.737,7 hectáreas incluye el Parque Nacional, zonas de especial protección y el Parque Natural de Doñana. En ambos espacios existe una explotación regulada de sus recursos naturales (silvícola, pesca y ganadería principalmente). La Reserva Biológica forma parte del Parque Nacional y consta de dos áreas protegidas, la Reserva Biológica de Doñana, con 6.794 hectáreas, y la Reserva Biológica de Guadimar, con 3.214 hectáreas.

Doñana es uno de los espacios naturales protegidos con un historial de datos de seguimiento ecológico a largo plazo más amplio de todos los que conforman el territorio europeo. La ICTS-RBD a través del programa de seguimiento dispone de bases de datos físicos y biológicos obtenidos de los ecosistemas que han sido sistemática y continuamente registrados durante los últimos 30 años. El programa incluye seguimiento ecológico a escala de paisaje, de fauna, limnología, macroinvertebrados acuáticos, mariposas flora y vegetación etc., así como la inclusión de la dimensión humana en aproximaciones socio-ecológicas para analizar los motores de cambio en los ecosistemas y en los servicios que proveen. Es de destacar el seguimiento automatizado de diferentes

variables fisiológicas, tanto a escala de individuo como de comunidad, del sabinar (*Juniperus phoenicea ssp turbinata*). Todo esto ha sido posible gracias a la instalación de una red de sensores alimentada por paneles fotovoltaicos y disponibles *online* en continuo a través del portal de la ICTS-RBD. Los ejemplares de sabinas seleccionados fueron monitorizados con sensores de flujo de savia, dendrómetros en las ramas, sensores de humedad y temperatura en hojas y también en suelo a distintas profundidades, permitiendo medir como esta comunidad contribuye a la fijación de CO<sub>2</sub>.

El seguimiento y la investigación ecológica a largo plazo (LTER - Long Term Ecological Research) en Doñana, incluida den-

tro de la red internacionalILTER, es una oportunidad sin precedentes que proporciona acceso a la comunidad científica a series temporales coherentes de datos que se toman con protocolos metodológicos armonizados a escala internacional. A los parámetros que se comenzaron a tomar fundamentalmente en aves, con el paso de los años, se le han ido añadiendo multitud de otros datos de interés que representan un valor muy especial para la toma de decisiones en la gestión de este espacio protegido, en su comprensión, en la predicción de situaciones de emergencia, en la obtención de herramientas para mitigar los efectos del cambio global, etc. (5).



@RBD\_DOÑANA



@Sergio Ruiz

## SINCROTRÓN ALBA

El Sincrotrón ALBA es un complejo de aceleradores de electrones destinado a producir luz de sincrotrón con la que visualizar la estructura y propiedades de la materia, especialmente a escala nanométrica. Está situado en Cerdanyola del Vallès (Barcelona) en el Parc de l'ALBA. Es un consorcio público y cofinanciado a partes iguales por la Administración General del Estado y la *Generalitat de Catalunya*. Su construcción comenzó en 2006, se inauguró en 2010 y entró en funcionamiento con usuarios oficiales a mediados de 2012.



[www.albasynchrotron.es](http://www.albasynchrotron.es)

ALBA es una fuente de luz de sincrotrón de tercera generación equiparable a las últimas construidas en Europa. El complejo de aceleradores está compuesto por un acelerador lineal, que se utiliza para acelerar los electrones hasta 100 MeV; un sincrotrón propulsor, donde los electrones son acelerados hasta 3 GeV; y un anillo de almacenamiento donde se genera la luz de sincrotrón y se emite a las diferentes estaciones experimentales. Cada año el Sincrotrón ALBA genera unas 6.000 horas de luz y da servicio a más de 2.000 investigadores, tanto de la comunidad académica como del sector industrial. ALBA dispone actualmente de ocho líneas de luz operativas que se destinan principalmente a biociencias, magnetismo y ciencia de los materiales. Hay cuatro líneas más en fase de diseño o construcción que entrarán en operación a partir de 2020.

Desde su puesta en marcha, el Sincrotrón ALBA ha contribuido a desvelar cuestiones

científicas en una gran variedad de disciplinas. Desde cómo fabricar cementos más resistentes, controlar las propiedades magnéticas de materiales avanzados o probar la efectividad de nuevos métodos para la degradación de contaminantes. En el campo de la biomedicina, cabe destacar que, gracias a la luz de sincrotrón, se han podido desvelar detalles no conocidos hasta el momento sobre cómo actúa el parásito de la malaria.

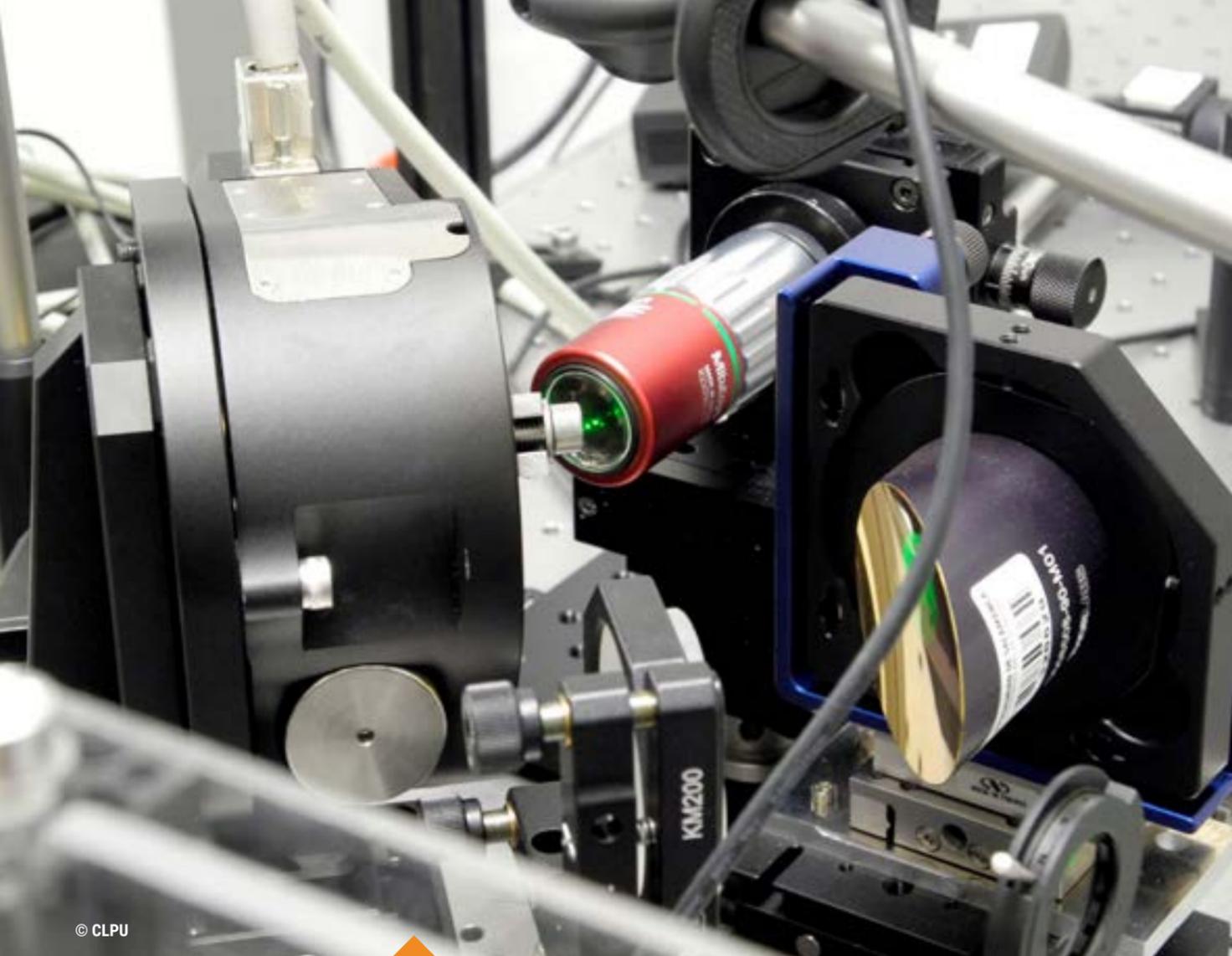
La malaria se transmite a través de la picadura de mosquitos infectados que provoca la llegada a la sangre del parásito y la consecuente infección de los glóbulos rojos de la víctima. Una vez dentro, el parásito usa la hemoglobina, contenida en los glóbulos rojos, como nutriente y, en ese proceso, genera unos residuos tóxicos para él pero consigue evitarlos agrupándolos en cristales. Con ayuda del Sincrotrón ALBA, por primera vez, se ha podido calcular la velocidad de este proceso de cristalización

y se ha propuesto un nuevo modelo para explicar cómo funciona (6). Esta hazaña ha sido posible gracias a la combinación de dos modernas técnicas de microscopía: la de fluorescencia de rayos X y la tomografía de rayos X, esta última llevada a cabo en el Sincrotrón ALBA y disponible únicamente en 3 sincrotrones más en todo el mundo.

La malaria se cobra más de 400.000 vidas cada año. Actualmente las resistencias que aparecen después de un uso continuado de un cierto fármaco antimalárico ponen en evidencia la necesidad de nuevos medicamentos que sean eficaces. El conocimiento generado gracias a la utilización del Sincrotrón ALBA facilitará el desarrollo de nuevos fármacos que consigan frenar la enfermedad atacando el mecanismo por el cual el parásito causante de la misma evita el obstáculo que podría limitar su proliferación.



@Sergio Ruiz



© CLPU

## SISTEMAS LÁSER DEL CENTRO DE LÁSERES PULSADOS (CLPU)

El Centro de Láseres Pulsados (CLPU) es una infraestructura dedicada a la investigación y al desarrollo de tecnología de láseres pulсados ultraintensos. Está situado en el Parque Científico de la Universidad de Salamanca (Campus de Villamayor), gestionado por un consorcio público constituido en 2007 y cofinanciado por la Administración General del Estado, la Comunidad de Castilla y León y la Universidad de Salamanca.

www.clpu.es



En este centro se aloja VEGA, un sistema láser de Titanio: zafiro con tecnología CPA (Chirped Pulsed Amplification) capaz de operar con una duración de pulso de 30 femtosegundos y alcanzar una potencia pico de un petavatio. La arquitectura de VEGA es única a nivel mundial y está compuesta de tres fases perfectamente sincronizadas, ya que comparten el mismo sistema de generación de pulsos: VEGA1 y VEGA2 (20 y 200 teravatios respectivamente, ambos a 10 disparos por segundo) y VEGA3 (1 petavatio a 1 disparo por segundo). Los tres sistemas están operativos, y constituyen los láseres más potentes de España; siendo VEGA-3, a nivel mundial, uno de los tres equipamientos láser de petavatio operativos con más alta tasa de repetición. Además, la instalación cuenta con otros láseres CPA de mayor frecuencia de repetición y con un láser de tan solo 6 femtosegundos de duración estabilizado en fase.

Gracias al diseño tan versátil del sistema láser, la lista de potenciales aplicaciones es muy amplia alcanzando disciplinas situadas en la vanguardia de la Ciencia. Entre otras, se puede citar la medición y control de procesos elementales de la naturaleza a escalas de tiempo de attosegundos, el desarrollo de nuevas fuentes de luz, la producción de nanopartículas y nanosuperficies, el micromecanizado de todo tipo de materiales para la industria, el desarrollo de técnicas de microcirugía, la visualización de moléculas y tejidos biológicos, la aceleración de electrones e iones, la generación de rayos X y una serie de aplicaciones novedosas, en física de plasmas, en física nuclear (como la protonterapia láser) y en física de partículas (vacío cuántico).

La obtención de neutrones es uno de los campos más interesantes actualmente, para la comunidad nacional e internacional. Su generación, su análisis y sus múltiples apli-

caciones son campos en alza en esta área de investigación, ya que, al contrario que los fotones, cuanto mayor dureza tenga el material más capacidad de penetración alcanzan los neutrones. Aunque se han desarrollado diferentes métodos, la mayoría de ellos necesitan infraestructuras nucleares de gran tamaño y altamente costosas. Las fuentes de neutrones generadas por láser ofrecen, sin embargo, una alternativa viable y más eficiente (se logra direccionalidad al conseguir un haz de neutrones), más adaptable y menos costosa. Las características singulares del sistema láser de petavatio VEGA han permitido la obtención eficiente de un elevado número de neutrones, suficiente para que un haz compuesto por estas partículas pueda generar radiografías de alta resolución. Este nuevo método resultará clave para el estudio del estado de vida de algunos materiales como el hormigón, y por lo tanto se podrá tener un mayor control del estado real de infraestructuras de gran impacto social.



© CLPU



@Enrique Vidal Vijande/SOCIB

## SISTEMA DE OBSERVACIÓN COSTERO DE LAS ILLES BALEARS (SOCIB)

www.socib.es



El Sistema de Observación Costero de las Illes Balears (SOCIB) es una infraestructura gestionada por el consorcio SOCIB (cofinanciado a partes iguales por la Administración General del Estado y el Gobierno de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears). El SOCIB está ubicado en Palma (Mallorca), en fase operativa desde 2013. Las actividades del SOCIB se centran principalmente en el Mediterráneo Occidental, enfocado en las Islas Baleares y zonas adyacentes (Mar de Alborán, Mar Argelino, etc.). Debido a su posición estratégica, cercana al área de transición entre el Mediterráneo y el Atlántico, constituye uno de los «puntos calientes» de la biodiversidad mundial. De esta forma la infraestructura del SOCIB es capaz de dar respuesta a prioridades científicas, desarrollo tecnológico y necesidades de la sociedad, cerrándose así el ciclo del proceso de innovación.

El SOCIB tiene la misión de avanzar en el conocimiento del Mediterráneo en el contexto global de la investigación oceánica alrededor de tres temas esenciales: clima, salud del océano y servicios en tiempo real. Promueve un cambio de paradigma en la observación de los océanos, antes basados exclusivamente en grandes buques y, en la actualidad y de cara al futuro, basados en sistemas integrados multiplataforma. Contribuye así a dar respuesta a las necesidades de un amplio abanico de prioridades científicas, tecnológicas y estratégicas de la sociedad. Un ejemplo de ello es el servicio IBISAR. Este desarrollo ha sido posible gracias a la experiencia del SOCIB en el marco de la oceanografía operacional costera, proporcionando en régimen abierto y en tiempo real datos meteo-oceanográficos de una red compleja de plataformas de observación (como observaciones de corriente superficial de *drifters* y radares costeros de

alta frecuencia), servicios de predicción (como el pronóstico de corrientes) y el sistema informático de gestión y distribución de datos (datos interoperables y con controles de calidad siguiendo estándares internacionales), así como su amplio recorrido en la transferencia de conocimiento a la sociedad mediante el desarrollo de productos y servicios, y en la comunicación y la divulgación científica.

Los operadores de emergencias y salvamento marítimo requieren datos y predicciones fiables para optimizar las zonas de búsqueda y responder de forma eficiente a las emergencias marítimas. En este marco, la ICTS SOCIB coordina IBISAR, un servicio enmarcado en el Servicio Marino de Copernicus, que proporciona información en tiempo real sobre la predicción de corrientes más fiable en los mares regionales de Iberia-Vizcaya-Irlanda (región IBI, del inglés *Iberian-Biscay-Ireland*).

IBISAR cuenta además con la participación de otras instituciones públicas y privadas y con la colaboración de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), como principal usuario del servicio, y Puertos del Estado, como actor principal en la zona IBI del Servicio Marino de Copernicus.

IBISAR complementa las herramientas de ayuda en la toma de decisiones que utilizan los principales agentes públicos y privados responsables de las operaciones de salvamento y rescate, control de contaminación marina y gestión de tráfico marítimo. De esta manera, IBISAR ayuda a minimizar el tiempo de respuesta ante emergencias en el mar, optimizando la planificación del área de búsqueda y distribuyendo los recursos de forma más efectiva (7, 8).

En recuadro inferior izquierdo, comparativa de trayectorias de partículas simuladas con los campos de corriente del modelo IBI (en azul claro) frente a la trayectoria de un "drifter" o boya de deriva (en rojo) y CODE.





## PLATAFORMA OCEÁNICA DE CANARIAS (PLOCAN)



[www.plocan.eu](http://www.plocan.eu)

La Plataforma Oceánica de Canarias es una infraestructura gestionada por el Consorcio PLOCAN (cofinanciado a partes iguales por la Administración General del Estado y el Gobierno de la Comunidad Autónoma de Canarias). Su objetivo es permitir la realización de investigación, desarrollo tecnológico e innovación de vanguardia en el ámbito marino y marítimo. La infraestructura facilita el acceso y utilización eficiente del medio oceánico con las mayores garantías medioambientales y de sostenibilidad, suministrando laboratorios científicos, vehículos autónomos y, en general, capacidades y medios técnicos localizados en el entorno marino.

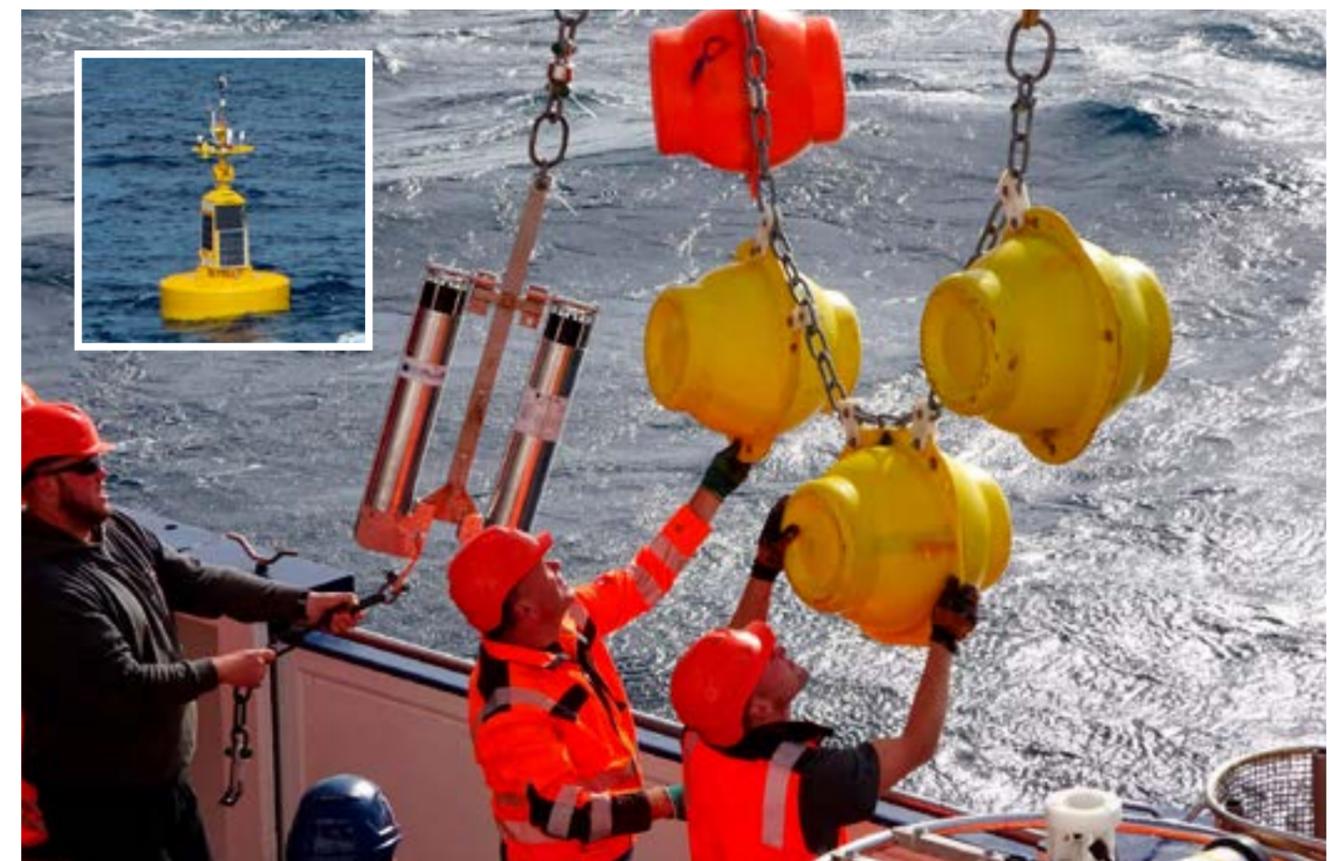
La principal instalación de PLOCAN, es una plataforma oceánica ubicada a una milla y media de la costa noroeste de Gran Canaria, en el municipio de Telde, en un área de 23 km<sup>2</sup> reservada para la experimentación científico-técnica a modo de banco de ensayos. PLOCAN reúne tanto equipos tecnológicos avanzados de última generación como personal científico-técnico especializado y altamente cualificado para el desarrollo de programas de observación de larga duración, siendo éste uno sus objetivos prioritarios.

En este contexto es de destacar su participación como gestor y coordinador de la Estación de Series Temporales Oceánicas de Canarias (ESTOC) cuyo objetivo es contribuir como estación oceánica de referencia desde el Atlántico Centro-Oriental a los programas y estrategias de observa-

ción oceánica internacionales tales como JGOF, GOOS, OceanSITES, GMES, MSFD, GES, etc. auspiciados por IOC/UNESCO, WMO, entre otros. La monitorización continuada y de alta calidad en un observatorio oceánico profundo, como es el caso de ESTOC, contribuye a mejorar de forma destacada el conocimiento de los fenómenos y procesos que caracterizan el océano, cuya repercusión incide de forma directa a nivel tanto medioambiental, como económico y social, a escala regional y global. La contribución al conocimiento de la dinámica y los procesos biogeoquímicos, que rigen el comportamiento del océano en la región del Atlántico Centro Oriental por parte de los estudios generados en ESTOC, ha facilitado poder identificar y evaluar a nivel regional los principales fenómenos antropogénicos (calentamiento global, acidificación o desoxigenación, etc.) que viene detectando la comunidad

científica internacional de igual forma en otras zonas, y cuya repercusión a nivel global en mares y océanos resulta evidente.

Dos décadas y media de observación continuada en un mismo punto del océano, con una notable evolución cuantitativa y cualitativa de las medidas realizadas y la implicación de más de treinta instituciones nacionales e internacionales y unos quinientos científicos y técnicos, así como productos y desarrollos tecnológicos derivados (algunos bajo patente), ha permitido una posición destacada en el ámbito internacional como nodo oceánico de referencia en el contexto de los programas e iniciativas de excelencia a nivel global sobre estudio y conocimiento del océano, y sus repercusiones a nivel socio-económico relativas al cambio climático global.





## PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA (PSA)

www.psa.es



La Plataforma Solar de Almería está reconocida como Gran Instalación Científica Europea. La Agencia Internacional de la Energía (IEA) inició su construcción en 1979 y, en 1986, pasó a pertenecer al Instituto de Energías Renovables del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Organismo Público de Investigación dependiente del Estado. Se encuentra situada en el Sudeste de España en el Municipio de Tabernas a 37°05'27,8" Latitud Norte y 2°21'19" Longitud Oeste.

La PSA es el mayor centro de investigación de Europa dedicado a las tecnologías solares de concentración, desalación y fotoquímica. Recibe una insolación directa anual por encima de los 1.900 kWh/m<sup>2</sup>, lo que la convierte en una localización privilegiada para el desarrollo, demostración y transferencia de tecnologías solares de concentración para aplicaciones tanto térmicas como para procesos foto y termoquímicos.

Dispone de las instalaciones científicas más avanzadas y completas del mundo conjuntamente con unas características de insolación y climáticas similares a las de muchos países de la denominada «Franja Solar» (situada entre las latitudes 40° Norte y 35° Sur), donde las tecnologías solares están teniendo un mayor desarrollo.

La PSA ofrece una amplia gama de servicios, que permiten abordar múltiples aspectos de la tecnología solar de concentración para generación de energía térmica, tales como, la caracterización óptica y térmica de los captadores solares, la caracterización de los materiales que los componen, la cualificación de nuevos procesos o el ensayo, modelado y simulación de plantas termosolares de producción de energía. Su instalación PTTL («Parabolic Trough Test Loop») está diseñada para poder instalar y ensayar

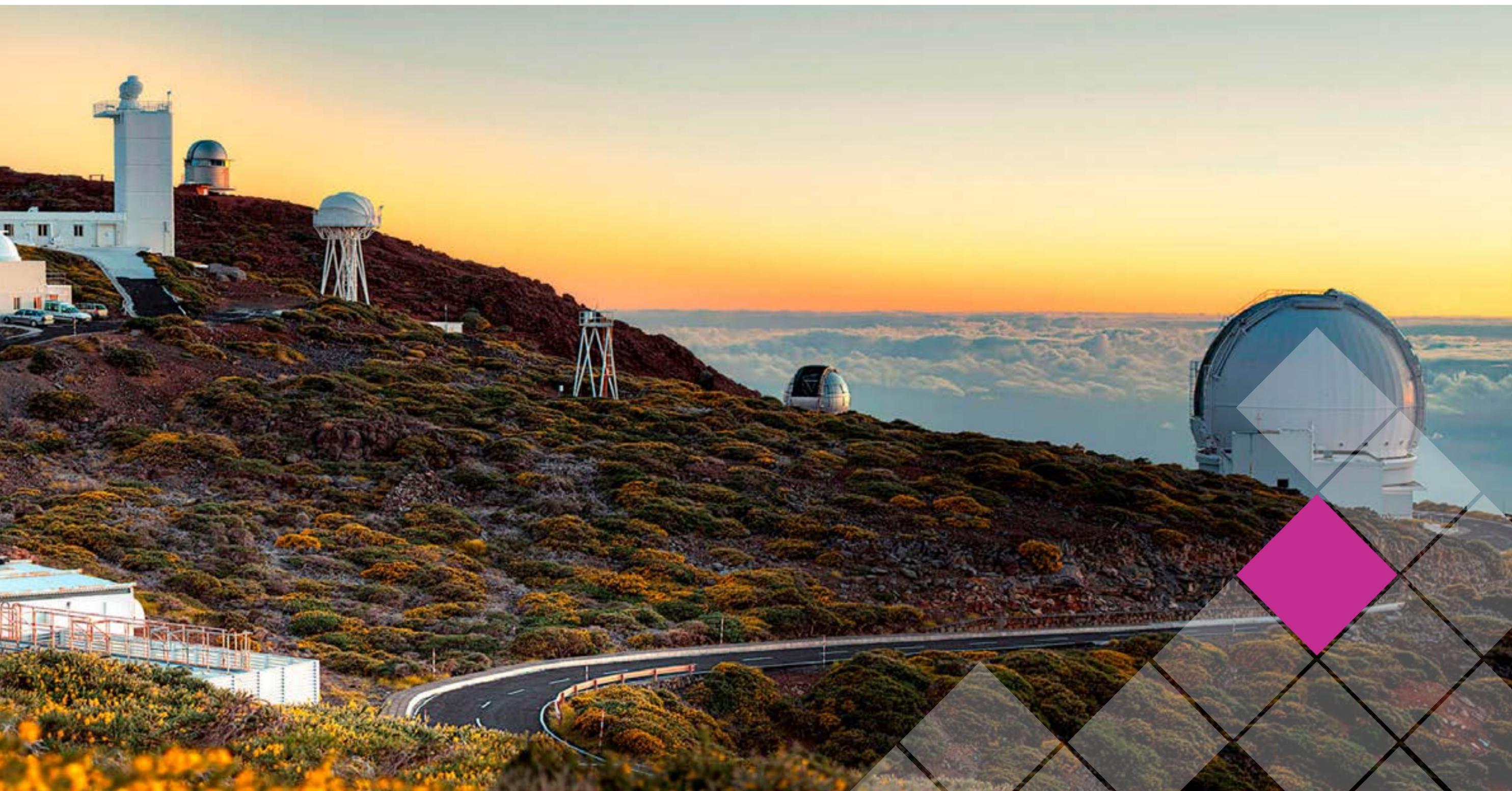
captadores solares térmicos con focal lineal de gran tamaño. Es la única instalación experimental en el mundo, en un centro público, que permite realizar el ensayo, y con ello la certificación, de los sistemas de captadores solares térmicos y de sus componentes empleados en el desarrollo de grandes captadores solares con temperatura del fluido térmico de hasta 400°C. El diseño y construcción de esta instalación PTTL y la aplicación del nuevo estándar IEC 62862-3-2:2018 aquí desarrollado, permite a la industria comprobar si cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la normativa para su comercialización y comparar los resultados entre unos sistemas y otros para identificar cuáles se adaptan mejor a las necesidades del cliente (9, 10, 11).

En un contexto más exótico, la PSA también está desarrollando tecnología que podría aportar soluciones para algunos

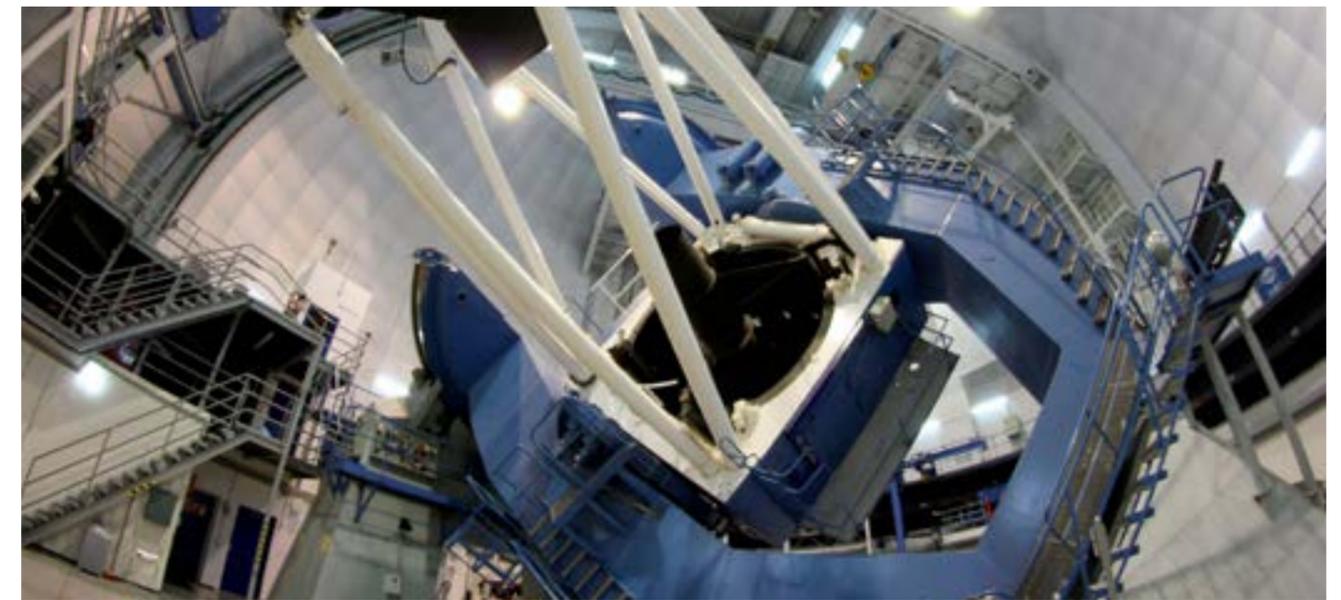
requerimientos en futuras misiones a la Luna. Uno de los mayores desafíos de estas misiones, aparte de las de naves espaciales, es la provisión de recursos vitales, como agua, oxígeno y combustible para cohetes y tripulaciones. La producción in situ de algunos recursos en la Luna puede reducir significativamente la cantidad de material transportado desde la Tierra. Los principales consumibles de interés son el oxígeno y el nitrógeno, y el agua para reabastecer los sistemas de soporte vital. La PSA está trabajando en la determinación de los requerimientos para una planta que, utilizando la energía solar concentrada pueda producir oxígeno a partir de la regolita lunar (polvo lunar). Como instalación de ensayo se utiliza el Horno Solar SF-60 (12), que al igual que la instalación PTTL es una de las instalaciones singulares de esta ICTS.

En recuadro pequeño, lecho fluidizado rojo después de la prueba solar de reducción de regolito lunar.





**RED DE ICTS**



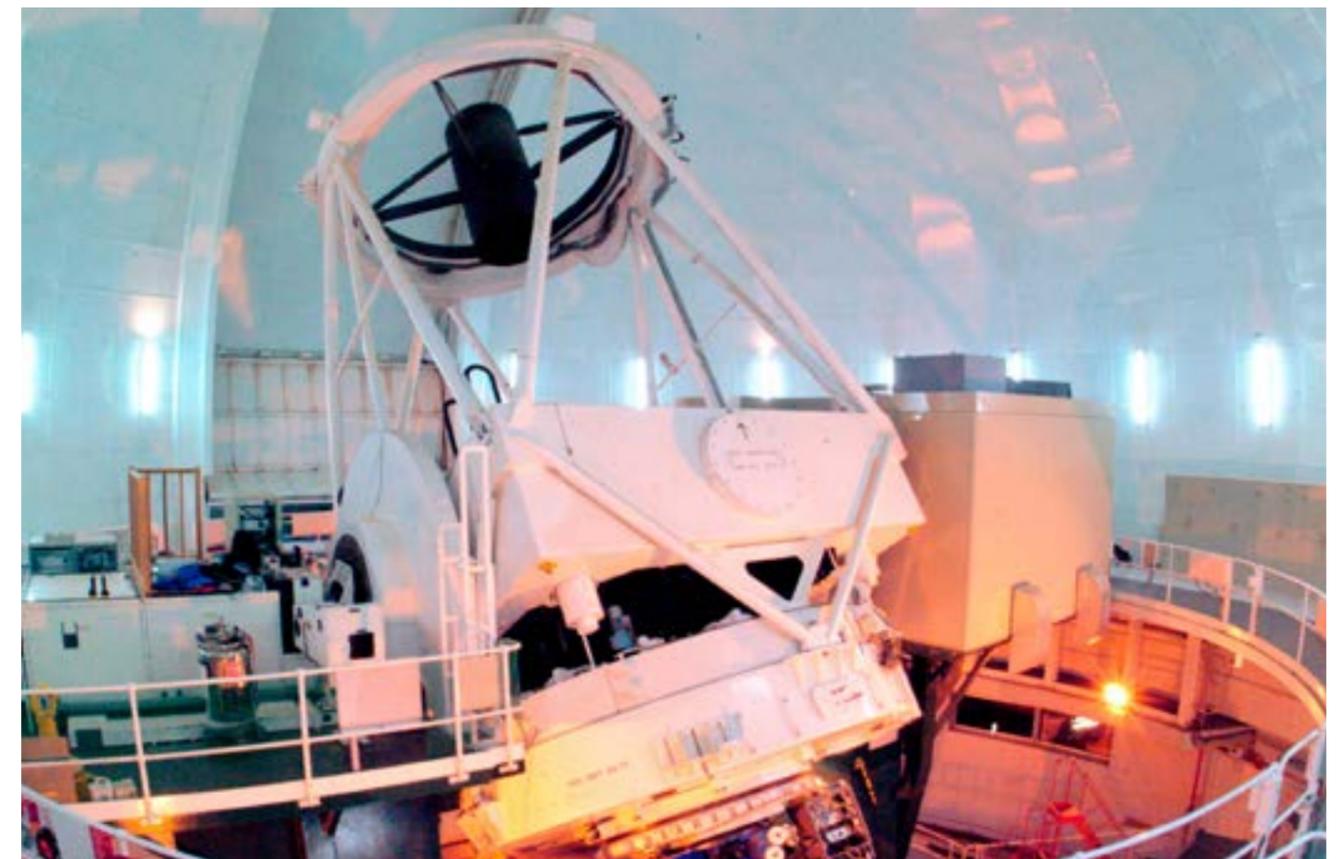
La Red de Infraestructuras de Astronomía (RIA) fue creada en 2007 como un Grupo de Trabajo de la Comisión Nacional de Astronomía (CNA) con el objetivo de asesorar a la Administración del Estado y a las Instituciones que lo deseen en el campo de las infraestructuras y la instrumentación astronómicas y constituir un foro para la coordinación entre las distintas Infraestructuras de la Red. Adicionalmente, la

RIA coordina los estudios relacionados con futuras infraestructuras, así como los proyectos de desarrollo instrumental, y efectúa el seguimiento sistemático de la productividad de las diversas infraestructuras astronómicas.

Las ICTS integradas en la Red de Infraestructuras en Astronomía son: Gran Telescopio CANARIAS, Observatorios de

Canarias, Observatorio Astronómico de Calar Alto, Radiotelescopio IRAM 30m, Observatorio de Yebes y Observatorio Astrofísico de Javalambre.

La Red vela también por la coordinación de las infraestructuras referidas con el Programa Científico de la *European Space Agency* (ESA) y con las infraestructuras del *European Southern Observatory* (ESO).



## RED DE INFRAESTRUCTURAS DE ASTRONOMÍA (RIA)

- ◆ GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)
- ◆ OBSERVATORIOS DE CANARIAS (OCC)
- ◆ OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE CALAR ALTO (CAHA)
- ◆ RADIOTELESCOPIO IRAM 30m
- ◆ OBSERVATORIO DE YEBES
- ◆ OBSERVATORIO ASTROFÍSICO DE JAVALAMBRE (OAJ)





RED DE  
INFRAESTRUCTURAS  
DE ASTRONOMÍA  
(RIA)

## GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

El Gran Telescopio CANARIAS, con un espejo principal de 10,4 m de diámetro, es actualmente el telescopio óptico e infrarrojo más grande del mundo. Se encuentra en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía, en la isla canaria de La Palma. El GTC, iniciativa del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), es propiedad de la empresa pública Gran Telescopio de Canarias, S.A. (GRANTECAN) de la Administración General del Estado y la Comunidad Autónoma de Canarias que es la encargada de su operación y desarrollo futuro y cuenta con la colaboración internacional de instituciones de México (Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica) y de Estados Unidos (Universidad de Florida).



[www.gtc.iac.es](http://www.gtc.iac.es)

El GTC está operativo desde 2009, sus 36 segmentos hexagonales proporcionan un área colectora de luz equivalente a la de un espejo monolítico circular de 10,4 m de diámetro. Estos segmentos actúan como una sola superficie gracias al alineamiento óptico extremadamente preciso que alcanzan los espejos. Su rendimiento básico de apuntado, seguimiento y guiado es muy bueno, por lo que la calidad de imagen del GTC en el plano focal está en consonancia con las excelentes características del cielo del Observatorio donde está instalado.

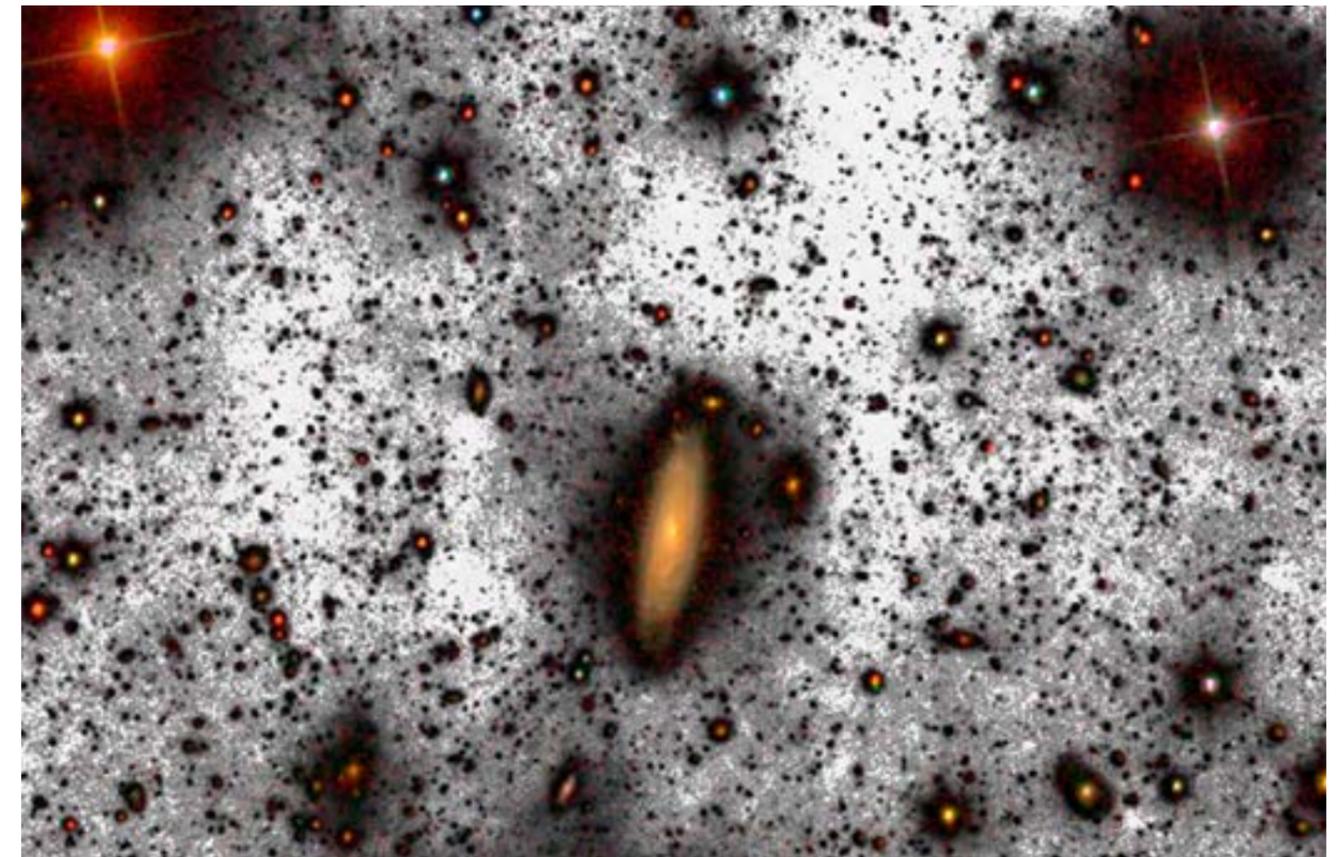
Hasta la fecha, el GTC ha proporcionado importantes avances en temas de actualidad astrofísica, en campos muy variados que incluyen el estudio del Sistema Solar, los exoplanetas, las estrellas y los agujeros negros, y galaxias de todos los

tipos. Entre otros resultados, el GTC ha obtenido las imágenes más profundas del Universo tomadas desde la Tierra. La imagen de la galaxia UGC0180 y sus alrededores, ubicada a una distancia de 500 millones de años luz, es un ejemplo (13). Estas observaciones profundas permiten entender procesos básicos como la formación y evolución de las galaxias y la interacción entre galaxias cercanas y en cúmulos. Esta es una información esencial para entender cómo ha evolucionado el Universo el desde el *Big Bang* hasta la actualidad. Para detectar estas emisiones muy débiles, hasta mil millones de veces más débiles de lo que puede ver el ojo humano, son necesarios telescopios con un área superior de recolección de luz, en combinación con instrumentos altamente sensibles

y empleando una sofisticada estrategia de observación, algo que poseen solamente instalaciones singulares como el GTC.

Las observaciones profundas únicas como las que proporciona el GTC permiten ampliar constantemente los confines del Universo conocido, ya que, por la propia naturaleza de la luz, cuanto más lejos podamos observar en el Universo, más atrás en el tiempo estaremos viajando hasta alcanzar las primeras etapas del mismo, lo que nos acerca a las respuestas de preguntas sobre el origen de la vida, del Universo y «del todo». Además, los fenómenos que se estudian en Astronomía permiten entender procesos físicos básicos que permitirán el desarrollo de toda la tecnología que usamos en nuestra vida diaria.

Imagen ultraprofunda de la galaxia UGC00180 que revela su tenue halo de estrellas (emisión difusa en color negro). Credito de la imagen: IAC/GRANTECAN





RED DE  
INFRAESTRUCTURAS  
DE ASTRONOMÍA  
(RIA)

## OBSERVATORIOS DE CANARIAS (OCC)

Los Observatorios de Canarias (OCC), administrados por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), están formados por el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM, La Palma) y el Observatorio del Teide (OT, Tenerife), ambos a unos 2.400 m de altitud. La excelente calidad astronómica del cielo sobre Canarias –protegido por ley– hace que sean reservas astronómicas, abiertas a la comunidad científica internacional desde 1979. Actualmente, los OCC albergan telescopios e instrumentos pertenecientes a 75 instituciones de 25 países, constituyendo el grupo de instalaciones para astrofísica nocturna y solar, visible e infrarroja, y de altas energías, más importante de la Unión Europea (UE) y la mayor colección de telescopios multinacionales en todo el mundo.

www.iac.es



Con la ayuda de uno de estos telescopios, el Telescopio Nacional «Galileo» (TNG), se ha descubierto recientemente un nuevo

exoplaneta, GJ 625 b, cerca de nuestro sistema solar y considerándose como uno de los pocos potencialmente habitables. Con una masa aproximada de 2,8 veces la de la Tierra, gira alrededor de su estrella con un período orbital de unos 14,6 días y se encuentra a unos 21 años luz de distancia desde el Sol lo que permite una adecuada caracterización de la misma y, en el futuro, potencialmente de la atmósfera del planeta (14).

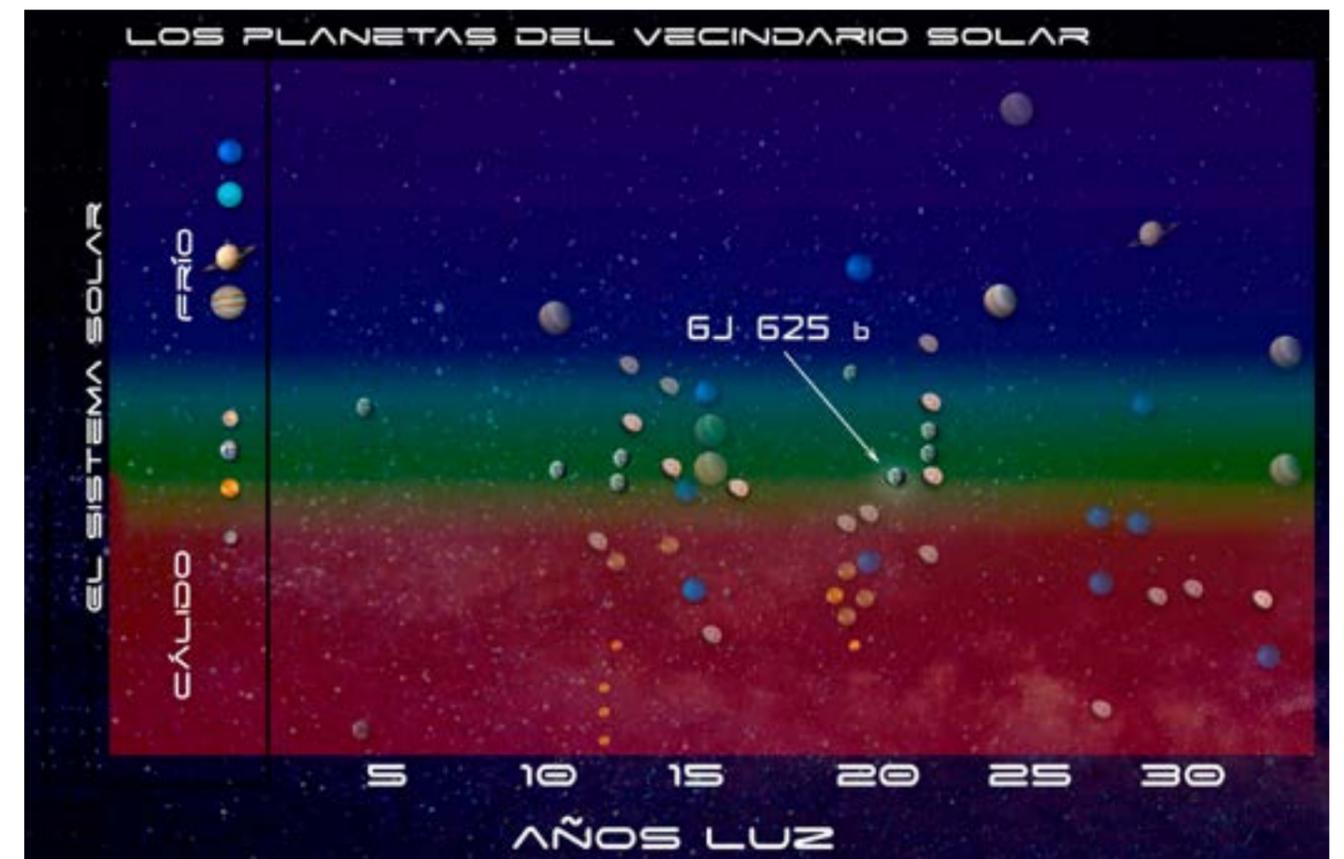
El hallazgo de un nuevo exoplaneta en el vecindario solar es además un paso importante para entender la estructura de los sistemas planetarios de nuestro entorno y su proceso de formación. Para este descubrimiento fue necesario contar con un espectrógrafo ultra estable optimizado para medidas de velocidad radial. El único instrumento en el hemis-

ferio norte capaz de llegar al nivel de precisión requerido es HARPS-N, alojado en el telescopio TNG. Debido a la posición en el cielo de la estrella, y la precisión requerida, este descubrimiento no podría haberse realizado en ninguna otra instalación en el mundo.

Por otra parte, gracias a observaciones realizadas por los telescopios William Herschel (WHT/ACAM) y el Gran Telescopio Canarias (GTC/OSIRIS) se ha descubierto una de las galaxias lejanas más brillantes del Universo, BG1429+1202, a un desplazamiento al rojo de 2,82 (cuando la edad del Universo era aproximadamente 2.300 millones de años). La galaxia lejana muy luminosa BG1429+1202 fue descubierta en el análisis de millón y medio de espectros de galaxias del proyecto «Baryon Oscillation Spectroscopic

Survey (BOSS)» del «Sloan Digital Sky Survey III». Las observaciones de seguimiento realizadas con el telescopio WHT fueron las primeras que confirmaron que la imagen cuádruple de BG1429+1202 es debida al efecto de lente gravitacional de una galaxia elíptica que actúa como una lente gigante natural (15). El instrumento ACAM (Auxiliary-port CAMera), es uno de los más eficientes en telescopios del tamaño del WHT y permite obtener imágenes y espectros de baja resolución en el rango visible. El acceso a uno de los mejores telescopios del mundo como el WHT facilitó conseguir tiempo de observación para estudios más detallados de BG1429+1202 con otra ICTS, el Gran Telescopio Canarias, ambos situados en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma.

Planetas conocidos en el vecindario solar (hasta ~35 años luz), con la posición de GJ 625 indicada. La región horizontal verde marca la zona de habitabilidad. A la izquierda están los planetas del sistema solar como comparación.



RED DE  
INFRAESTRUCTURAS  
DE ASTRONOMÍA  
(RIA)

## OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE CALAR ALTO (CAHA)

www.caha.es



El Observatorio del Centro Astronómico Hispano en Andalucía de Calar Alto (CAHA) está situado a 2.168 m de altura, en la Sierra de Los Filabres, Almería. Desde 2019 está gestionado por la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Junta de Andalucía y es operado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía.

El Centro Astronómico de Calar Alto es el observatorio con telescopios ópticos más importante de Europa continental. Sus infraestructuras principales son tres telescopios de aperturas respectivas 1,23, 2,2 y 3,5 metros. Además cuenta con un sistema de detección de bólidos que vigila todo el cielo visible desde el observatorio. Los telescopios disponen de una gran variedad de instrumentación astronómica en el rango óptico e infrarrojo cercano, así como con cámaras de imagen directa y espectrógrafos de baja, alta o muy alta resolución.

Adicionalmente, el observatorio dispone de monitores de calidad del cielo nocturno, salas blancas, talleres electrónicos, mecánicos e informáticos, así como de campanas de vacío para aluminización de espejos de grandes dimensiones (hasta 4 m), que ofrecen servicios de aluminizado a la comunidad científica.

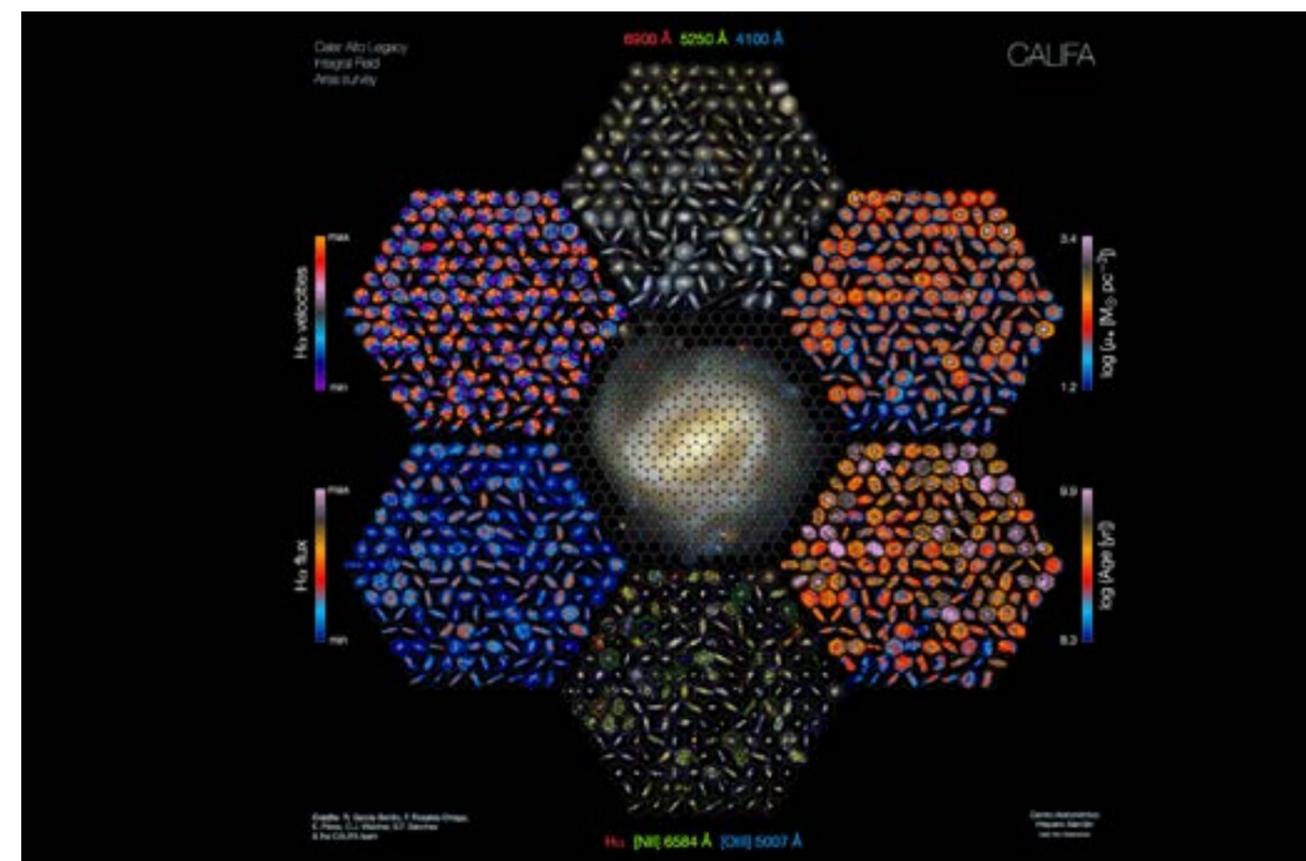
En el Observatorio Astronómico de Calar Alto se desarrollan estudios sobre astronomía en un amplio espectro de temáticas: Sistema Solar, exoplanetas, estrellas, asociaciones estelares, galaxias, estructura a gran escala del Universo, y Cosmología. Desde Calar Alto se han desarrollado importantes proyectos observacionales de legado para la comunidad internacional como ALHAMBRA y CALIFA. En este último proyecto se obtuvieron datos de espectroscopia de campo integral con el

instrumento PMAS/PPAK en el telescopio de 3,5 metros con los cuales se han generado, entre otros resultados, mapas de gran calidad de velocidades estelares en galaxias. Gracias a estos mapas un equipo internacional ha desarrollado una biblioteca de movimientos orbitales de estrellas en una muestra de 300 galaxias de los principales tipos morfológicos y con un amplio rango de masas. Dicha biblioteca de historias de galaxias es la mayor obtenida hasta el momento, y servirá de referencia para comparar futuras observaciones y ajustar modelos cosmológicos de formación y evolución de galaxias (16).

Por otro lado, con el espectrógrafo CARMENES, instalado también en el telescopio de 3,5 metros, se han detectado varios exoplanetas. Esto ha sido posible gracias a la alta resolución y estabilidad

del instrumento que nos permite detectar el movimiento que un planeta de la masa de la Tierra provoca en estrellas enanas rojas, revelando así su presencia. Entre los exoplanetas descubiertos gracias a CARMENES podemos destacar: la supertercera que orbita a la Estrella de Barnard, que es el segundo sistema estelar más cercano a la Tierra (17); los dos planetas en la zona habitable de la Estrella de Teegarden, con masa muy parecida a la de la Tierra (18); y un planeta gigante alrededor de la estrella enana roja GJ3512, hecho no previsto por los modelos clásicos de formación planetaria (19). La tecnología desarrollada para CARMENES, y que ha permitido estos éxitos, no solo proporcionará más descubrimientos en el futuro, revertirá en futuras aplicaciones industriales y tecnológicas.

Composición de paneles que muestran algunos mapas de las propiedades de galaxias obtenidos con los datos de CALIFA. Créditos: R. García-Benito, F. Rosales-Ortega, E. Pérez, C.J. Walcher, S.F. Sánchez y equipo CALIFA





RED DE  
INFRAESTRUCTURAS  
DE ASTRONOMÍA  
(RIA)

## RADIOTELESCOPIO IRAM 30m (IRAM 30m)

www.iram-institute.org 

El radiotelescopio de 30m es uno de los dos observatorios del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM). Este Instituto es fruto de la colaboración del CNRS francés (Centre National de la Recherche Scientifique), la alemana MPG (Max-Planck-Gesellschaft) y el IGN de España (Instituto Geográfico Nacional). A una altitud de 2.850 metros en Pico Veleta (Sierra Nevada, Granada), es uno de los mayores y más sensibles radiotelescopios de ondas milimétricas existentes en la actualidad en el mundo. Es una antena clásica parabólica de 30m que no tiene rival en sensibilidad y sus paneles están ajustados con una precisión de 55 micrómetros respecto de un paraboloides ideal.

El telescopio está equipado con tres instrumentos de altas prestaciones: EMIR es un receptor heterodino con cuatro bandas con dos polarizaciones, trabajando en las ventanas atmosféricas con longitudes de

onda en torno a 3, 2, 1 y 0,8 mm, (90, 150, 230 y 330 GHz) con un ancho de banda de 16 GHz. HERA es un receptor heterodino que consta de dos matrices de 3 x 3 píxel para la detección de radiación en dos polarizaciones en una banda en torno a la longitud de onda de 1mm (230 GHz). Los instrumentos heterodinios se complementan con tres espectrómetros de gran capacidad y resolución (FTS, WILMA y VESPA). Estos instrumentos se utilizan fundamentalmente para el cartografiado del gas molecular tanto en nuestra Galaxia como en galaxias próximas y distantes. La última incorporación al conjunto de instrumentos del 30m es NIKA2, una cámara para observaciones de continuo en dos bandas a 1 y 2 mm de longitud de onda, que utiliza la novedosa técnica KID (detectores de inducción cinética). Las tres grandes matrices de detectores (con un total de casi 3.000 píxel) de las que consta el instrumento están refrigeradas a

150 mK. El uso de la tecnología KID hace a fecha de hoy este instrumento único en el mundo por diseño y prestaciones. NIKA2 se dedica fundamentalmente a la observación de la emisión del polvo en nubes moleculares cercanas y en galaxias, hasta las más lejanas (y jóvenes) del universo conocido, así como para el estudio de cúmulos de galaxias por medio del efecto Sunyaev-Zel'dovich.

El telescopio IRAM 30m participa activamente en las redes de Interferometría de Muy Larga Base (VLBI) GMVA (*Global Millimetre VLBI Array*) y EHT (*Event Horizon Telescope*). La técnica de VLBI hace posible sintetizar un «telescopio virtual» tan grande como todo el planeta Tierra con el fin principal de poder observar en detalle estos objetos cuyos tamaños aparentes son muy pequeños. Este «telescopio virtual» ha sido posible gracias al acceso a los mejores radiotelescopios del mundo en ondas milimétricas con la

participación fundamental del radiotelescopio ALMA. Uno de los últimos proyectos en el que ha participado este radiotelescopio junto con el de 40m en Yebes, los dos más grandes en España, ha sido la obtención de la imagen más nítida hasta el momento del agujero negro de nuestra galaxia, denominado Sgr A\*. Debido a la distancia que separa a nuestro planeta del centro de la Vía Láctea, el tamaño aparente en el cielo de este agujero negro es menor que una cienmillonésima de grado, similar al tamaño de una pelota de tenis en la superficie de la Luna, vista desde la Tierra. Futuras observaciones a frecuencias más altas proporcionarán muy pronto información crucial sobre los procesos y la dinámica en los alrededores de este objeto y proporcionarán la clave para un mejor entendimiento de los que son hoy en día los objetos más exóticos del Universo conocido (20).

En recuadro pequeño imágenes de SgrA\*. Izqda sup.: simulación de Sgr A\* a 86 GHz. Dcha. Sup.: simulación con los efectos del centelleo interestelar. Dcha. Inf.: imagen obtenida de observaciones, así es como se ve SgrA\* en el cielo. Izqda. Inf.: imagen observada después de eliminar los efectos del centelleo interestelar. Créditos: S. Issaoun, M. Mościbrodzka, Radboud University/M. D. Johnson, CfA





RED DE  
INFRAESTRUCTURAS  
DE ASTRONOMÍA  
(RIA)

## OBSERVATORIO DE YEBES

[www.astronomia.ign.es](http://www.astronomia.ign.es)



El Observatorio de Yebes (Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento) está dedicado al desarrollo y construcción de instrumentación en el campo de la radioastronomía, así como a la realización de observaciones astronómicas que son de interés tanto astronómico como geodésico y geofísico. Emplazado a 980 m de altitud, a unos 80 km de Madrid, en el término municipal de Yebes (Guadalajara), el Centro dispone de instalaciones esenciales científico-técnicas: el radiotelescopio de 40 m de diámetro y el radiotelescopio de 13,2 m perteneciente de la red RAEGE (Red Atlántica hispano-portuguesa de Estaciones Geodinámicas y Espaciales) y a la red internacional VGOS. El radiotelescopio de 40 m es uno de los nodos más importantes de la Red Europea de Interferometría de Muy Larga Base (EVN), y también pertenece a la Red Global de VLBI Milimétrica (GMVA) y al Servicio Internacional de VLBI (IVS).

Entre sus instalaciones destacan los laboratorios de alta tecnología en microondas y un pabellón de gravimetría. Sus tres técnicas geodésicas, VLBI radioastronómico, gravimetría y GNSS y en el futuro cercano una estación con láser pulsado SLR, confieren al Observatorio de Yebes la consideración de estación geodésica fundamental.

Uno de los hallazgos con mayor trascendencia en los que ha participado el radiotelescopio de 40m de Yebes dentro de la EVN es la detección de chorros de gas a velocidades cercanas a las de la luz producidos por la fusión de dos estrellas de neutrones.

Las estrellas más masivas acaban su vida en una gigantesca explosión conocida como supernova. A veces solo sobrevive su núcleo inerte, que recibe el nombre de estrella de neutrones, por lo pequeña

y extremadamente densa que es. Cuando estas estrellas viven en pareja suelen caer en espiral la una hacia la otra en un abrazo de consecuencias catastróficas: su colisión es uno de los fenómenos más violentos que tienen lugar en el Universo, tanto que podemos detectar sus huellas gravitatorias aun cuando tienen lugar a cientos de millones de años-luz(21).

Otro de los resultados más recientes e interesantes es la imagen más detallada hasta la fecha del agujero negro del centro de la Vía Láctea, SgrA\*. Dicha imagen, publicada en 2019, se obtuvo con la red VLBI milimétrica GMVA, en la que el radiotelescopio de 40m participa de modo regular.

El centro de nuestra galaxia está habitado por un agujero negro supermasivo de 4 millones de masas solares alrededor del que un grupo de estrellas, atrapadas por su intenso campo gravitatorio, rotan

a gran velocidad. Los agujeros negros están rodeados de un disco de materia que cae sobre ellos y expulsan a velocidades cercanas a las de la luz chorros de materia en dirección perpendicular al disco. Desconocemos hasta la fecha la orientación de SgrA\* y no sabemos si la imagen que se ha observado procede del disco o del chorro que apunta justo en la dirección de la Tierra (20). Las observaciones de SgrA\* continuarán en el futuro a frecuencias más altas aunque la rápida variabilidad de su emisión, hace muy complicado la obtención de una imagen como la del agujero negro M87\*, que nos permita conocer su orientación y su naturaleza.

Ahondar en estos fenómenos tan energéticos amplía los horizontes de nuestro conocimiento de la materia en entornos extremos y aumenta nuestra comprensión sobre el Universo en el que vivimos.

Impresión artística de la fusión de dos estrellas de neutrones y del chorro observado eyectando material al espacio a través de una evoltura. Crédito: Beabudai Design.





@Augusto Llacer / CEFGA

RED DE  
INFRAESTRUCTURAS  
DE ASTRONOMÍA  
(RIA)

## OBSERVATORIO ASTROFÍSICO DE JAVALAMBRE (OAJ)

[www.oajweb.cefca.es](http://www.oajweb.cefca.es)



El OAJ está situado en el Pico del Buitre, a 1.956 m de altitud en el término municipal de Arcos de las Salinas, Teruel. Construido y gestionado por el Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón, CEFGA, ha sido concebido para llevar a cabo grandes cartografiados astronómicos multi-filtro del máximo interés científico en el ámbito de la Astrofísica y la Cosmología. La instalación cuenta con laboratorios, salas de control, monitores de calidad del cielo y dos telescopios de nueva generación cuyos espejos principales tienen aperturas de 2,55 m (T250 o JST, *Javalambre Survey Telescope*) y 83 cm (T80 o JAST, *Javalambre Auxiliary Survey Telescope*), con campos de visión de 3 y 2 grados de diámetro respectivamente. La primera instrumentación científica consiste en dos cámaras panorámicas de gran campo, JPCam (5 grados cuadrados de campo de visión efectivo) y T80Cam (2 grados cuadrados de campo de visión efectivo),

dotadas con bandejas de filtros que permiten obtener imágenes en diferentes bandas espectrales que proporcionan, finalmente, un espectro de baja resolución para cada píxel del cielo.

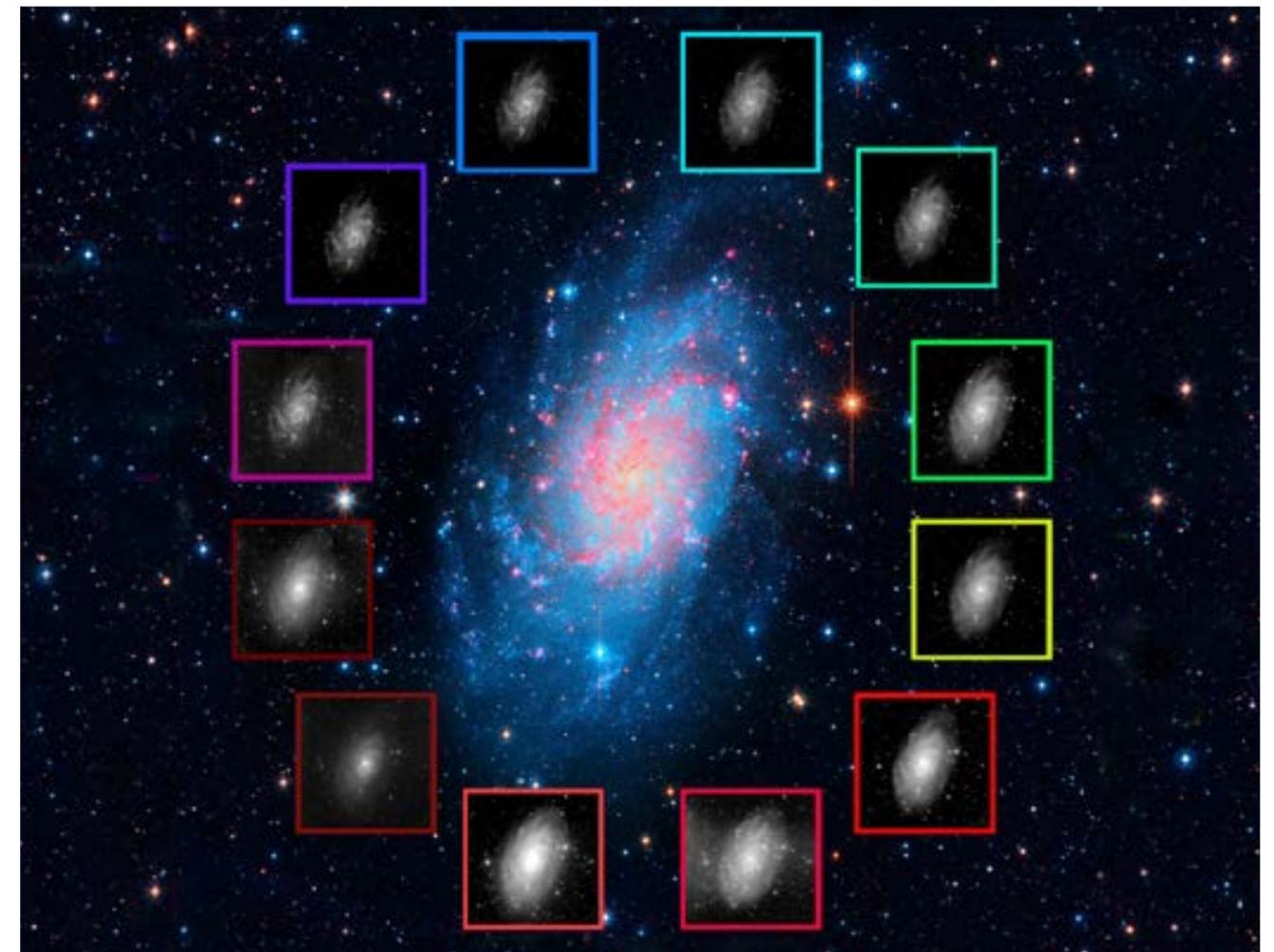
Gracias a sus telescopios y cámaras el OAJ ha llevado a cabo el proyecto J-PLUS, que constituye el primer cartografiado multi-fotométrico de gran campo, esto es, el primer mapa de un gran área del cielo que caracteriza, de forma general e indiscriminada, todas las fuentes detectadas en doce colores o rangos diferentes de longitud de onda del espectro óptico. Esta información multicolor no tiene precedente en áreas de miles de grados cuadrados. Hasta el momento J-PLUS ha caracterizado de forma precisa el espectro de más de trece millones de objetos astrofísicos,

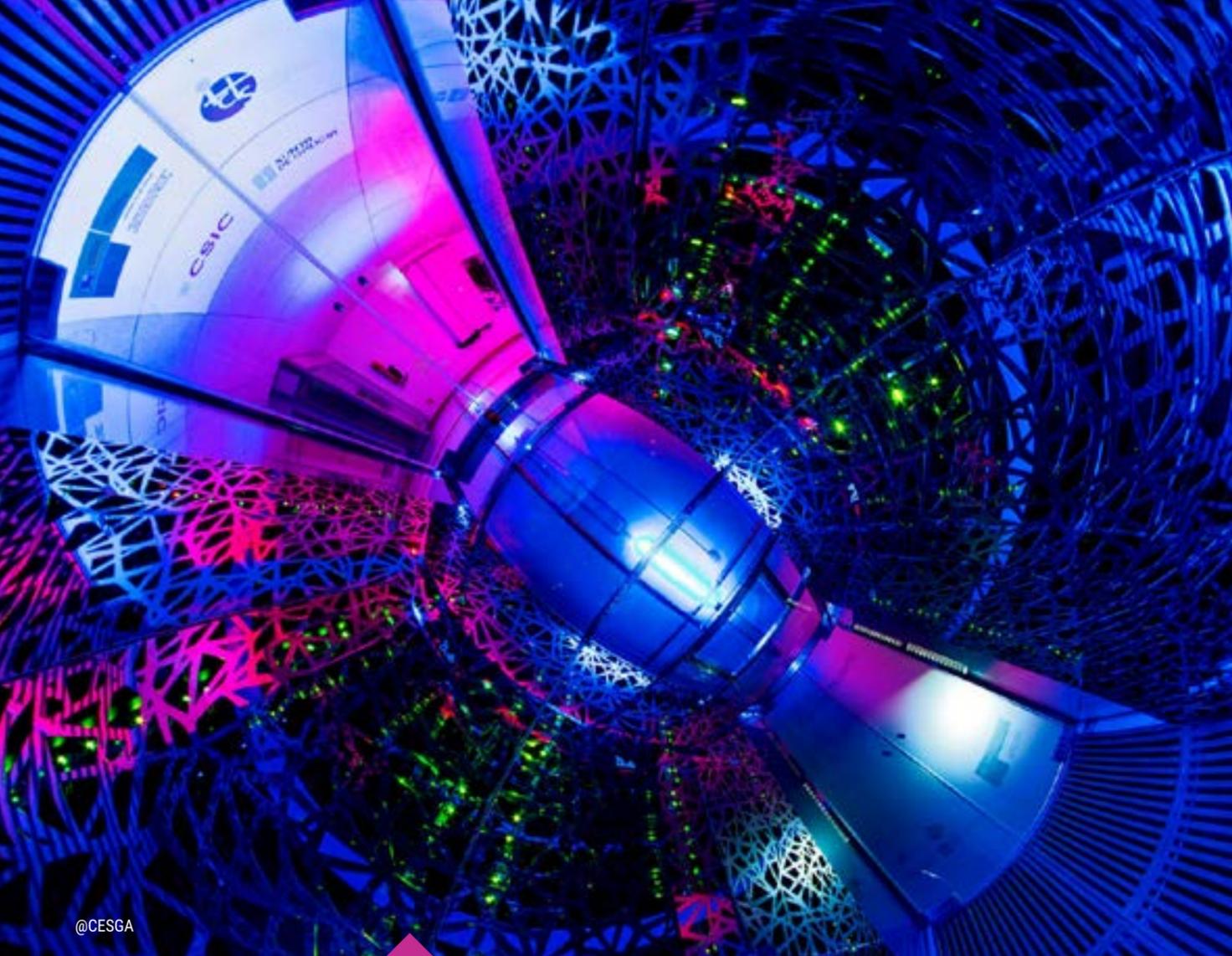
con implicaciones relevantes en campos tan dispares como el estudio del sistema solar, la física estelar, la compresión de la Vía Láctea (nuestra galaxia), la actividad de formación estelar en el universo cercano o las propiedades de los agujeros negros supermasivos a distancias cosmológicas (22).

La caracterización astrofísica de las fuentes observadas en el cielo (ya sean asteroides, estrellas, galaxias o agujeros negros supermasivos) requiere de la observación de la luz emitida por dichas fuentes en diferentes rangos de «color» o longitud de onda. La forma más precisa de obtener esta información es extrayendo un espectro de cada fuente, algo prohibitivamente caro en tiempo de observación para un número alto de objetos y que exige una

preselección de fuentes que compromete la posterior interpretación de los resultados. Desde el OAJ se sigue una estrategia radicalmente diferente: se cubren grandes áreas del cielo con cámaras sensibles a un alto número de «colores» o rangos diferentes en el espectro, obteniéndose un espectro de baja resolución para todos y cada uno de los objetos detectados por los telescopios, evitándose así efectos de selección no deseados. Si bien se pierde resolución en el espectro, es decir, disminuye la capacidad de medir variaciones de intensidad con la longitud de onda, el detalle de los espectros fotométricos obtenidos desde el OAJ es suficiente para obtener una valiosa información física para una ingente cantidad de fuentes.

Imagen de la galaxia M33 en color y en los 12 filtros de J-PLUS. Crédito: CEFGA.

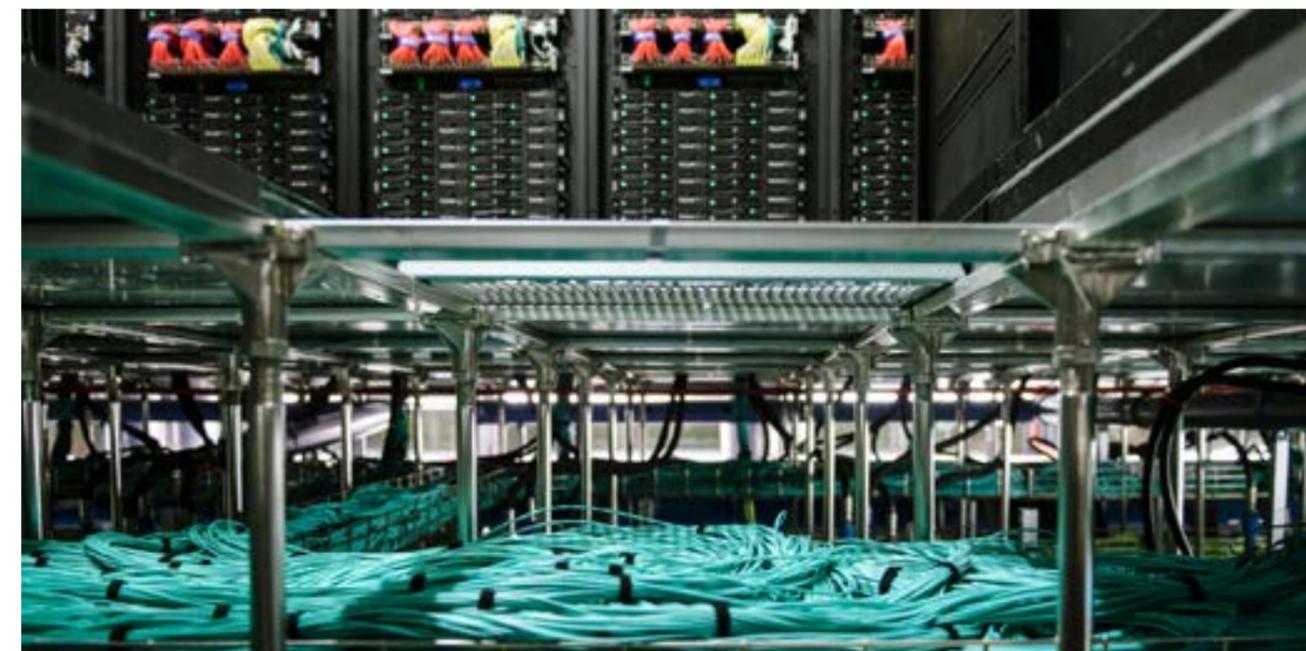




@CESGA

## RED DE e-CIENCIA

- ◆ RED ESPAÑOLA DE SUPERCOMPUTACIÓN (RES)
- ◆ RedIRIS



El Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación ha adoptado, mediante la aprobación de la vigente actualización del Mapa de ICTS, la recomendación del Comité Asesor de Infraestructuras Singulares de crear una red de infraestructuras de e-Ciencia, formada inicialmente por la Red Española de

Supercomputación y RedIRIS, y contando asimismo con la participación de usuarios y otros agentes relevantes del sistema español de I+D+i.

La creación de dicha red persigue fomentar la coordinación y cooperación de las infraestructuras españolas de I+D+i

dedicadas a la e-Ciencia, facilitar el asesoramiento a las administraciones públicas en esta materia, y coordinar los esfuerzos para impulsar la participación española en las numerosas iniciativas nacionales e internacionales que tan destacado desarrollo están teniendo en Europa y en el resto del mundo.



@Alfonso Esteban



RED DE  
e-CIENCIA

## RED ESPAÑOLA DE SUPERCOMPUTACIÓN (RES)

www.res.es



La Red Española de Supercomputación (RES) fue creada 2006 por el entonces Ministerio de Educación y Ciencia como una respuesta a la necesidad de la comunidad científica española de mayor capacidad de computación y acceso a los recursos de cálculo intensivo, teniendo en cuenta los recursos de supercomputación como un activo decisivo para el desarrollo científico y tecnológico del país. La RES es una infraestructura de supercomputadores ubicados en diferentes localizaciones, cada uno de los cuales contribuye a la potencia total de procesamiento disponible para los usuarios de los diferentes grupos de I+D. Esta red no sólo proporciona recursos de supercomputación, sino que ofrece servicio de apoyo técnico a los usuarios, así como formación específica y diversas actividades con el objetivo de mejorar el uso eficiente de los recursos y ampliar el uso de la supercomputación a todas las áreas de investigación.

Actualmente, los supercomputadores que forman parte de la RES son:

- **MareNostrum y MinoTauro del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS, Barcelona).** Este centro fue oficialmente constituido en 2005 por la Administración General del Estado, la Generalitat de Catalunya y la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Su especialidad es la computación de altas prestaciones, también conocida como HPC (*High Performance Computing*). Es el coordinador de la RES y ofrece a la misma el 40% de MareNostrum (unos 450 millones de horas de cómputo anuales), y el 60% de MinoTauro (más de 2 millones de horas de cómputo anuales).
- **Supercomputador Finis Terrae del Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA, Santiago de Compostela).** Es una institución coparticipada por la Xunta de Galicia y el Consejo Superior

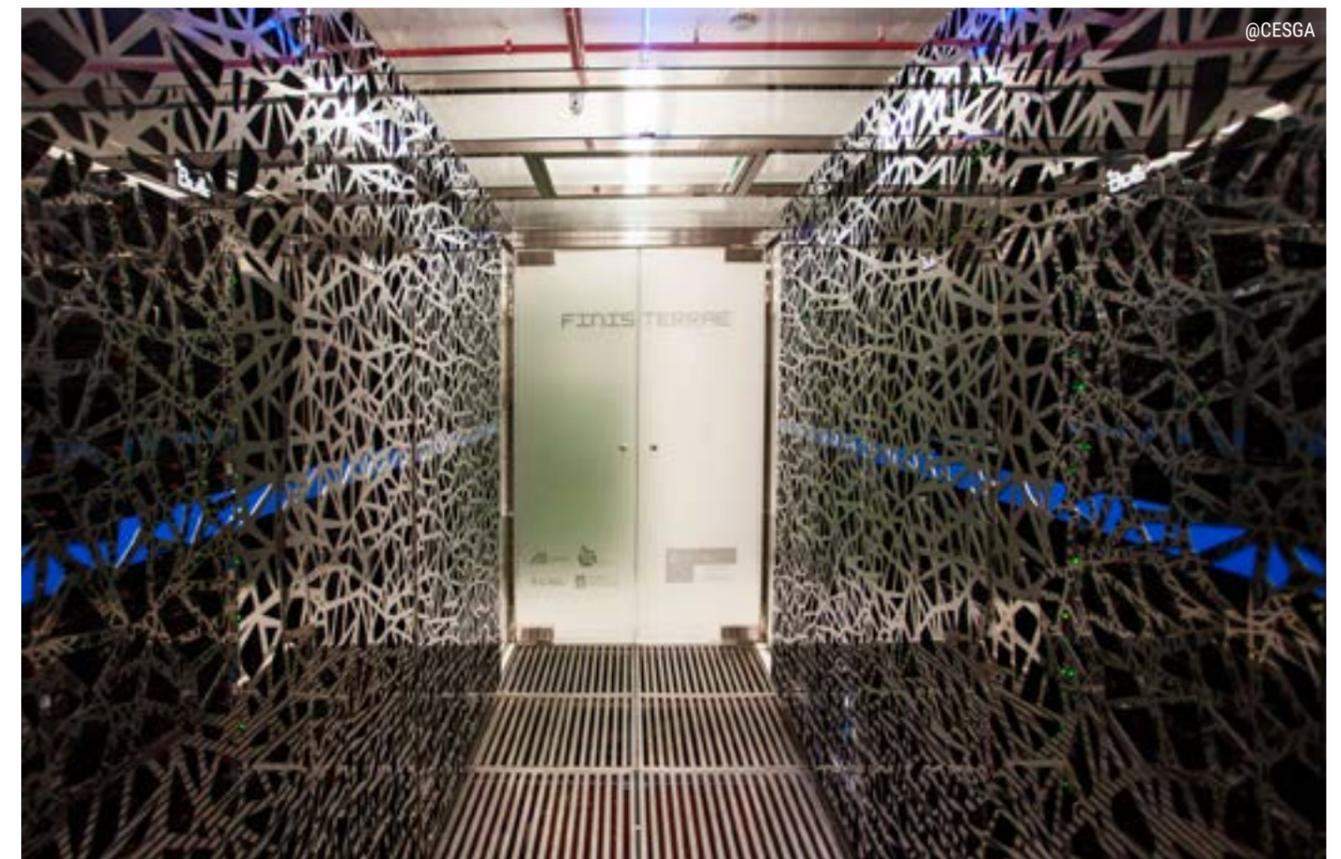
de Investigaciones Científicas (CSIC) Finis Terrae aporta a la RES un 20 % de su potencia de cómputo.

- **Pirineus del Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya (CSUC, Barcelona).** Este consorcio está integrado por la Generalitat de Catalunya y diez universidades catalanas, aporta un 20% de su capacidad de cómputo a la RES.
- **Tirant en la Universidad de Valencia (UV), instalado en el campus de Burjassot y gestionado por el Servei d'Informàtica de la UV (SIUV).** Asigna el 50% de su capacidad de cómputo a la RES.
- **Altamira de la Universidad de Cantabria (UC, Santander), se encuentra instalado en el Instituto de Física de Cantabria (IFCA), un centro dependiente de la UC y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).** Contribuye a las RES con un 20% de sus recursos.

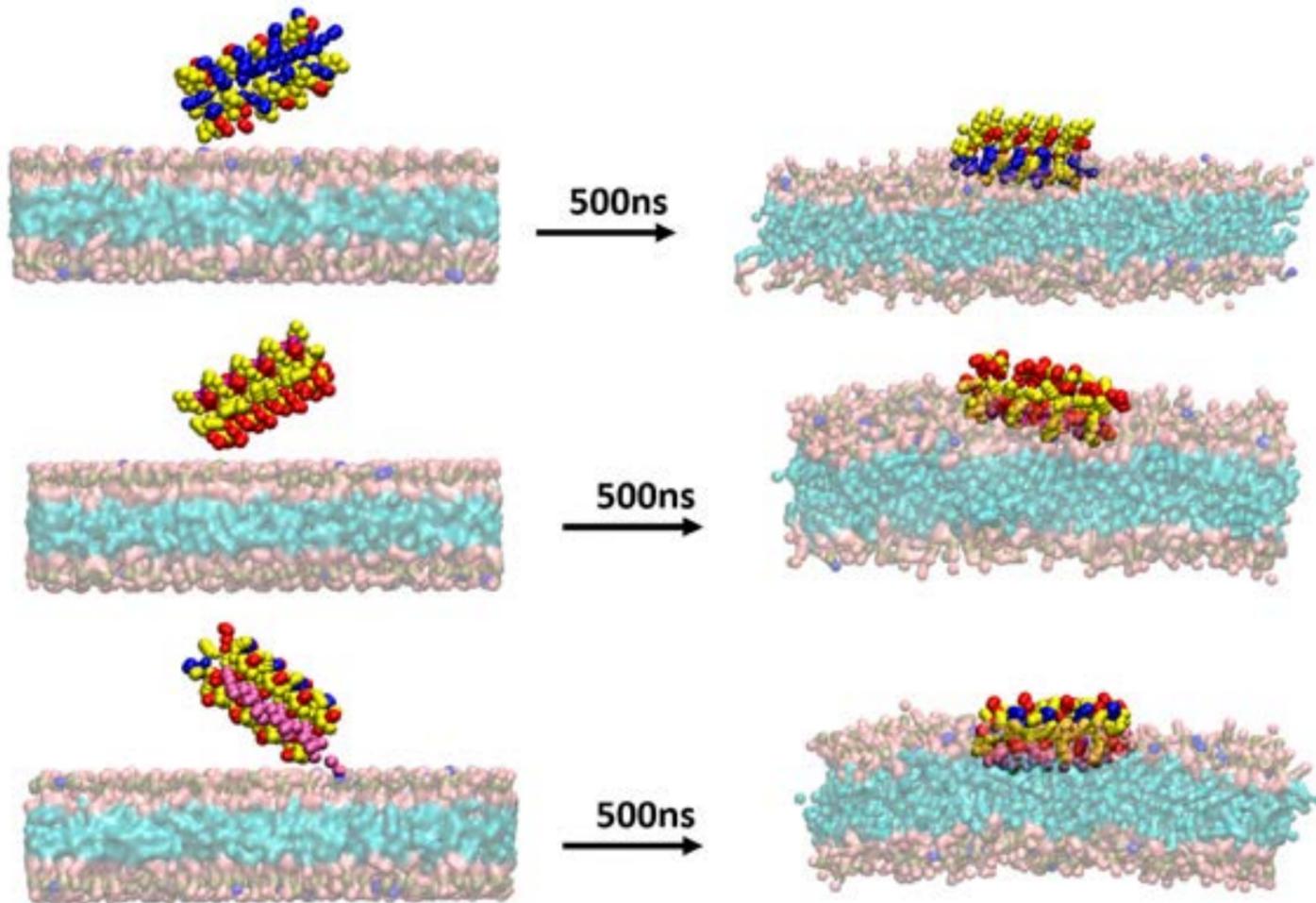
- **Lusitania de Computación y Tecnologías Avanzadas de Extremadura (COMPUTAEX, Cáceres) que es el Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación.** Contribuye con un 50% de sus recursos a la RES.

- **Picasso en la Universidad de Málaga (UM), está situado en el Centro de SuperComputación y Bioinformática (SCBI) de esta universidad que está situado en el Parque Tecnológico de Andalucía.** Ofrece el 35% de sus recursos a la RES.

- **La Palma en el Instituto Astrofísico de Canarias (IAC), integrado por la Administración General del Estado, la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).** Ofrece un 50% de su potencia de cálculo a la RES.



@CESGA



Ejemplos de nanotubos peptídicos formados por péptidos cíclicos con actividad antimicrobiana interaccionando con membranas de diferente composición  
Crédito: Rebeca García Fandiño

- **Caesaraugusta en la Universidad de Zaragoza (UNIZAR), localizado en el Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI), instituto de investigación universitario perteneciente a esta universidad.** Proporciona el 20% de su potencia a la RES.
- **Caléndula del Centro de Supercomputación de Castilla y León (SCAYLE, León) que es una entidad pública creada por la Junta de Castilla y León y la Universidad de León.** Contribuye a la RES con un 50% de sus recursos a la RES.
- **Cibeles de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM, Madrid), localizado en el centro de Computación Científica (CCC-UAM) que da soporte centralizado de computación al Campus de la Universidad Autónoma de Madrid.**

Contribuye a la RES con un 20% de sus recursos a la RES.

La RES ofrece recursos de computación de alto rendimiento mediante un sistema de acceso abierto, común y competitivo. El proceso de solicitud es único para todos los nodos de la RES y se basa en criterios de eficacia, eficiencia y transparencia. Este acceso común garantiza la utilización óptima de todos los recursos disponibles en la red (computación, almacenamiento, paralelización, etc.). El objetivo de la RES es impulsar el avance de la ciencia y la innovación en España, en cualquiera de sus áreas de conocimiento.

En el área de la Ciencia de los materiales, gracias a las prestaciones del MareNostrium, se ha podido descubrir un nuevo mecanismo de estabilización termodinámica

que hace probables algunas estructuras en superficies que se consideraban que no podían existir por sus necesidades energéticas. Para confirmarlo, se realizaron cálculos en la cara polar del óxido de cerio, este material es fundamental en la composición de los catalizadores para reducir las emisiones de gas de los automóviles. El desarrollo es de una alta repercusión ya que no existen capacidades experimentales que sean capaces de determinar este tipo de efectos debido a la dificultad y peligro para trabajar con determinadas reacciones químicas por lo que su modelización es la única manera de avanzar en su conocimiento (23).

También en el área de medioambiente juega un papel fundamental la modelización. Los modelos climáticos que se usan para generar información a corto y largo plazo para la adaptación y la mitigación del cam-

bio climático están sometidos a errores que proceden de varias fuentes, entre otras de los instrumentos que se utilizan para la detección y caracterización de las señales climáticas como satélites, boyas, estaciones meteorológicas, etc. Usando simulaciones climáticas como fuente independiente para la evaluación de la calidad de los datos observacionales, se ha encontrado un mejor acuerdo de todos los modelos con las bases de datos observacionales basadas en datos satelitales que con aquéllas generadas únicamente con datos de barcos y boyas. Los datos satelitales, con su cobertura global, mayor resolución espacial y menores errores instrumentales y de procesamiento, proporcionan estimaciones más precisas que las medidas locales dispersas a lo largo del planeta. Estos resultados proporcionan una medida objetiva para la evaluación de las inversiones en monitorización del estado del sistema climático global,

tales como el programa Copernicus que se basa principalmente en la generación y el uso de información satelital(24).

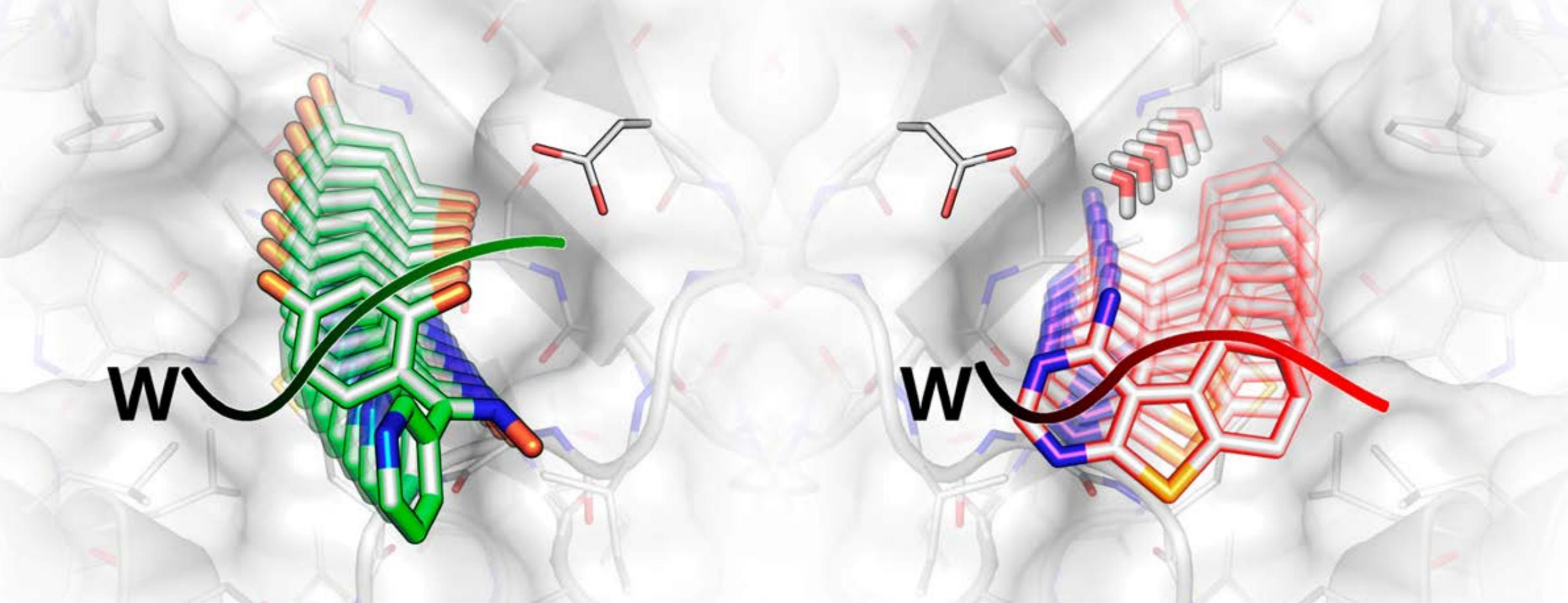
Copérnicus es el programa de observación de la Tierra más ambicioso de la historia, diseñado para proporcionar información para mejorar la gestión del medio ambiente, mitigar los efectos del cambio climático y garantizar la seguridad ciudadana. Está liderado por la Comisión Europea en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA). Este programa ofrece seis tipos de servicios, siendo uno de ellos el «Copernicus Marine Environment Monitoring Service» (CMEMS) que proporciona acceso abierto a productos de información sobre el estado del entorno marino tanto para el océano global como para los mares regionales europeos y en este interviene uno de los supercomputadores de la RES. Más de 5.000 usuarios directos, incluyendo entre otros a responsables de control de

tráfico marítimo, agentes del sector pesquero, autoridades portuarias y servicios de protección civil europeos, se informan diariamente de la previsión del estado de la mar gracias a la ejecución de la simulación oceanográfica realizada todos los días utilizando el superordenador Finis Terrae. El tamaño del dominio de esta simulación y la resolución espacial de la malla que lo describe exigen unos recursos computacionales en proporción a una gran infraestructura de características singulares. Además, el hecho de que se trate de una operativa diaria que proporciona información crítica para la organización y seguridad de infinidad de actividades humanas obliga a que este servicio solo pueda ser realizado por una organización capaz de asegurar la permanente disponibilidad de la infraestructura.

En el campo de la Biomedicina y en relación con el uso y abuso de los



@CESGA



antibióticos y el consiguiente desarrollo de resistencia en las bacterias a los mismos, utilizando también el supercomputador Finis Terrae se ha podido dilucidar el mecanismo de interacción entre diferentes moléculas con la membrana celular para proponer un diseño racional de compuestos antimicrobianos más eficientes y selectivos que los antibióticos convencionales. Los recientes avances en la potencia de los superordenadores y de los algoritmos implementados en los paquetes de software de dinámica molecular han hecho posible alcanzar la resolución necesaria. Estos estudios generan una cantidad ingente de datos que serían inmanejables sin la supercomputación (25).

La mejora de la eficacia y la eficiencia en el descubrimiento de fármacos es un objetivo clave en la investigación biomédica. En este proceso, se buscan moléculas que se puedan unir a una proteína diana y modificar su funcionamiento para conseguir un efecto terapéutico. Este proceso se aborda habitualmente centrándose en estudiar la situación de equilibrio, es decir, dos moléculas que forman las mejores interacciones posibles. Gracias a la utilización de los superordenadores Minotauro y MareNostrum se ha podido desarrollar, aplicar y validar un nuevo método de aproximación introduciendo un principio diferente. La novedad reside en que el método, bautizado como «Dynamic Undocking», estudia cómo se romperá el complejo fármaco-proteína, cuáles son los puntos de ruptura y como se

pueden mejorar estas moléculas para hacer que su unión sea más resistente. Este método se puede utilizar como complemento de las técnicas existentes, lo que permite avanzar en el camino del diseño racional de fármacos: permite multiplicar por cinco la eficacia de los mejores procesos actuales con unos costes computacionales asequibles. De hecho, ya se está aplicando con éxito en diversos proyectos del ámbito del cáncer o de las enfermedades infecciosas, entre otros. Aunque cada molécula considerada por este método tiene un coste computacional de pocas horas, en los procesos de descubrimiento de fármacos se necesita valorar miles o incluso millones de moléculas candidatas. Por ello, su aplicación práctica requiere de una infraestructura singular (26).

Representación conceptual de la disociación inicial de dos moléculas desde un mismo sitio de unión. La de la izquierda es estructuralmente estable y romper los enlaces nativos requiere mucha fuerza. Esto es característico de verdaderos ligandos, y la molécula se conformó como activa en ensayos experimentales. La molécula de la representación de la derecha forma buenas interacciones y los métodos convencionales la predicen como activa. Sin embargo su interacción no es difícil de romper, lo que indica que es un falso positivo. La aplicación de este concepto al cribado virtual permite eliminar hasta el 80% de las moléculas que se predicen como activas con los métodos computacionales actuales (26).





RED DE  
e-CIENCIA

@Alfonso Esteban

**RedIRIS**

RedIRIS es la Red Nacional para la Investigación y la Educación («National Research and Education Network», «NREN») española, y ofrece servicios de comunicaciones avanzadas a más de 500 instituciones de la comunidad científica y académica (sobre todo, universidades, centros científicos e ICTS). La sede central de RedIRIS se encuentra en Madrid.

RedIRIS es una infraestructura propiedad del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades que ha delegado las competencias relativas a RedIRIS a favor de Red.es M.P., entidad pública empresarial dependiente del Ministerio de Economía y Empresa. Red.es, que lleva haciéndose cargo de la gestión de RedIRIS desde 2004, es la agencia pública encargada de promover la transformación digital en España.

www.rediris.es



RedIRIS se puso en marcha en el año 1988, con el objetivo de ofrecer a las universidades y centros científicos una red troncal de comunicaciones propia, a través de la que poder transferir grandes cantidades de información de forma controlada, eficiente y segura, facilitando así la colaboración remota entre estos centros y su participación en proyectos nacionales e internacionales, en particular proyectos de e-ciencia, que requieren transferencias masivas de datos.

Para dar esos servicios de conectividad avanzada, RedIRIS gestiona en la actualidad una red troncal de unos 15.000 km de fibra óptica, (incluyendo más de 2.000 km de fibra submarina), con más de 70 Puntos de Presencia repartidos en todas las comunidades autónomas. Esa moderna infraestructura ofrece importantes avances tecnológicos en capacidad (casi ilimitada) y flexibilidad, lo que facilita la colaboración nacional e internacional. Gracias a esa potente red troncal,

RedIRIS puede ofrecer a sus instituciones afiliadas múltiples canales de 10 Gbps (10.000 Mbps), que pasarán a ser canales de 100 Gbps cuando concluya la renovación del equipamiento óptico actualmente en ejecución.

RedIRIS presta sus servicios en estrecha colaboración con otras redes académicas y científicas, tanto autonómicas como internacionales. Entre estas últimas destaca la red académica paneuropea GÉANT, en cuya gestión participa RedIRIS, y a través de la cual se conecta tanto con las redes académicas y de investigación nacionales (NREN) de los demás países europeos, como con redes de investigación de otros continentes: Internet2 (EEUU), RedCLARA (América Latina), EUMEDCONNECT (Norte de África), TEIN (Asia-Pacífico), etc.

A través de RedIRIS, se interconectan sedes de universidades y centros de

investigación; se cubren las necesidades de conectividad avanzada de proyectos de investigación como LHC (Gran Colisionador de Hadrones) del CERN; ELIXIR (ciencias de la vida), o VLBI (radioastronomía); y se facilita el acceso a instrumentos y recursos científicos como los telescopios de Canarias, la Reserva de la Biosfera de Doñana, la Red Española de Supercomputación, etc.

RedIRIS presta además otros servicios TIC a la comunidad académica y científica, en los ámbitos de seguridad (gestión de incidentes de seguridad, mitigación de ataques de denegación de servicio, filtrado antispam, certificados digitales), identidad digital (SIR), movilidad en wifis académicas (eduroam), herramientas colaborativas, transferencia de ficheros de gran tamaño, contratación colectiva de servicios cloud, soporte a ciertos servicios de administración electrónica, asesoramiento y difusión (incluyendo eventos y cursos de formación).





@Ejército de Tierra

## ICTS DISTRIBUIDAS



@Ejército de Tierra

## BASES ANTÁRTICAS ESPAÑOLAS (BAES)

- ◆ BASE ANTÁRTICA ESPAÑOLA JUAN CARLOS I (JCI)
- ◆ BASE ANTÁRTICA ESPAÑOLA GABRIEL DE CASTILLA (GdC)

Las infraestructuras españolas en zonas polares se circunscriben a aquellas que tienen su actividad en la Antártida y son la Base Antártica Española Juan Carlos I (BAE JCI) y la Base Antártica Española Gabriel de Castilla (BAE GdC). Ambas se encuentran localizadas en el archipiélago de las Shetland del Sur y son bases estacionales, están operativas únicamente durante el verano austral. La coordinación de las actividades en ambas bases se efectúa bajo la autoridad del Comité Polar Español, siendo la Unidad de Tecnología Marina del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (UTM-CSIC) la responsable y ejecutora de la coordinación logística.

• **La BAE JCI está situada en la Península Hurd de la Isla Livingston** (62° 39' 46" S, 60° 23' 20" O). La UTM-CSIC proporciona el soporte técnico y logístico necesario para el desarrollo de las actividades científicas en la Antártida.

[www.utm.csic.es/en/home](http://www.utm.csic.es/en/home)



• **La BAE GdC está situada en la Isla Decepción** (latitud de 62° 55' S y longitud 60° 37' W) y está gestionada por el Ejército de Tierra en sus aspectos operativos y la UTM-CSIC en la dotación de instrumentación científica y gestión logística.

[www.ejercito.mde.es/unidades/Antartica/antartica/index.html](http://www.ejercito.mde.es/unidades/Antartica/antartica/index.html)



Las islas Shetlands del Sur y la Península Antártica están situadas en una de las zonas del planeta donde más y más rápidamente se ha producido un incremento de la temperatura, aumentando 2,5°C en las últimas décadas. Es esencial estudiar los efectos del cambio climático en las zonas donde pueden tener una mayor magnitud y además, en el caso de las regiones polares, donde pueden tener una influencia global. En ambas bases se realizan investigaciones en materias como atmósfera, glaciología, clima, cambio global, geomagnetismo, biodiversidad, riesgos naturales, vigilancia volcánica, astrobiología, geología y ecología.

Con la participación y apoyo de las dos bases antárticas españolas se ha podido realizar un seguimiento de las poblaciones de pingüinos antárticos en las que se han observado cambios en sus poblaciones que son compatibles con lo esperado en un escenario de cambio global y muestran la existencia de especies perdedoras (pingüino barbijo, *Pygoscelis antarcticus*) y ganadoras (pingüino papua, *Pygoscelis papua*) en este contexto. Las investigaciones llevadas a cabo han permitido identificar varios de los mecanismos fisiológicos que podrían explicar la relaciones causales entre el incremento de temperatura, los potenciales efectos del cambio de la dieta, efectos en la presencia de parásitos y enfermedades a través de la respuesta inmunitaria y los efectos del incremento de la actividad humana en la presencia de contaminantes y sus efectos en las poblaciones de pingüinos antárticos. La información obtenida permite valorar los cambios ambientales que se están produciendo en la Antártida y el océano austral utilizando los pingüinos antárticos como





@UTM\_CSIC

centinelas del medio marino pudiendo extrapolarse esta información a otros ecosistemas.

Por otro lado, usando datos meteorológicos registrados sobre un glaciar situado cerca

de la BAE JCI, y cuantificando la nieve acumulada y el hielo y nieve que se funden cada año, se ha creado un modelo que permite predecir la cantidad de fusión en función de la temperatura ambiente en esta zona durante el verano. Este modelo ha permitido

cuantificar la sensibilidad de la fusión a las variaciones de distintos parámetros, destacando entre ellos la fuerte sensibilidad a los cambios en la temperatura ambiente. El modelo muestra que un aumento en la temperatura media de verano de  $0,5^{\circ}\text{C}$  implica

un aumento de la tasa de fusión del 56%, y una disminución de la tasa de fusión del 44%, si se trata de un descenso análogo de la temperatura media de verano. Además, se ha verificado con observaciones que se están realizando desde 2001 sobre el propio

glaciar. Esta región del planeta, aunque sufrió un calentamiento muy fuerte durante la segunda mitad del siglo XX, ha experimentado un enfriamiento sostenido durante los primeros quince años el siglo XXI, lo que es una situación anómala en el contexto actual

de calentamiento global. Este enfriamiento regional ha tenido como consecuencia que los glaciares de esta zona hayan disminuido en gran medida la velocidad a la que pierden masa por fusión del hielo del glaciar (27, 28).



@Andrés Barbosa





@Armada Española

## FLOTA OCEANOGRÁFICA ESPAÑOLA (FLOTA)

- ◆ BUQUE DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA HESPÉRIDES
- ◆ BUQUES DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA DEL CSIC
- ◆ BUQUES DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA DEL IEO
- ◆ BUQUE DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA DEL SOCIB



@Armada Española

La ICTS FLOTA está formada por un total de 10 buques oceanográficos, todos ellos con gestión técnica y financiación de la Administración General del Estado. Estos buques oceanográficos prestan servicio fundamentalmente a las campañas que se desarrollan en el marco del Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación y del programa marco de la Unión Europea, así como las propias responsabilidades asignadas a los diferentes Organismos Públicos de Investigación de la Secretaría General de Coordinación de Política Científica. El soporte técnico a bordo de los buques oceanográficos de las campa-

ñas reguladas por la Comisión de Coordinación y Seguimiento de las Actividades de los Buques Oceanográficos (COCSABO) lo proporciona la Unidad de Tecnología Marina del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y/o por personal del Instituto Español de Oceanografía (IEO) en sus campañas.

En la actualidad, tienen la consideración de buques oceanográficos pertenecientes a la ICTS FLOTA los siguientes:

- El buque de investigación oceanográfica de la Armada Española B/O Hespérides.

- Los buques oceanográficos integrados patrimonialmente o cedidos al CSIC, B/O Sarmiento de Gamboa, B/O García del Cid y B/O Mytilus,
- Los buques oceanográficos integrados patrimonialmente en IEO: B/O Francisco de Paula Navarro, B/O Ramón Margalef y B/O Ángeles Alvariño,
- El buque oceanográfico perteneciente al consorcio Sistema de Observación Costero de las Islas Baleares (SOCIB), B/O SOCIB.



@UTM\_CSIC



@Armada Española

### BUQUE DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA (B/O) HESPÉRIDES

El B/O Hespérides entró en servicio en 1991 y ha efectuado desde entonces más de 120 campañas oceanográficas en la Antártida, Ártico y en los océanos Pacífico y Atlántico. El importante papel que desempeña en la investigación oceanográfica fue reconocido en 1995 como Gran Instalación Científica por la Comisión Asesora para las Grandes Instalaciones Científicas, actualmente denominadas Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS). El B/O Hespérides es un buque integrado en la Fuerza de Acción Marítima (FAM) de la Armada Española con base en Cartagena (Murcia). Su equipamiento científico esta integralmente gestionado por la Unidad de Tecnología Marina del CSIC.

Su casco está reforzado para navegar en las zonas polares de la Antártida y el Ártico. Su actividad principal se centra en los veranos australes, en los que

desarrolla campañas científicas en la Antártida y colabora en el apoyo a las bases antárticas españolas, así como en proyectos de investigación programados en éstas. Durante el resto del año, su actividad se realiza principalmente en el Atlántico, Pacífico y Mediterráneo, prestando apoyo a diferentes campañas científicas, así como al programa de cartografía de la Zona Económica Exclusiva del Ministerio de Defensa. Es un buque de investigación de ámbito global con instrumentación y laboratorios que le permiten investigar los recursos y riesgos naturales, el cambio global, los recursos marinos, la circulación oceánica global y la biodiversidad marina.

Algunas de las últimas campañas realizadas han permitido el estudio de la circulación de las masas de agua y el transporte de propiedades físicas y biogeoquímicas en el hemisferio sur del Océano Atlántico, explorándose las conexiones entre el Océano Atlántico Sur y el Océano Atlán-

tico tropical, con muy especial énfasis en los mecanismos de intercambio de propiedades en las dos zonas de estudio: la retroflexión de la Confluencia de Brasil-Malvinas y la retroflexión ecuatorial de la Corriente Profunda del Norte de Brasil.

Los resultados identifican a la Confluencia de Brasil-Malvinas como una barrera efectiva en las capas más superficiales de las regiones subantárticas y subtropicales pero que permite a las aguas subantárticas hundirse por debajo de las aguas centrales y recircular dentro del giro subtropical hacia la propia Confluencia. Al acercarse al ecuador, y a diferencia de lo que se había descrito hasta la fecha, la Corriente Profunda del Norte de Brasil no realiza una retroflexión súbita. En su lugar, las aguas de esta corriente son incorporadas progresivamente por la Corriente Ecuatorial Subsuperficial. Durante este proceso se añaden también aguas del giro tropical del Atlántico Norte, de modo que esta retroflexión se convier-

te en un mecanismo de mezcla y recirculación entre aguas de los dos hemisferios.

Este proyecto ha representado un firme posicionamiento de la oceanografía española en los estudios regionales y transatlánticos de la circulación y flujos, demostrado claramente la capacidad de este buque para realizar una cobertura observacional del Atlántico Sur, de gran interés no solo científico sino también geoestratégico para España.

[www.utm.csic.es/hesperides](http://www.utm.csic.es/hesperides) 

### BUQUES DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA (B/O) DEL CSIC

El **B/O García del Cid** fue botado en 1979. Se trata de un buque utilizado específicamente para la investigación científica marina y está al servicio de los grupos científicos nacionales o internacionales que desarrollan investigación oceanográfica. Sus áreas principales de trabajo son el Mediterráneo Occidental, la zona ibérica

del Atlántico y las Islas Canarias. Tiene su base en el puerto de Barcelona. El equipamiento del buque permite realizar investigación marina en ámbitos de oceanografía, geología y geofísica, así como en investigación pesquera experimental con artes bentónicos y pelágicos, o investigación de fitoplancton, zooplancton e ictioplancton. El buque está equipado con laboratorios húmedo y seco, pórtico en popa y chigres para trabajos en cubierta (20 m<sup>2</sup>), y diverso equipamiento acústico, y tiene una buena capacidad de maniobra para el fondeo y recogida de boyas, correntímetros, trampas de sedimentos, etc.

El **B/O Mytilus**, botado en 1997, tiene base en el puerto de Vigo (Pontevedra). Es un buque de investigación de ámbito costero y su dedicación a la investigación se centra en su mayor parte en el entorno de Galicia, aunque en ocasiones realiza investigación en otras zonas de la Península Ibérica y Canarias. Está diseñado para trabajos en biología marina, oceanografía física y geología marina.

El **B/O Sarmiento de Gamboa** fue botado en 2006 y está centrado en el estudio de la circulación oceánica global, la biodiversidad marina, los recursos pesqueros y el cambio climático. Dispone de equipamiento científico y técnico para desarrollar trabajos de Geofísica, Oceanografía, Biología y Geoquímica Marinas. Cuenta, además, con tecnologías avanzadas en cuanto a sistemas de navegación (como el posicionamiento dinámico) y ha sido el primer buque oceanográfico español en el que se pudo trabajar con vehículos operados por control remoto (ROV's, *Remote Operated Vehicle*) de altas profundidades. Actualmente es el buque de la flota con capacidad para realizar campañas de geofísica de acuerdo a los estándares actuales de la industria de prospección.

De hecho, las características de este buque han hecho posible que España participe en el programa GO-SHIP con una serie bienal de campañas oceanográficas donde se ha registrado la acidificación oceánica en las masas de agua del Atlán-



@IEO



tico Norte. Se ha realizado una observación integrada de las corrientes y propiedades físicas de toda la columna de agua con medidas de las propiedades químicas del agua (sistema del dióxido de carbono, oxígeno disuelto, materia orgánica, nutrientes, clorofluorocarbonos y óxido de nitrógeno) en una serie del orden de un centenar de estaciones que se extiende desde la península Ibérica hasta Groenlandia. Los resultados muestran que las tasas de acidificación en las capas profundas (>1000 metros) son muy similares a las tasas observadas en la superficie oceánica. En menos de 40 años, si se mantienen las actuales tasas de aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, la acidificación oceánica hará que el 70% de los arrecifes de coral de zonas profundas del Atlántico Norte, base de unos delicados ecosistemas marinos profundos con miles de años de historia, se encuentren viviendo en aguas corrosivas para sus estructuras calcáreas (29).

#### BUQUES DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA (B/O) DEL IEO

**El B/O Francisco de Paula Navarro** es un barco polivalente para pesca y oceanografía con puerto base en Palma de Mallorca. Este buque es utilizado habitualmente en campañas de pesca y oceanografía, en toda la costa española y, principalmente, en el Mediterráneo. Con una eslora total de 30,5 m, tiene una capacidad para 17 personas a bordo entre el equipo científico y la tripulación. Puede realizar desde estudios de geomorfología, hidrografía y plancton, hasta proyectos de cartografiado de hábitats bentónicos y pelágicos, áreas marinas protegidas, contaminación y evaluación de ecosistemas y recursos vivos explotados.

**El B/O Ramón Margalef** fue entregado en 2011 y está especialmente diseñado para la investigación oceanográfica y pesquera, incluyendo el estudio integrado de los ecosistemas. Por sus dimensiones y capacidades, está catalogado como un buque de ámbito regional. Tiene 10 días de au-

tonomía y espacio para 11 investigadores y técnicos, además de sus 14 tripulantes. Desarrolla su actividad en el ámbito nacional y mares adyacentes y cuenta con tecnología puntera para estudiar la geología marina, oceanografía física y química, biología marina, pesquerías y control medioambiental.

**El B/O Ángeles Alvariño** fue entregado en 2012. Este buque aporta a la flota oceanográfica nacional y europea un laboratorio flotante dotado con las últimas tecnologías. También catalogado como buque de ámbito regional, como el anterior ambos tienen capacidad para emplear el ROV LIROPUS; cuenta con capacidad para alojar a 13 investigadores y técnicos, además de sus 14 tripulantes. También cuenta con un diseño que asegura niveles bajos de ruido radiado al agua, lo que le permite trabajar sin alterar el comportamiento natural de la fauna marina. Su avanzada tecnología permite estudiar la geología marina, oceanografía física y química, biología marina, pesquerías y control medioambiental.

Estos dos últimos buques prácticamente se estrenaron con una actividad relacionada con un suceso extraordinariamente mediático como fue la erupción volcánica submarina en las proximidades de la isla de El Hierro (Islas Canarias) en octubre de 2011. Se ha podido estudiar por primera vez el nacimiento de un volcán submarino en el territorio español, bautizado como volcán Tagoro. El monitoreo de la variabilidad de las propiedades físico-químicas durante las diferentes fases de evolución del volcán (pre-eruptiva, eruptiva y desgasificación) ha suministrado información muy valiosa para la determinación de claves en su comportamiento interno y la perturbación al ecosistema marino que lo rodea. Este ecosistema se ha convertido en un laboratorio natural para estudiar cómo la vida marina se puede adaptar, o no, a condiciones de cambio climático extremas (30, 31).

El archipiélago canario es una zona sensible a erupciones volcánicas sub-

marinas. Debido al carácter aleatorio e imprevisible de las erupciones, se considera de vital importancia la realización de evaluaciones de riesgos adecuadas que maximicen la seguridad de los núcleos poblacionales cercanos. Estas actividades son fundamentales no solo para conocer cómo se comporta un volcán submarino desde su origen, sino, además, para conocer el comportamiento interno evolutivo durante sus diferentes fases, aplicable, entre otros muchos campos, a la posible generación de herramientas de alerta temprana.



[www.ieo.es/web/ieo/flota](http://www.ieo.es/web/ieo/flota)

#### BUQUE DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA (B/O) SOCIB EI B/O SOCIB

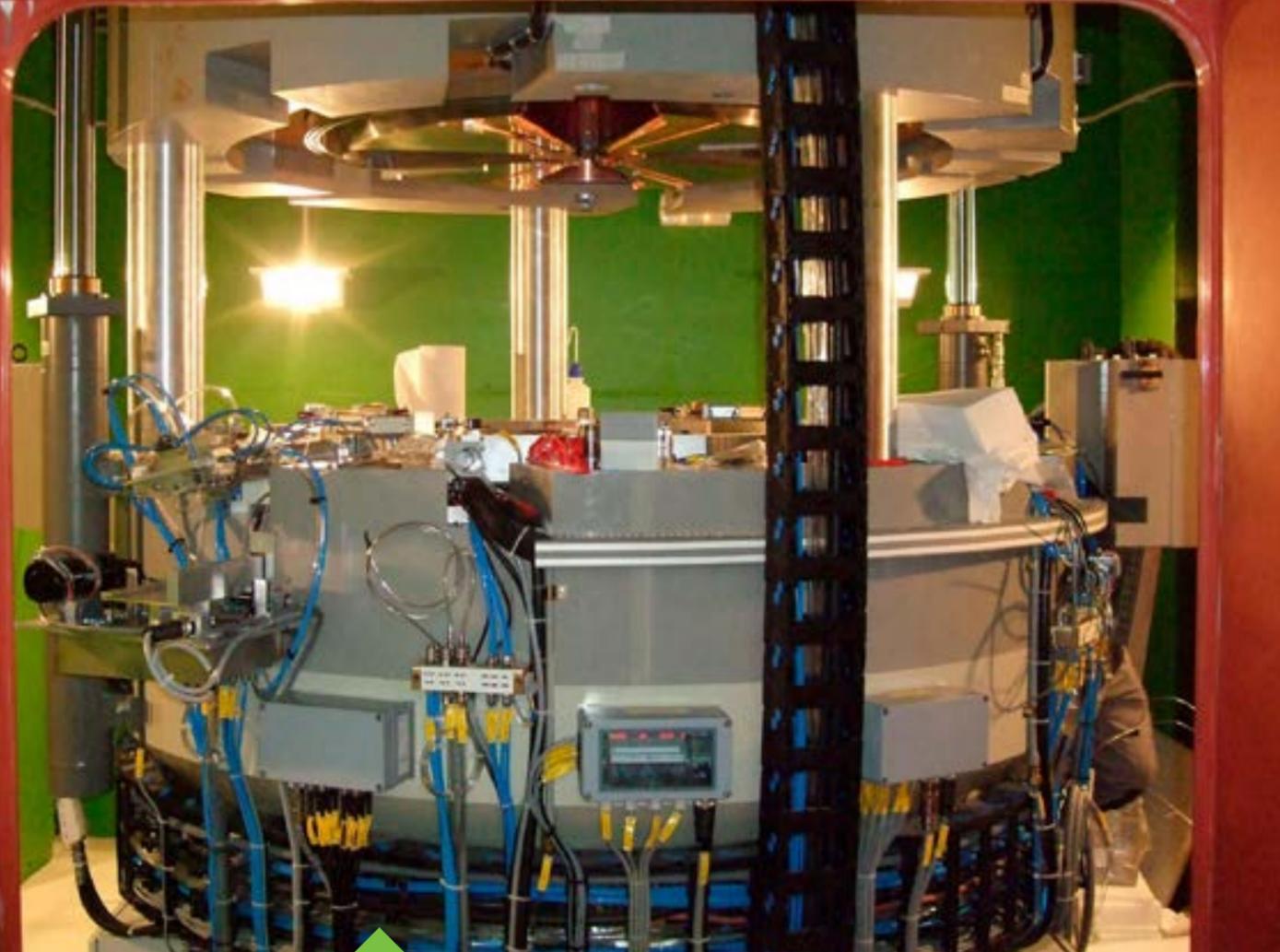
es un catamarán de 24 m de eslora desarrollado como parte de la estrategia observacional del consorcio Sistema de Observación Costero de las Islas Baleares (SOCIB). Este catamarán es una

herramienta valiosa para la comunidad científica y la sociedad de las Islas Baleares formando parte de las herramientas de la ICTS SOCIB para dar respuesta a elementos estratégicos en las islas, como el cambio climático o la preservación sostenible de los recursos vivos en el Mar Balear, la optimización y gestión de Áreas Marinas Protegidas, la caracterización tridimensional de la variabilidad física y de la respuesta de los ecosistemas marinos. Es también un elemento clave en la respuesta rápida ante vertidos de petróleo, los estudios para la conservación del atún rojo y la proliferación de medusas, en ambos casos, en relación directa con los programas rutinarios de monitorización en aguas de Baleares, de importancia global e interés estratégico por ser las Islas Baleares un «punto caliente» de biodiversidad internacionalmente reconocido.



[www.utm.csic.es](http://www.utm.csic.es)





## RED DISTRIBUIDA DE IMAGEN BIOMÉDICA (ReDIB)



www.redib.net

Esta ICTS distribuida está compuesta por cuatro nodos:

- **La Infraestructura de Imagen Traslacional Avanzada (TRIMA) está localizada en el Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares Carlos III (CNIC, Madrid)** y está en funcionamiento desde 2010. Está organizada en tres plataformas: Imagen Molecular y Funcional, Imagen Avanzada e Imagen de Alto Rendimiento. Es una infraestructura con vocación traslacional con tecnologías de última generación para avanzar en el estudio de diferentes enfermedades y patologías cardiovasculares desde el nivel molecular hasta los tejidos, para estudios preclínicos de animal pequeño, pudiendo aplicarse también a humanos.
- **La Plataforma de Imagen Molecular y Funcional es parte integrante del Centro de**

**Investigación Cooperativa en Biomateriales (CIC biomaGUNE, San Sebastián)**, abierto en 2006. Ha sido diseñada, construida y equipada para realizar proyectos de investigación longitudinales y multimodales en el ámbito preclínico, así como para desarrollar aplicaciones en las áreas de Imagen Molecular y Funcional Preclínica y en Nanomedicina.

- **La Unidad de Bio-imagen en la Universidad Complutense de Madrid (BiolmaC)** está compuesta por las instalaciones de Resonancia Magnética Nuclear y de Espín Electrónico, de Cartografía Cerebral y de Diagnóstico por Imagen.

- **La Unidad de Imagen Médica del Hospital Universitario y Politécnico La Fe, en Valencia**, compuesta por el Grupo de Investigación Biomédica en Imagen, GIBI230, y la Plataforma de Radiología Experimental y Biomarcadores de Imagen, PREBI, cuya misión es potenciar y desarrollar el uso de las técnicas de imagen y los biomarcadores para optimizar la eficiencia diagnóstica y terapéutica de la imagen médica a través de un abordaje multidisciplinar y multimodalidad, en investigación clínica asistencial y experimentación animal.

El equipamiento, personal y organización de esta infraestructura constituye un conjunto

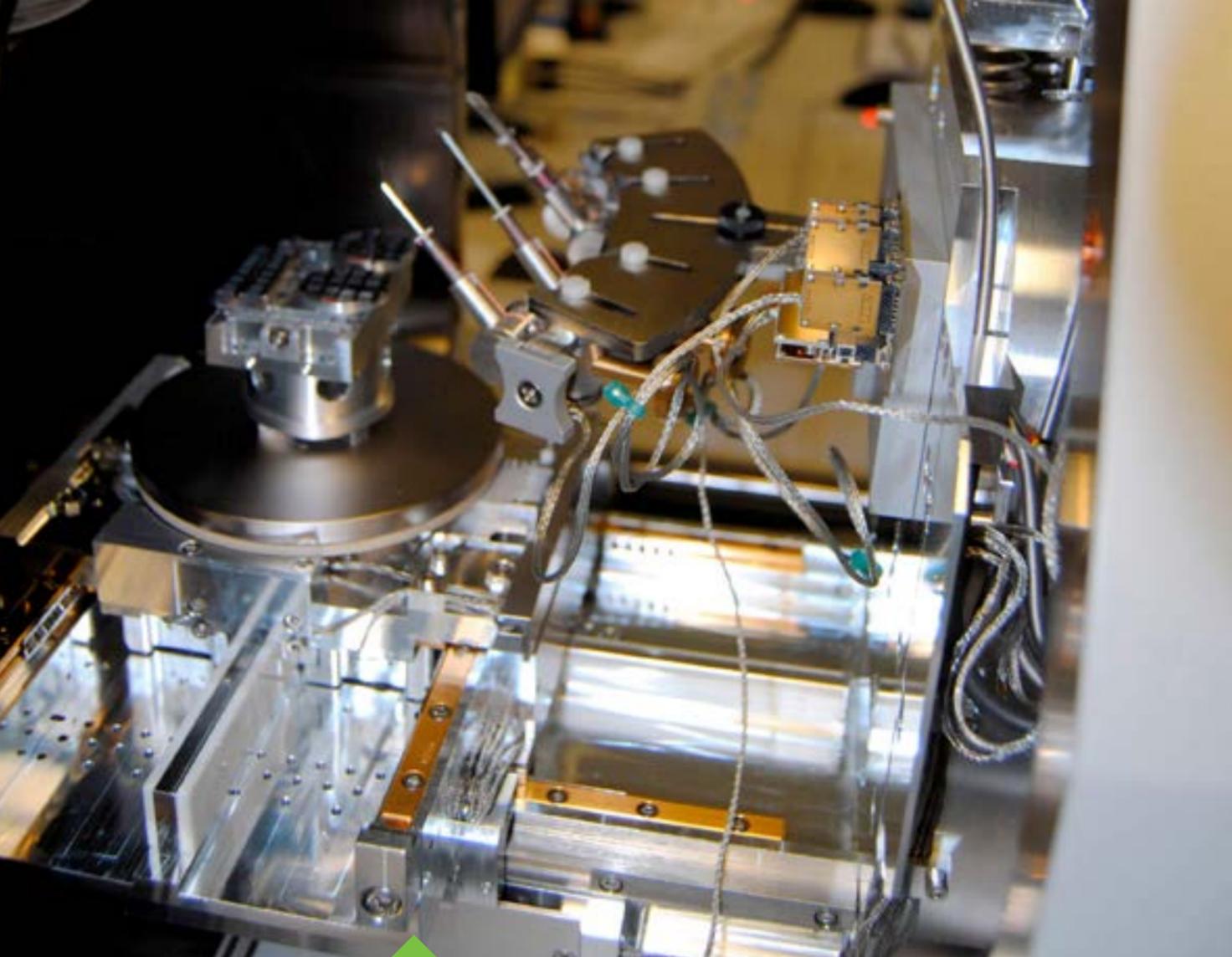
dinámico para dar servicio a la comunidad científica en el campo de la imagen molecular y funcional e imagen avanzada. Incluye tecnologías y recursos de última generación para dar servicio a investigadores del campo de la imagen biomédica. Aunque estas tecnologías se pueden aplicar en estudios de muy variada naturaleza, se ilustrará su utilización en el desarrollo de nuevos fármacos.

A nivel preclínico, y utilizando una técnica de imagen no invasiva como es la resonancia magnética de alto campo, disponible en la Plataforma de Imagen Molecular y Funcional de CIC biomaGUNE, se ha evaluado la efectividad en ratón de un nuevo tratamiento neuroreparador para el infarto cerebral. Esta patología tiene un gran impacto socio-económico y representa en Europa la segunda causa de muerte entre adultos. Los pacientes que lo sufren durante el sueño suponen un 14% de todos los casos registrados. No existe un tratamiento específico para estos pacientes, siendo necesario el desarrollo de nuevos tratamientos. La resonancia magnética es uno de los métodos líderes en la investigación del infarto cerebral ya que permite obtener información sobre el estado, la evolución o monitorizar el éxito de un tratamiento de una manera no invasiva. La conjunción de la información del tamaño de infarto antes y después del tratamiento obte-

nida mediante esta técnica, junto con la mejora neurológica del animal permite obtener una evaluación del tratamiento aplicado y su futuro como tratamiento en humanos.

A nivel clínico, y gracias a la resonancia magnética nuclear de 3 Tesla aportada por la infraestructura TRIMA-CNIC, se ha propuesto una alternativa con un mejor perfil de tolerancia en el tratamiento de los pacientes con Síndrome de Marfan (SM). Es una enfermedad hereditaria que ocurre en 1 de cada 3000-5000 nacimientos y afecta al tejido conectivo. Alrededor del 90% de los pacientes con SM tendrán una complicación cardiovascular durante su vida. Mediante la utilización de resonancia magnética nuclear y ecocardiografía, se comparó la eficacia y la seguridad de un nuevo fármaco, losartán con menos contraindicaciones y efectos secundarios que el tratamiento estándar. El objetivo fue evitar la dilatación de la aorta y la aparición de complicaciones. Los resultados de este estudio han aportado una evidencia científica robusta con repercusión a nivel internacional y se ha conseguido aportar conocimiento, útil y relevante a largo plazo, para mejorar el tratamiento de los pacientes con SM con un fármaco alternativo (32).





## INFRAESTRUCTURA INTEGRADA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE MATERIALES (ELECMI)

[www.elecmi.es](http://www.elecmi.es)



- ◆ CENTRO NACIONAL DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA (CNME) EN MADRID
- ◆ LABORATORIO DE MICROSCOPIAS AVANZADAS (LMA) EN ZARAGOZA
- ◆ DIVISIÓN DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
- ◆ UNIDAD DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA APLICADA A MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA



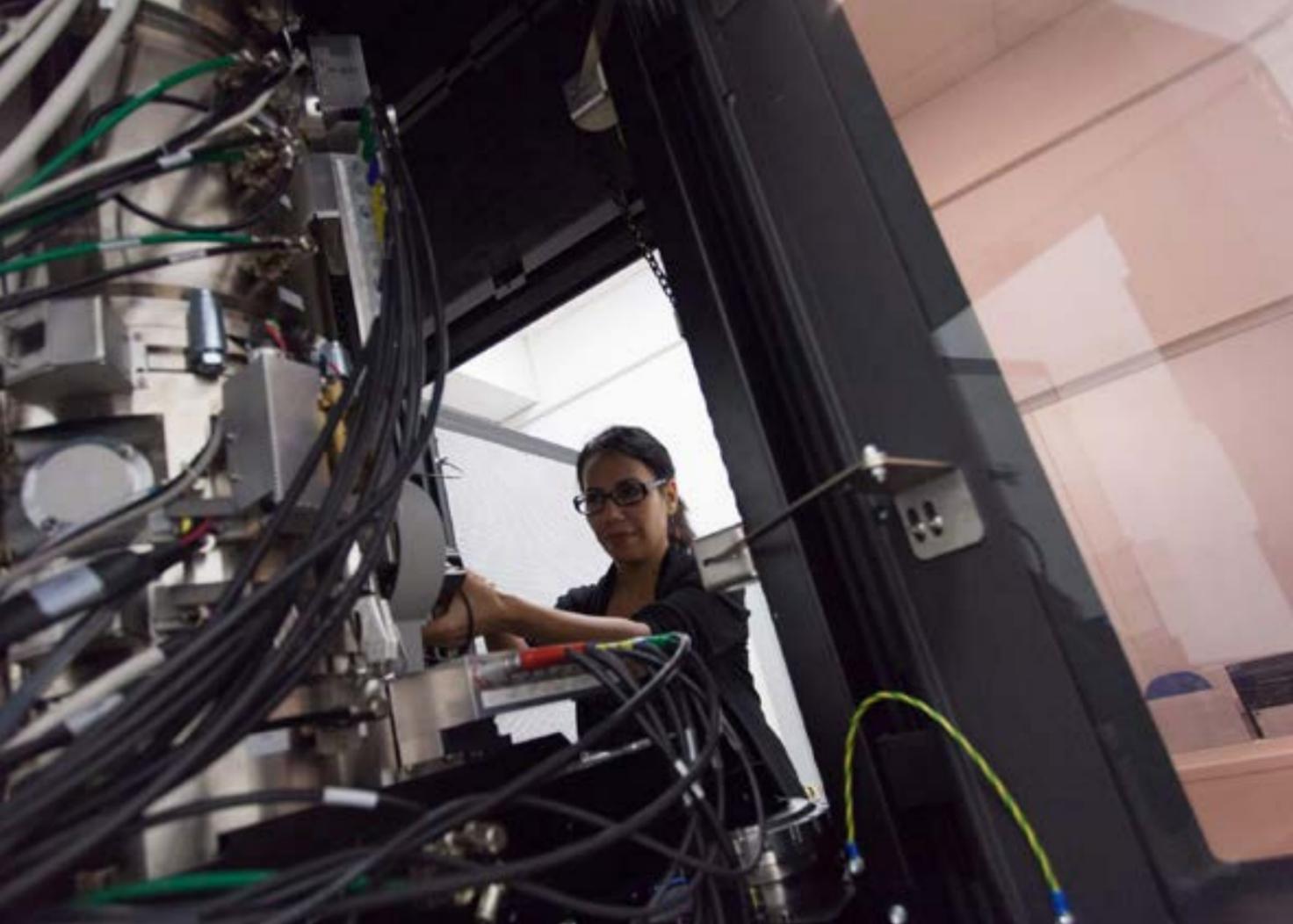
- **Centro Nacional de Microscopía Electrónica (CNME) en Madrid**, cuya gestión está regulada por la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y por el Vicerrectorado de Investigación y Política Científica de la UCM. Se encuentra localizada en la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM.
- **Laboratorio de Microscopías Avanzadas (LMA) en Zaragoza**, depende

administrativamente de la Universidad de Zaragoza a través del Instituto de Nanociencia de Aragón y se ubica en el Campus Río Ebro de Zaragoza.

- **División de Microscopía Electrónica de la Universidad de Cádiz**, se ubica en el Campus de Puerto Real de esta universidad y forma parte de los servicios Centrales de Investigación Científica y Tecnológica de la misma.

- **Unidad de Microscopía Electrónica aplicada a Materiales de la Universidad de Barcelona**, está instalada en el Parque Científico de Barcelona y forma parte de los Centros Científicos y Tecnológicos de dicha universidad (CCIT).





En su conjunto, ofrecen equipamientos de microscopía con factores exclusivos en su diseño que los hacen complementarios en aplicaciones que cubren desde la caracterización cristaloquímica de materiales hasta la catálisis, materiales para la energía, funcionales y comunicaciones. Tienen como objetivo desarrollar, implementar y ofertar a la comunidad científica y a la industria, tanto nacional como internacional, los métodos y técnicas más avanzados en microscopía electrónica que permitan la observación, análisis, caracterización y manipulación de materiales, tanto inorgánicos como orgánicos, con resolución atómica. Incluye un amplio rango de equipos de transmisión, barrido, microsondas, microscopía de fuerzas y están equipados con microscopios de última generación dotados de correctores de aberración.

A modo ilustrativo se pueden mencionar dos avances significativos en la caracterización y manipulación de materiales para tamices moleculares. Estos tamices son sólidos microporosos que actúan de filtros dejando pasar sólo aquellas moléculas que sean más pequeñas que los poros, tienen multitud de aplicaciones en procesos industriales de muy distinta naturaleza. La zeolita es un material de gran interés utilizado como tamiz desde hace varias décadas, se utilizan habitualmente en muchos procesos catalíticos (procesos que permiten aumentar la velocidad de las reacciones químicas) y tienen un gran impacto en industrias como la petroquímica, la química fina o la separación de gases. En función de su composición química y la topología de sus poros estructurales se pueden desarrollar distintas reacciones químicas. Con el microscopio FEI - Titan

Low Base del LMA se han caracterizado unas zeolitas sintéticas en las que se han introducido átomos metálicos y agrupaciones de éstos. Estos sistemas son muy interesantes en el campo de la catálisis. Se han podido identificar átomos aislados en el interior de las zeolitas, esto ha constituido un hito ya que dichos materiales son muy sensibles al haz de electrones y esto dificulta enormemente su observación y análisis (33).

Por otra parte, con el microscopio JEM ARM200cF que se encuentra en el CNME, se ha caracterizado la estructura de un nuevo material OMS (del inglés «octahedral molecular sieves», tamices moleculares octaédricos) con propiedades electrocromáticas, es decir, que cambia de color de forma reversible cuando se les aplica una carga eléctrica. La extremada



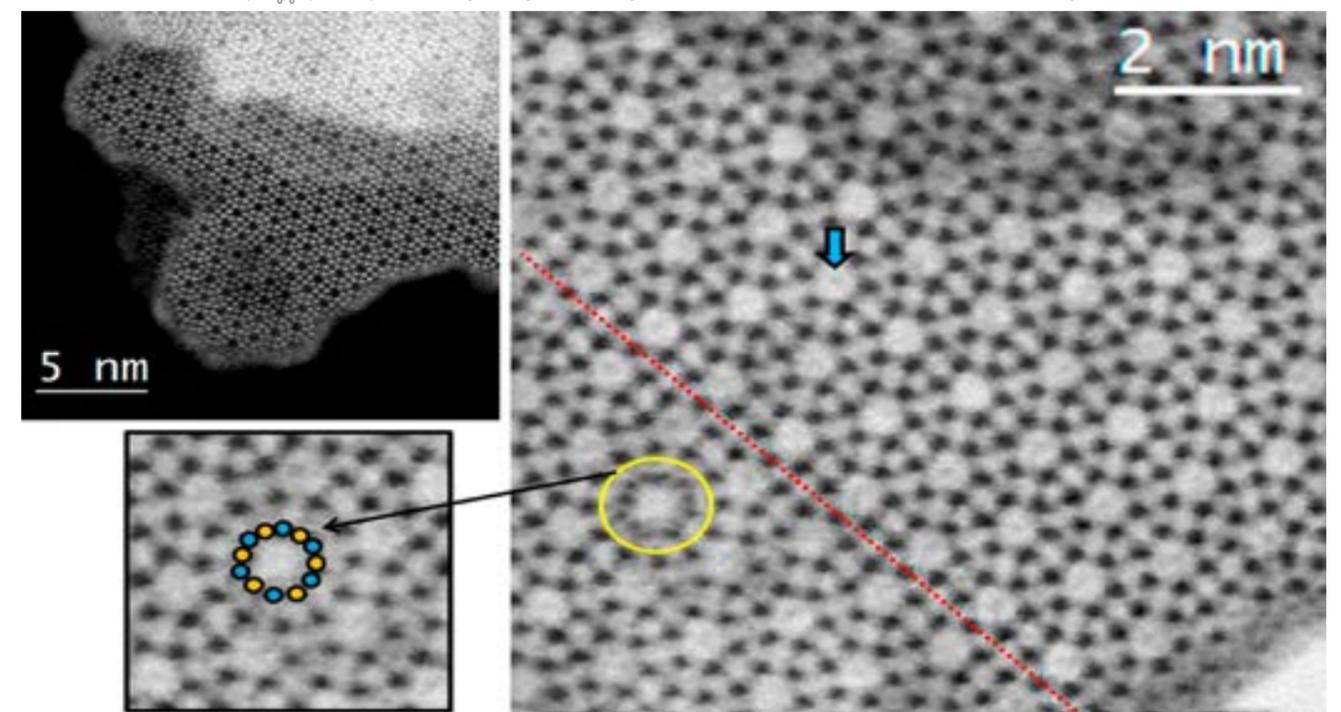
sensibilidad del material al daño provocado por el haz de electrones, unido a la necesidad de describir a nivel atómico la nueva estructura hexagonal del óxido de wolframio ( $WO_3$ ) nanométrico, hace indispensable el uso de un microscopio electrónico de transmisión con corrector en la lente condensadora que pueda trabajar a voltajes relativamente bajos, como es el utilizado en este estudio. Los materiales OMS son un tipo de tamices moleculares que tienen mayor versatilidad y que amplían sus aplicaciones a un amplio rango de áreas tales

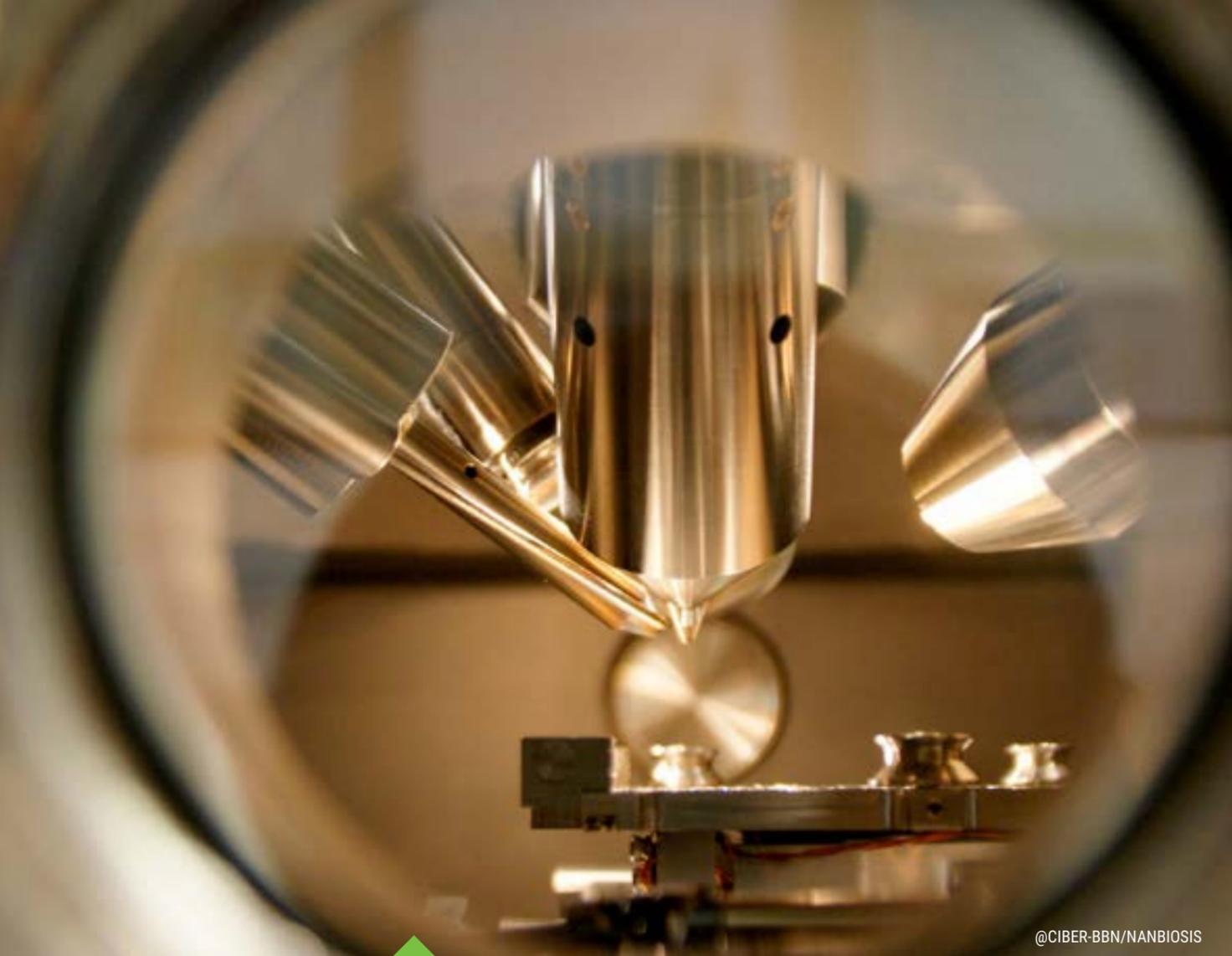
como sensores, almacenamiento de energía, materiales para baterías, recuperación medioambiental, etc. La detallada caracterización de estos materiales que permite la aplicación de las avanzadas tecnologías de estas instalaciones de microscopía electrónica permite abrir nuevos campos de aplicación y profundizar y ser más eficaces en los ya existentes (34).

Para obtener imágenes con resolución atómica en sistemas sensibles bajo el haz de electrones es necesario un equipo con

corrector de aberración que, además, esté alineado a bajos voltajes para minimizar el daño causado por el haz y esté provisto de un sistema de detección rápido con buena relación señal ruido. El microscopio JEOL GRANDARM 300cFEG, instalado en el CNME reúne estas características y se ha utilizado para identificar macrociclos del tipo MINT-AQ (*rotaxane-like mechanically interlocked nanotube derivatives*) entorno a nanotubos de carbono de pared sencilla, lo que ha contribuido a entender la actividad catalítica de estos sistemas (35).

Arriba izquierda: Imagen HAADF con resolución atómica de una nanoplaqueta de  $WO_3$ . Los puntos brillantes corresponden a columnas atómicas de W. La estructura se basa en anillos ( $WO_6$ )<sub>n</sub> que se apilan a lo largo del eje c dando lugar a túneles de diámetro interno 0,48 nm. Derecha: Imagen ABF con resolución atómica.





@CIBER-BBN/NANBIOSIS



@CCMIJU / NANBIOSIS

• **El Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBER), en su área de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN).** CIBER es un consorcio dependiente del Instituto de Salud Carlos III (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) creado en 2006 y organizado en once áreas de investigación temática. El área CIBER-BBN actualmente reúne 46 grupos de investigación seleccionados en todo el territorio nacional en base a su excelencia científica, con el objetivo de realizar investigación tras-

lacional en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina y transferir los resultados a la industria.

• **El Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón (CCMIJU), centro público de investigación,** cuya misión estratégica se centra en contribuir al aumento del conocimiento y uso de las tecnologías relacionadas con la biomedicina y la cirugía mínimamente invasiva. Está localizado en Cáceres.

• **BIONAND es un centro con carácter mixto, participado por la Junta de Andalucía y la Universidad de Málaga,** concebido como espacio para la investigación de excelencia en nanomedicina que permite generar nuevos sistemas de diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades a partir de la creación y desarrollo de dispositivos, materiales y abordajes a escala nanométrica.

**INFRAESTRUCTURA INTEGRADA DE PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE NANOMATERIALES, BIOMATERIALES Y SISTEMAS EN BIOMEDICINA (NANBIOSIS)**

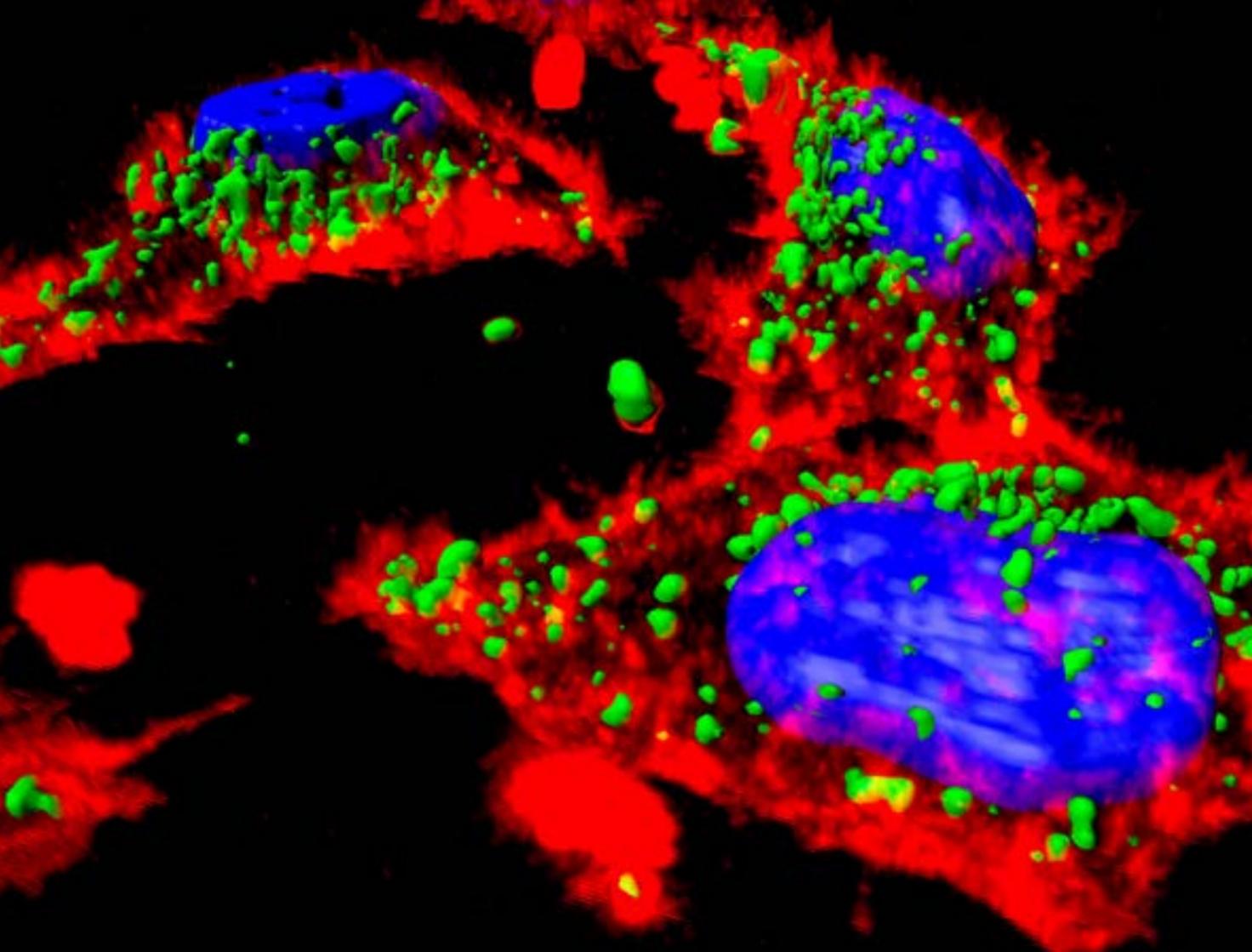
- ◆ PLATAFORMAS DE BIOINGENIERÍA, BIOMATERIALES Y NANOMEDICINA DEL CIBER-BBN
- ◆ INFRAESTRUCTURA PRECLÍNICA Y DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE MÍNIMA INVASIÓN DEL CCMIJU
- ◆ CENTRO ANDALUZ DE NANOMEDICINA Y BIOTECNOLOGÍA (BIONAND)



[www.nanbiosis.es](http://www.nanbiosis.es)



@CCMIJU / NANBIOSIS



Penetrabilidad celular de una única proteína, sistema de liberación de fármacos a nanoescala en células diana en cultivo. La fluorescencia indica nanopartículas proteicas en los compartimentos endosomales (36).

La ICTS NANBIOSIS está organizada en cinco plataformas:

- 1- Producción de biomoléculas
- 2- Producción de biomateriales y nanomateriales
- 3- Validación preclínica: caracterización de tejidos, biomateriales y de superficies
- 4- Validación preclínica: bioimagen
- 5- Cómputo de alto rendimiento.

Estas plataformas integran 27 unidades complementarias y coordinadas, ubicadas en diferentes centros de Andalucía, Aragón, Cataluña, Extremadura, Madrid y País Vasco.

NANBIOSIS, a través de un sistema de ventanilla única, proporciona soluciones

integradas, a medida, para los desafíos que encuentran los investigadores en nanomedicina, diagnóstico médico e ingeniería de tejidos y dispositivos de medicina regenerativa, incluyendo diseño y producción de bio-nanomateriales y sus nanoconjugados, y la caracterización de estos y de tejidos y dispositivos médicos, desde un punto de vista físico-químico, funcional, toxicológico y biológico hasta la validación preclínica *in vivo*.

NANBIOSIS ofrece soluciones en múltiples campos de aplicación y su configuración permite realizar estudios de vanguardia multidisciplinarios. A continuación se citan algunos ejemplos.

La caracterización de nanopartículas poliméricas como vehículos de fármacos,

preparadas por nano-emulsión, método muy ventajoso en términos de versatilidad, robustez, seguridad y eficiencia. La Unidad 12 de NANBIOSIS ha utilizado un método novedoso para preparar nanopartículas de ácido poliláctico-poliglicólico (PLGA) funcionalizadas con péptidos penetrantes de células (CPP), que penetran la membrana celular y liberan fármacos en el interior de las células de manera controlada. El tamaño inferior de estas nanopartículas al proporcionado por otros métodos supone una ventaja para su uso *in vivo* (36).

Para cáncer colorectal las unidades 1 y 18, en colaboración con Nanoligent S.L., han desarrollado un medicamento con resultados prometedores en fase preclínica, que previene la aparición de



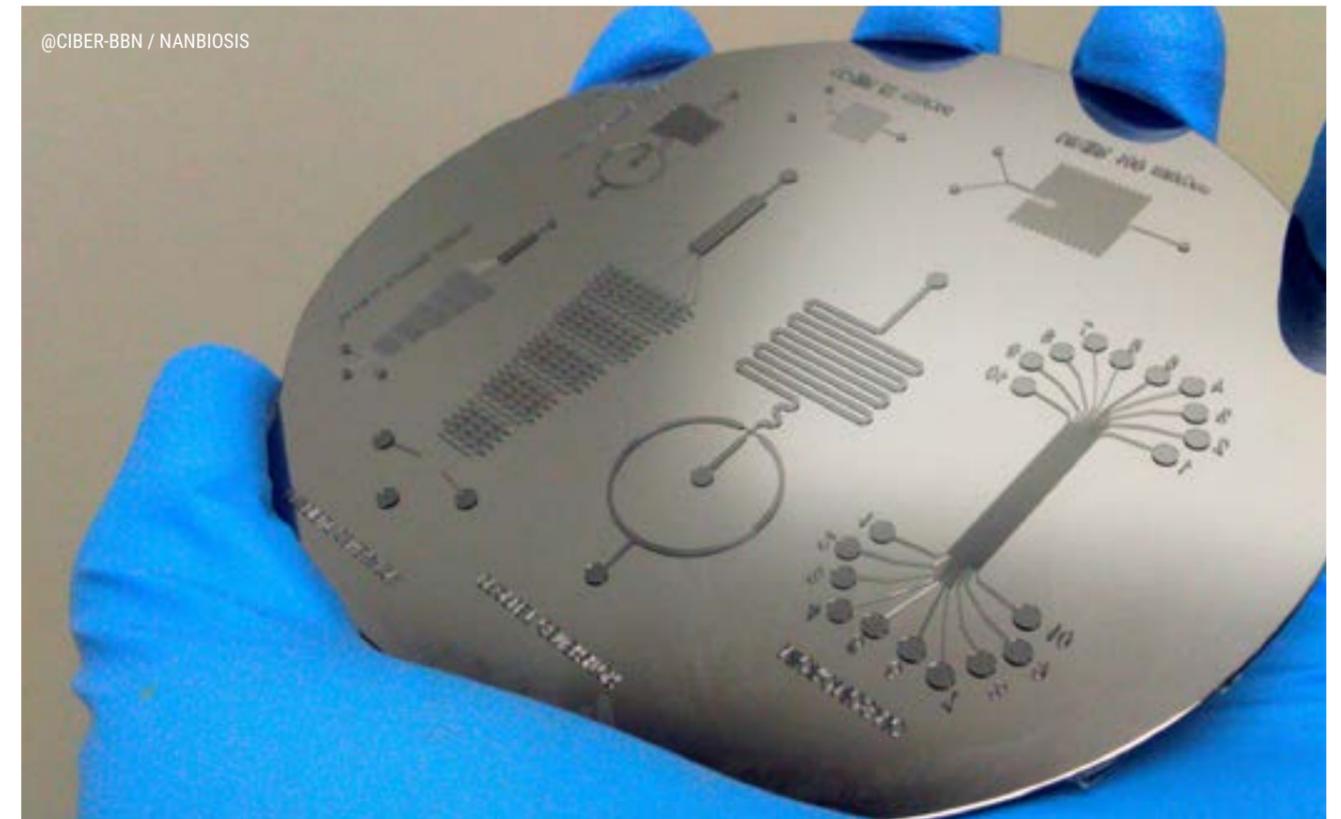
@CCMIJU / NANBIOSIS

metástasis, eliminando las células metastásicas antes de que colonicen órganos distantes, con toxicidad insignificante en tejidos no tumorales. Es un sistema de administración de fármacos innovador basado en bionanotecnologías emergentes, con nanopartículas proteicas que entregan selectivamente el agente terapéutico a las células tumorales, evitando los efectos secundarios de la quimioterapia. Cuando esta tecnología demuestre su eficacia también en humanos podrá dirigirse al tratamiento de otros tipos de tumores (37).

En la lucha contra las infecciones, la unidad 4, en colaboración con grupos de investigación y empresas en un proyecto

europeo, ha desarrollado un dispositivo portátil y autónomo basado en interferometría óptica para la detección directa de bacterias en plasma de pacientes con sepsis. La contribución de la Unidad 4 ha sido clave para la generación de los chips sensores biofuncionalizados con receptores específicos siguiendo un patrón en formato *microarray*, es decir, mediante la deposición de gotas de tamaño controlado dispuestas espacialmente con elevada precisión. El ensayo optimizado requiere volúmenes pequeños de muestra de paciente y ofrece elevada sensibilidad, habiendo sido ya validado con muestras reales de pacientes (38).

En el área de la cirugía y los biomateriales, la U14 de NANBIOSIS, *Cell Therapy Unit*, en colaboración con la U21, *Experimental Operating Rooms*, ubicadas en el CCMIJU, ha desarrollado una malla quirúrgica bioactiva para reducir el proceso inflamatorio asociado a la implantación de este tipo de materiales. Esta malla bioactiva está recubierta por células madre adultas y en modelos animales ha demostrado tener un efecto beneficioso en la biocompatibilidad de este tipo de materiales. Se espera que estos resultados sean igualmente beneficiosos en pacientes que lo necesiten (39).



@CIBER-BBN / NANBIOSIS



Esta Infraestructura está integrada por las siguientes instalaciones:

- **La Plataforma de Secuenciación del Centro Nacional de Análisis Genómico (CNAG-CRG) y la Plataforma de Proteómica del Centro de Regulación Genómica (CRG).** El CNAG-CRG cuenta con un parque de secuenciadores de ADN capaces de secuenciar más de 4.000 Gigabases al día, lo que equivale a 40 genomas humanos completos cada 24 h. Es el mayor centro de genómica de España y una de las infraestructuras

con mayor capacidad de secuenciación de Europa. La Plataforma de Proteómica del CRG se encuentra en el *Parc de Recerca Biomedica* de Barcelona y está participada por la Universidad Pompeu Fabra. Dispone de los espectrómetros de masas más avanzados y ofrece servicios completos de proteómica mediante técnicas cuantitativas basadas en espectrometría de masas que se complementan con los servicios de genómica ofrecidos por la Plataforma de Secuenciación.

- **La Plataforma de Metabolómica del Centro de Ciencias Ómicas (COS)** es de titularidad de la Universidad Rovira y Virgili y está gestionado por el Centro Tecnológico de Eurecat. La integración de múltiples tecnologías en metabolómica y proteómica permite utilizar las más idóneas, o la combinación de ellas, para determinar el perfilado metabólico. El COS utiliza estas tecnologías para mejorar el conocimiento y las aplicaciones innovadoras en salud, alimentación animal y humana, e industrias farmacéuticas y medioambientales.

## INFRAESTRUCTURA DE TECNOLOGÍAS ÓMICAS (OMICSTECH)

- ◆ PLATAFORMA DE SECUENCIACIÓN (CNAG-CRG) Y PROTEÓMICA (PP-CRG)
- ◆ PLATAFORMA DE METABOLÓMICA DEL CENTRO DE CIENCIAS ÓMICAS (COS)



© CRG 2019. All rights reserved



En su conjunto, esta ICTS dispone de todo el espectro de tecnologías necesarias para analizar todos los elementos que integran los sistemas biológicos, incluyendo ADN, ARN, marcadores epigenómicos, proteínas, metabolitos y elementos estructurales como las membranas.

La Plataforma de Secuenciación del CNAG-CRG es la única instalación de nuestro país que ofrece secuenciación de ácidos nucleicos a partir de células individuales. Esta capacidad ha permitido revelar un nuevo mecanismo de envejecimiento de la piel estudiando el ARN de fibroblastos individuales de piel de ratón. Estas células pierden su identidad celular con la edad, adquiriendo características de adipocitos (células grasas). El descubrimiento abre nuevas vías para

buscar antídotos que contrarresten el envejecimiento celular y sus efectos en el organismo, pudiendo tener, a largo plazo, aplicaciones no solo cosméticas sino también terapéuticas en procesos de cicatrización(40).

Por otro lado, la actividad conjunta de las Plataformas de Secuenciación (CNAG-CRG) y de Proteómica (PP-CRG) ha permitido, establecer el origen unicelular de los mecanismos de diferenciación y señalización celular de los organismos multicelulares actuales. En este estudio, se aplicaron técnicas de secuenciación masiva en *Capsaspora owczarzakii*, el pariente unicelular de los animales con el repertorio genético más grande conocido para la regulación transcripcional. El uso de estas técnicas permitió el estudio de miles

de genes y proteínas al mismo tiempo, así como sus modificaciones.

Con estos datos, los investigadores descubrieron diferencias cruciales en la regulación génica y en las cantidades de ciertas proteínas y sus modificaciones asociadas entre los estados unicelulares y colectivos del organismo *Capsaspora*. Estas observaciones han permitido establecer el origen unicelular de los mecanismos de diferenciación y señalización celular que actualmente se encuentran en seres multicelulares como los animales. Estas investigaciones son relevantes para conocer el origen de los organismos multicelulares y entender cómo mecanismos ancestrales establecieron las bases del funcionamiento de los animales actuales (41, 42).

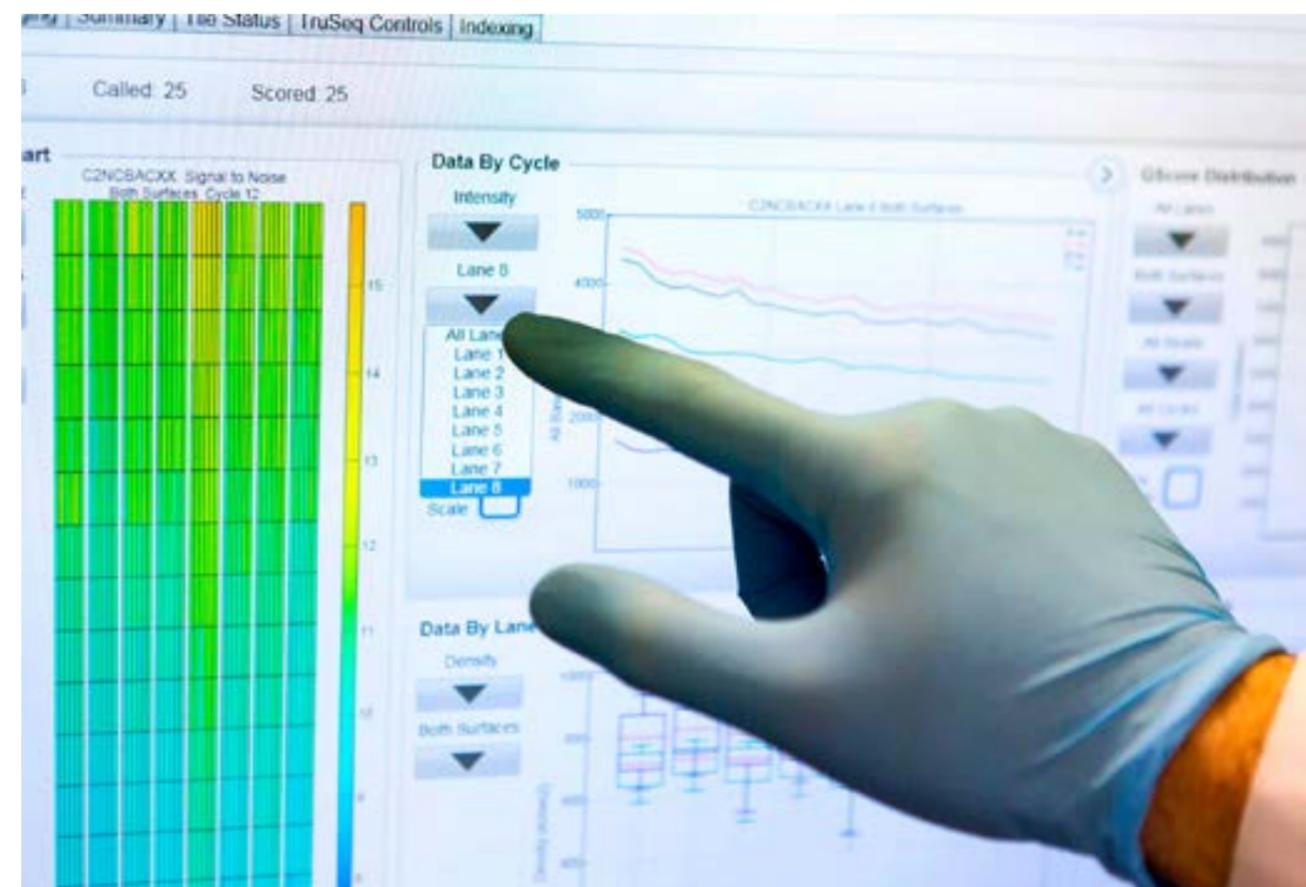


En el campo de la metabolómica, y en el contexto del Proyecto «GCAT/Genomas por la Vida», el COS realizó la caracterización de metabolitos en 5.000 muestras de plasma humano para la identificación de marcadores metabólicos para su aplicación en estudios globales de asociación del metaboloma y la identificación de endofenotipos determinados genéticamente. Se aplicaron metodologías que permitieron asegurar la homogeneidad y comparabilidad de los datos a lo largo de

todo el estudio, y con datos futuros, en caso de continuidad.

La viabilidad de la metabolómica para el descubrimiento de biomarcadores se apoya en el supuesto de que los metabolitos son actores importantes en los sistemas biológicos y que las enfermedades causan la interrupción o mal funcionamiento de las vías bioquímicas. El análisis sistemático de los metabolitos de bajo peso molecular en muestras biológicas se ha con-

vertido en una herramienta importante en la investigación clínica y en el diagnóstico de enfermedades, aplicándose como es el caso de este proyecto, al descubrimiento y la identificación de las vías metabólicas alteradas, ofreciendo un enfoque holístico con la promesa de mejorar clínicamente los diagnósticos, la comprensión de los mecanismos subyacentes de las enfermedades, ayudar a identificar a los pacientes con riesgo de enfermedad y predecir la respuesta a tratamientos específicos.





@CEHIPAR\_INTA

## INFRAESTRUCTURAS AGREGADAS PARA LA INVESTIGACIÓN HIDRÁULICA MARÍTIMA (MARHIS)

- ◆ GRAN TANQUE DE INGENIERÍA MARÍTIMA DE CANTABRIA (GTIM-CCOB)
- ◆ INFRAESTRUCTURAS INTEGRADAS COSTERAS PARA EXPERIMENTACIÓN Y SIMULACIÓN (iCIEM)
- ◆ CENTRO DE EXPERIENCIAS HIDRODINÁMICA DE EL PARDO (CEHIPAR)
- ◆ PLATAFORMA DE ENERGÍA MARINA DE VIZCAYA (BiMEP)
- ◆ BANCO DE ENSAYOS DE LA PLATAFORMA OCEÁNICA DE CANARIAS (PLOCAN TS)



[www.ictsmarhis.com/en](http://www.ictsmarhis.com/en)

MARHIS (*Maritime Aggregated Research Hydraulic Infrastructures*) es una ICTS distribuida que pretende incrementar la competitividad y eficiencia de las ICTS españolas en el ámbito de la ingeniería hidráulica marítima (costera, portuaria y *offshore*) ofreciendo sus infraestructuras y servicios tecnológicos asociados de modo coordinado. Está formada por:

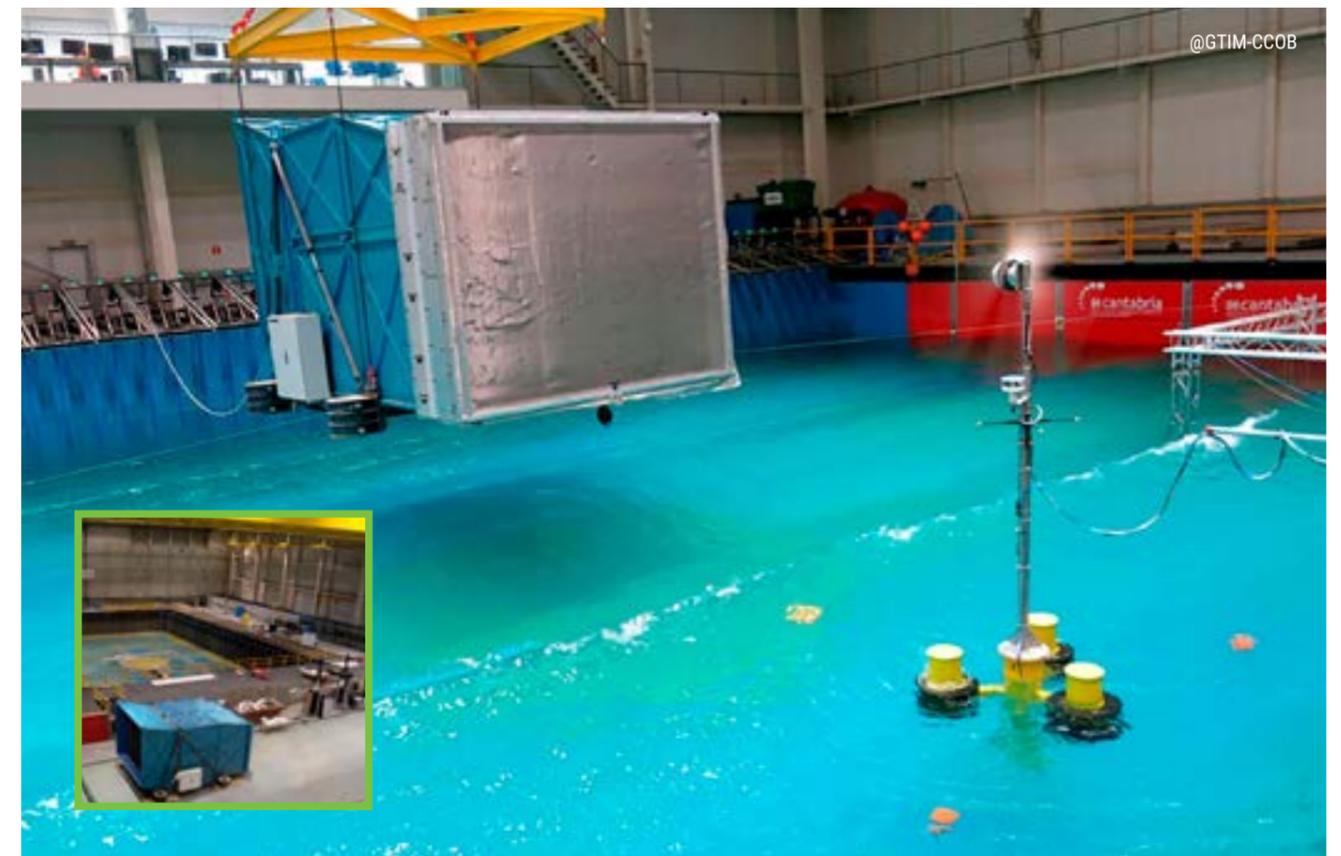
- **Gran Tanque de Ingeniería Marítima de Cantabria / Cantabria Coastal and Ocean Basin (GTIM-CCOB)** ubicado en el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria (PCTCAN, Santander) y gestionado por la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental.
- **Infraestructuras Integradas Costeras para Experimentación y Simulación/ Integrated Coastal Infrastructures for Experimentation and Modelling (iCIEM)**, gestionada por el Laboratorio de Ingeniería Marítima, centro específico de investigación de

la Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona Tech (LIM/UPC) y distribuida en diferentes localizaciones del área litoral de Barcelona.

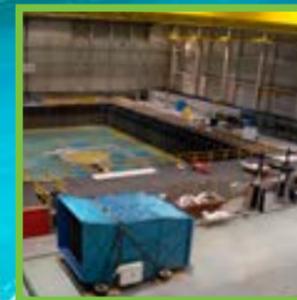
- **Centro de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR)**, dependiente del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y localizado en El Pardo (Madrid)
- **Plataforma de Energía Marina de Vizcaya / Biscay Marine Energy Platform (BiMEP)**, empresa pública del Ente Vasco de la Energía (EVE) y el Instituto para el Ahorro y la Diversificación Energética (IDEA) localizada en mar abierto, cuenta con un área restringida de navegación de 5,3 Km<sup>2</sup> en mar abierto frente a la costa de Arminza (Lemoiz, Vizcaya).
- **Banco de ensayos de la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN TS) gestionada por el Consorcio PLOCAN,**

ubicado en mar abierto en el municipio de Telde (Noreste de la Isla de Gran Canaria) en un área de 23 km<sup>2</sup> reservada para la experimentación científica técnica.

Dentro de las diferentes políticas europeas encaminadas a la lucha contra el cambio climático destacan las dirigidas a la reducción sustancial de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que además van acompañadas de políticas vinculadas a la «economía azul» (*blue economy*). En este sentido, instalaciones como las de MARHIS son fundamentales para apoyar y permitir el desarrollo de innovaciones tecnológicas para generar electricidad mediante energías limpias. La capacidad de combinar condiciones de ola-corriente-viento, es algo que únicamente puede reproducirse en España a nivel de tanque 3D en GTIM-CCOB. En estas instalaciones, dentro del proyecto europeo Marinet II, se ha desarrollado la validación y caracterización del dispositivo Starfloat



@GTIM-CCOB





@PLOCAN

(*Oceanflow Energy Limited*), un generador de viento en una bancada de ventiladores para aprovechamiento de la eólica marina. La posibilidad de generar de forma controlada las condiciones que soportaría en su operación real, replicando a su vez las condiciones de profundidad y sistemas de fondeo que le corresponden por su naturaleza de flotante, facilita y acelera el desarrollo de esta tecnología.

Por otra parte, en CEHIPAR, se ha ensayado otra tecnología dirigida al aprovechamiento de las corrientes marinas en zonas con velocidades de corriente elevadas a grandes profundidades. En general, la validación de este tipo de prototipos a escala real es inviable por los costes asociados, por lo que es fundamental disponer de instalaciones que permitan llevar a cabo ensayos a escala reducida

para optimizar las diferentes opciones de configuración del diseño para asegurar su viabilidad tanto en términos de obtención de energía como en la estabilidad de la estructura posicionada a gran profundidad y sometida a corrientes marinas de alta velocidad.

Y en mar abierto, el objetivo de los bancos de ensayos ofertados por PLOCAN y BIMEP es permitir a los desarrolladores de tecnología, en el campo de las energías renovables marinas, instalar y probar sus equipos, sistemas y subsistemas. En este contexto se encuadra el proyecto ELISA/ELICAN, ejecutado en el banco de ensayos de PLOCAN, en el que se ha desarrollado un sistema innovador de torre telescópica sobre una base de hormigón, diseñada para ser trasladada en flotación hasta su lugar de fondeo, junto con el

aerogenerador previamente montado en puerto. Todo ello permitirá la instalación de aerogeneradores en el mar a menor coste y con menores riesgos. El proyecto ELISA/ELICAN ha sido financiado por la Unión Europea dentro del Programa Horizonte 2020. Por otra parte, en BIMEP, se ha ensayado MARMOK-A5, un dispositivo de captación de energía de las olas a escala real pero con un formato de baja potencia. Es un convertidor undimotriz flotante que utiliza la tecnología de columna de agua oscilante para aprovechar la energía de las olas y convertirla en energía eléctrica, que se inyecta a la red. Junto con el propio dispositivo, una serie de innovaciones relacionadas con los sistemas de generación, fondeo y control han sido testadas dentro del proyecto europeo OPERA. Además de las innovaciones técnicas, estas tecnologías inno-



Ensayos de propulsión de doble hélice para estudio del campo de velocidades generado sobre fondo rígido y sobre fondo móvil (@iCIEM)

vadoras contribuyen a la generación de electricidad mediante energías limpias, reduciendo el uso en el sistema eléctrico de combustible fósil y una mayor sostenibilidad medioambiental en cuanto a impacto en la vida marina y en la huella de carbono.

En otro ámbito de aplicación, iCIEM ha evaluado la erosión generada por los sistemas de propulsión de un buque, tipo

ferry, durante las maniobras de atraque y desatraque en los muelles de un puerto, lo que permite caracterizar el proceso de erosión a fin de poder estudiar y determinar soluciones de protección de las infraestructuras portuarias. En su instalación LaBassA se ha realizado el estudio a escala 1/25 del prototipo, esta escala, para este tipo de fenómeno físico, se puede reproducir en muy pocas instalaciones. Mediante la simulación y

monitorización de la propulsión de ferries para el pronóstico de la erosión en ámbitos portuarios, se ha ampliado el campo de conocimiento al empleo de una propulsión de doble hélice, hasta ahora inexistente.



@BIMEP



## RED DE LABORATORIOS DE ALTA SEGURIDAD BIOLÓGICA (RLASB)

www.rlasb.es



En esta red se incluyen los laboratorios de Alta Seguridad Biológica que están abiertos a la comunidad científica a nivel nacional e internacional y que, por sus dimensiones y/o características de sus instalaciones, ofrecen una oportunidad única para realizar estudios que no serían viables en otros centros convencionales. La red está constituida por dos instalaciones:

- **Laboratorio de Alta Seguridad Biológica del Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA)** situada en Valdeolmos (Madrid). Pertenece al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), organismo público de investigación dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Ocupa 10.824 m<sup>2</sup>, con 40 laboratorios NCB3 (OMS) y 2 laboratorios NCB4 (OIE). Los laboratorios NCB4 (OIE) son únicos en España y están

diseñados para estudios con agentes infecciosos que pudieran afectar a humanos. Tiene 19 estancias experimentales del animalario y zonas auxiliares, 4 de ellas de nivel NCB4 (OIE), diseñadas para albergar desde peces hasta grandes animales. Es la única instalación española cuyos protocolos están autorizados para manipular *in vivo* el virus de la Fiebre Aftosa. Es referente para la FAO en Bioseguridad.

- **Laboratorio de Alta Seguridad Biológica del Centro de Recerca en Sanitat Animal (CReSA)** en el campus de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). El centro pertenece al Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA), empresa pública de la *Generalitat de Catalunya* adscrita en el *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació*. Dispone de 6 laboratorios de NCB3 y 12 salas experimentales de animalario con una superficie total de 1.150 m<sup>2</sup>, tanto para animales de granja y silvestres, como para pequeño animal de laboratorio.

Esta ICTS permite investigar enfermedades transmisibles de impacto sanitario y económico, tanto en sanidad animal como en salud pública (zoonosis). Ambos nodos

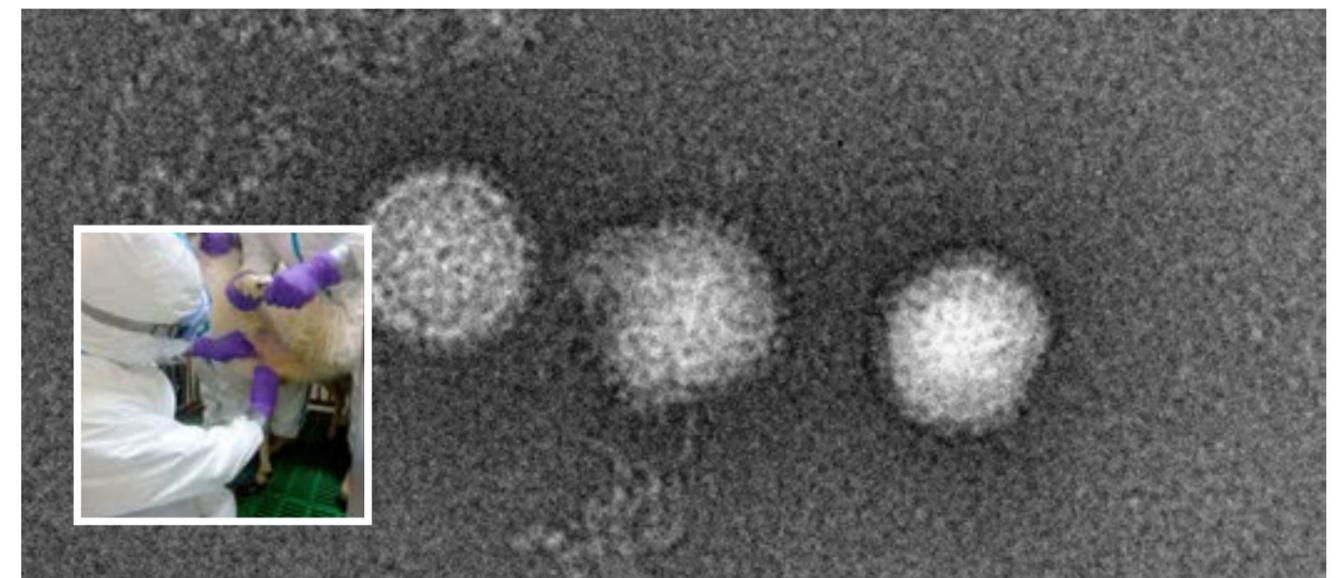
forman parte de la Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RELAB), de naturaleza científico-técnica de apoyo operativo al Sistema Nacional de Conducción de Situaciones de Crisis para la respuesta ante amenazas por agentes biológicos peligrosos. Participan activamente en la mejora del conocimiento y el desarrollo tecnológico de sistemas de diagnóstico y control de enfermedades infecciosas y exóticas de la cabaña ganadera y la fauna salvaje española.

En la RLASB se llevan a cabo estudios altamente especializados que no serían posibles en otras instalaciones. Uno de dichos estudios ha permitido completar la información sobre la fiebre del Valle de Rift, una enfermedad africana y totalmente desconocida en Europa que afecta al ganado ovino, bovino y camélidos. El virus que provoca esta enfermedad se transmite a través de la picadura de mosquitos infectados entre animales y también de animales a personas, por lo que también se considera una enfermedad zoonótica. En algunos casos, tanto en animales como en humanos, la infección es letal. La llegada del virus de la fiebre del Valle de Rift a España podría tener consecuencias graves tanto para la salud humana como la de los animales, ya que podría poner en ries-

go la economía de la producción animal y la industria agroalimentaria. Se especula que el virus podría perpetuarse de forma endémica en la península, ya que hay especies autóctonas de mosquitos que pueden transmitir el virus a su descendencia y esto propagaría la enfermedad.

En los laboratorios de alta seguridad biológica de la RLASB se ha reproducido experimentalmente en ovejas el ciclo de la infección por el virus de la fiebre del Valle de Rift. Se han obtenido datos clínicos, virológicos e inmunológicos sobre las consecuencias de la infección por el virus en estos animales, además de confirmar que los rumiantes autóctonos son susceptibles a infectarse con el virus. Después de establecer el modelo de infección, se llevaron a cabo diferentes estudios de eficacia de vacunas experimentales, tanto en animales de laboratorio (ratones) como en ovinos. Además, se obtuvieron colecciones de sueros específicos que han servido para preparar y validar ensayos de diagnóstico de la enfermedad. Finalmente, se demostró, bajo condiciones experimentales, que algunas especies de mosquito presentes en España, como el mosquito común (*Culex pipiens*) o el mosquito tigre (*Aedes albopictus*), pueden transmitir el virus y contribuir a la diseminación de la enfermedad (43).

Inoculación e imagen del virus del Valle de Rift





@LRB



@LRB

• **El Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear de Barcelona (LRB)**, instalado en el Parque Científico de Barcelona y que forma parte de los Centros Científicos y Tecnológicos (CCiT) de esta universidad. Está localizado en un espacio de 722 m<sup>2</sup> especialmente diseñado para alojar espectrómetros de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de elevado campo, con un entorno libre de vibraciones, térmicamente regula-

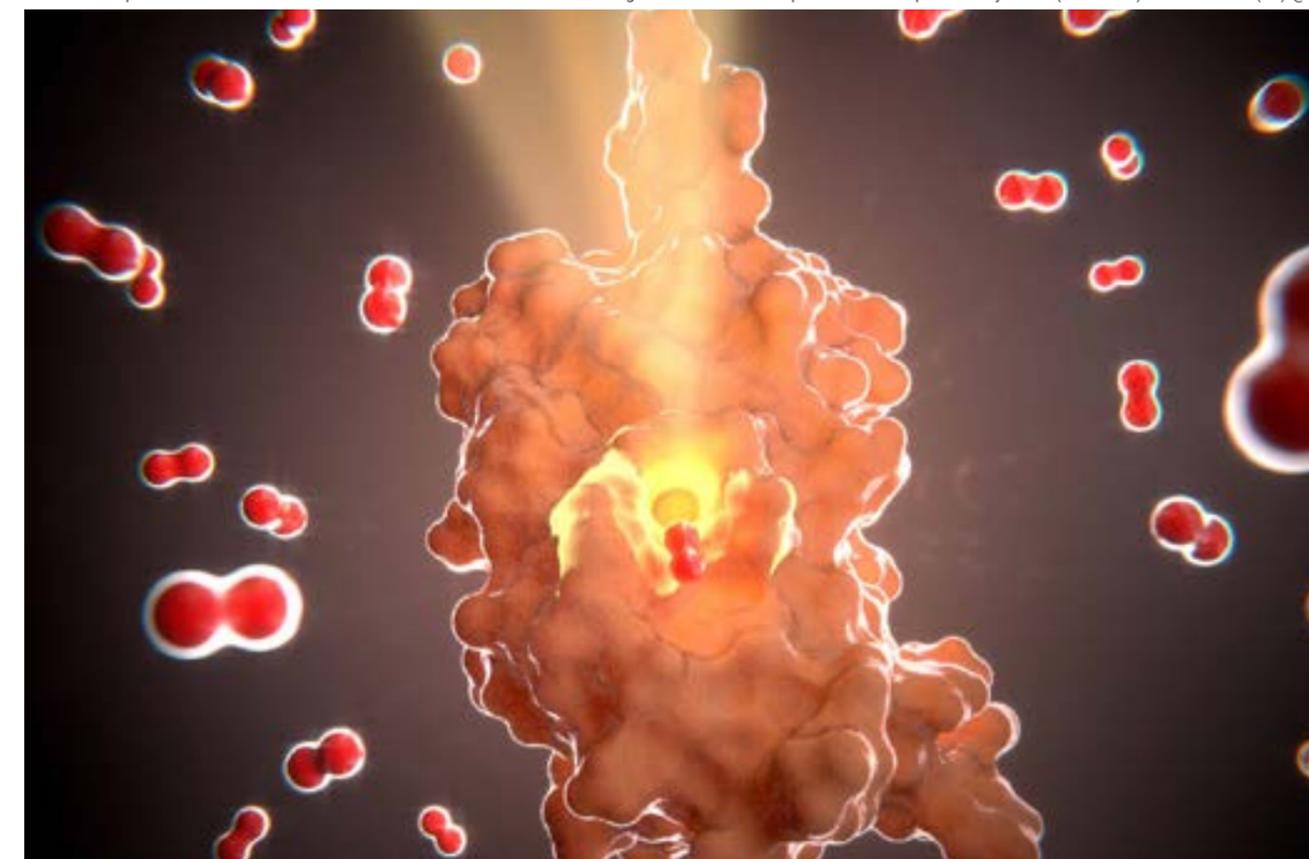
do para asegurar una alta estabilidad y con bajas interferencias magnéticas. La instalación está en funcionamiento desde el año 2000.

• **El Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear Manuel Rico (LMR)** del Instituto de Química Física Rocasolano del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), localizado en Madrid. Comenzó su actividad en 1964, cuando

adquirió su primer espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) siendo pionero en España.

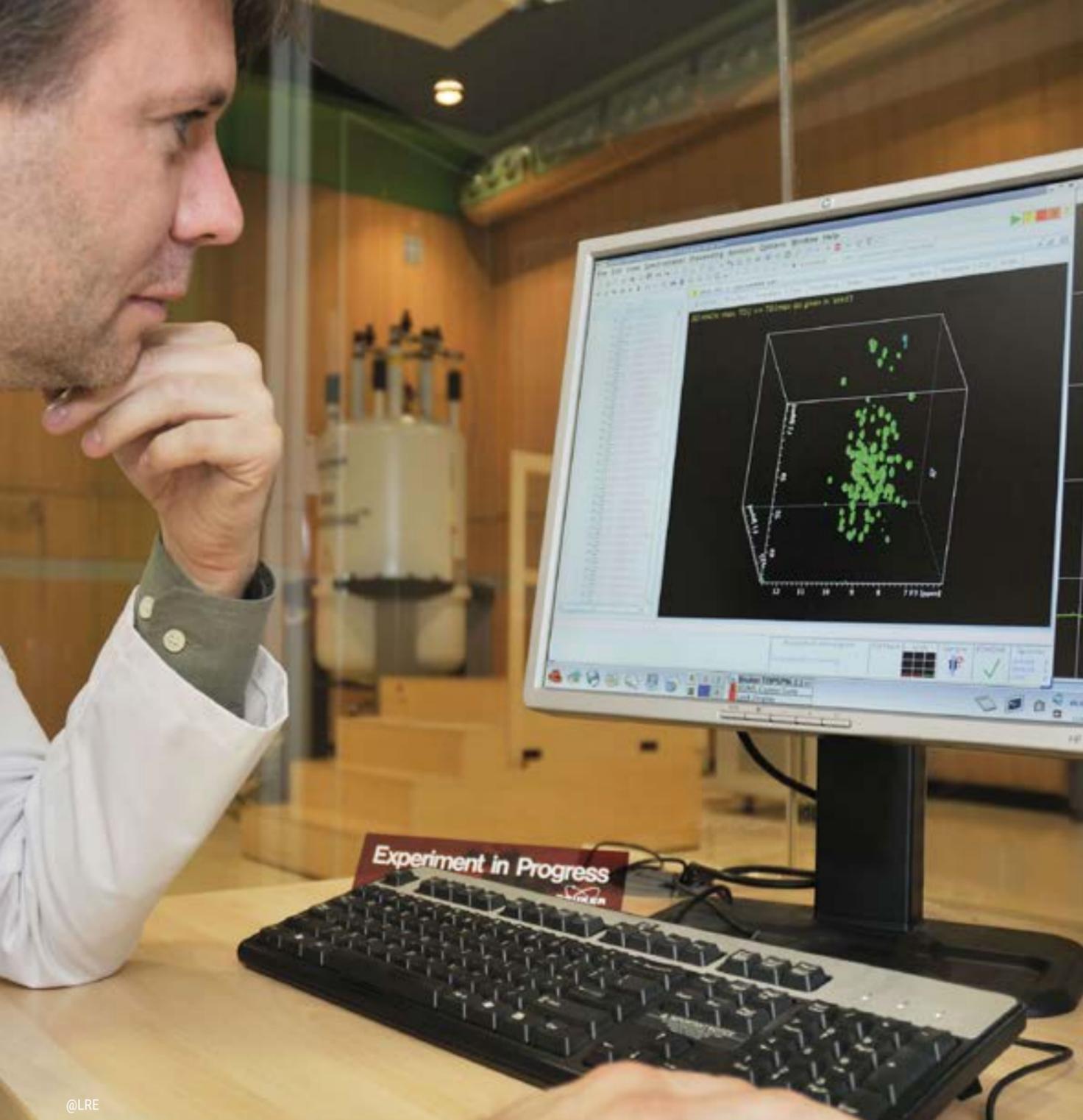
• **El Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear de Euskadi (LRE)** del Centro de Investigación Cooperativa en Biociencias (CIC-bioGUNE) situado en el Parque Tecnológico de Vizcaya en Derio, abrió sus instalaciones en 2005.

Representación ilustrada del acercamiento de una molécula de oxígeno al interior de la proteína TomB que activa y oxida (e inactiva) la toxina Hha (44) @UB



## RED DE LABORATORIOS DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE BIOMOLÉCULAS (R-LRB)

- ◆ LABORATORIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE BARCELONA (LRB)
- ◆ LABORATORIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR MANUEL RICO (LMR)
- ◆ LABORATORIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE EUSKADI (LRE)



@LRE

Esta ICTS reúne las instalaciones con el equipamiento de RMN de más alto campo en España, abierta a toda la comunidad científica, tecnológica e industrial. Dispone de un amplio conjunto de instrumentos con campos entre 18,8-11,7 Tesla que corresponden a frecuencias de protón entre 800 y 500 MHz.

La RMN se utiliza para el estudio de gran diversidad de áreas como es-

tructura y dinámica de biomoléculas, biología funcional (RMN *in vivo*), identificación y optimización de fármacos en investigación farmacéutica, incluyendo liberación de fármacos, identificación estructural en química orgánica e inorgánica, tecnología de los alimentos y nuevos materiales.

Un ejemplo de estas actividades es uno de los trabajos realizados en el LRB en el cam-

po del desarrollo de nuevas terapias para tratamiento antitumoral. Una de las señas de identidad del cáncer es la sobreproducción de factores de crecimiento como el EGF (del inglés *Epidermal Growth Factor*). A pesar de los éxitos clínicos logrados por las terapias dirigidas al receptor del EGF, su eficacia a largo plazo se ve comprometida por la aparición de mutaciones resistentes a los medicamentos. Para abordar este problema se preparó una familia de anticuerpos



@LMR

denominados «nanocuerpos» (del inglés *nanobodies*), más estables y fáciles de obtener que los tradicionales por lo que se prevé que tengan un gran futuro en el tratamiento contra el cáncer. En este estudio, por primera vez, se describe el mecanismo de acción de dos «nanocuerpos» capaces de unirse al factor de crecimiento EGF y bloquear la unión de esta proteína con su receptor, elucidándose el mecanismo de interacción de cada anticuerpo con su proteína diana (EGF) y logrando también descubrir la zona de la proteína que es reconocida por el anticuerpo. Es un resultado que abre el camino hacia a un tratamiento totalmente novedoso del cáncer, ya que la proteína EGF es la respon-

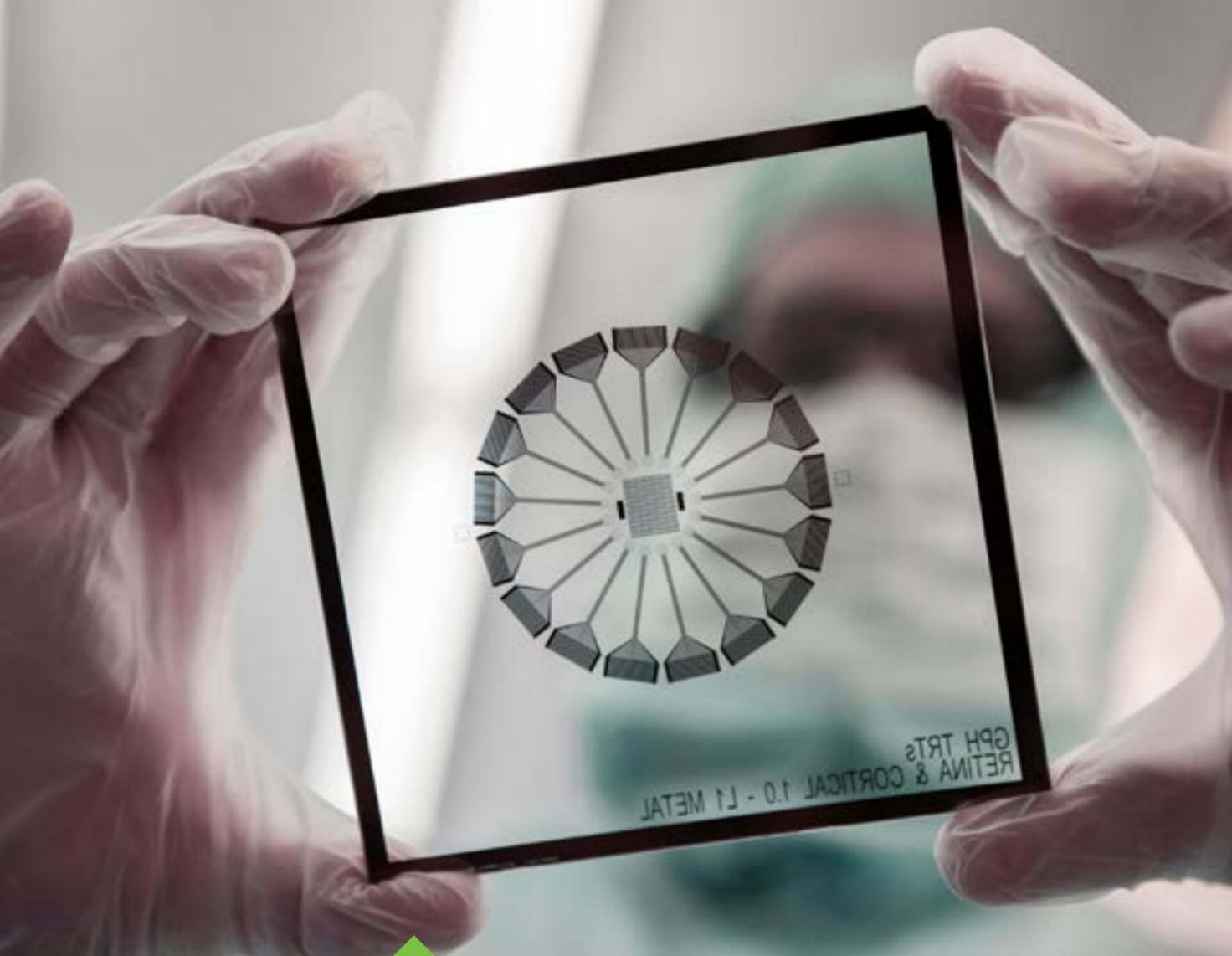
sable de la proliferación de células malignas en una gran variedad de tumores (44).

Otro logro en el campo de la biomedicina ha sido la caracterización estructural y funcional de una proteína bacteriana que abre las puertas a una nueva estrategia de ataque a la resistencia a los antibióticos. Los «biofilms» son comunidades de bacterias adheridas a soportes sólidos (como los catéteres o prótesis implantadas) que quedan aisladas de su entorno y, por tanto, inmunes a la acción de los antibióticos. Eventualmente, las bacterias que forman estas estructuras resistentes escapan fundando nuevas colonias y extendiendo la infección. El control de

este proceso es crucial y en el mismo interviene el sistema toxina-antitoxina bacteriano que se basa en generar, al mismo tiempo, una molécula tóxica y su antídoto. Utilizado los últimos avances en RMN y, en particular, la utilización de sondas paramagnéticas, se ha podido demostrar la interacción transitoria entre la toxina y la antitoxina de este sistema proporcionando datos para desarrollar una nueva estrategia para eliminar las colonias bacterianas de los «biofilms» utilizando su propia toxina, de esta forma se evitaría la resistencia a los antibióticos suministrados externamente (45).

Estructura no-canónica ("i-motif") de ADN formada por secuencias del centrómero humano. Estructura tridimensional obtenida en disolución a partir de datos de RMN adquiridos en el LMR (46).





Esta ICTS Distribuida ofrece, en su conjunto, más de 2.000 m<sup>2</sup> de salas blancas (clases 10-100-1.000) a la comunidad científica y a la industria y laboratorios asociados de encapsulado y caracterización de dispositivos y sistemas, está integrada por:

- **Sala Blanca Integrada de Micro y Nano Fabricación del Centro Nacional de Microelectrónica (SBCNM)**, depende del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y se gestiona como parte del Instituto de Microelectrónica de Barcelona, localizada dicha ciudad.
- **Central de Tecnología del Instituto de Sistemas Opto-electrónicos (CT-ISOM)**, Instituto Universitario de Investigación adscrito a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), se ubica en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, localizado en dicha ciudad.

• **Infraestructura de Micro y Nano fabricación del Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia (INF-NTC)**, depende de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV) y está situada en el Campus de Vera.

Las tres instalaciones están coordinadas para dar servicio en el ámbito de la Micro y Nanoelectrónica, Optoelectrónica y Nanofotónica. Desarrollan y aplican tecnologías innovadoras en prácticamente todas las áreas científicas, como por ejemplo en biomedicina, medio ambiente, alimentación, energía, movilidad, seguridad, comunicaciones, electrónica de consumo, etc. A modo ilustrativo se recogen a continuación algunas de las más significativas.

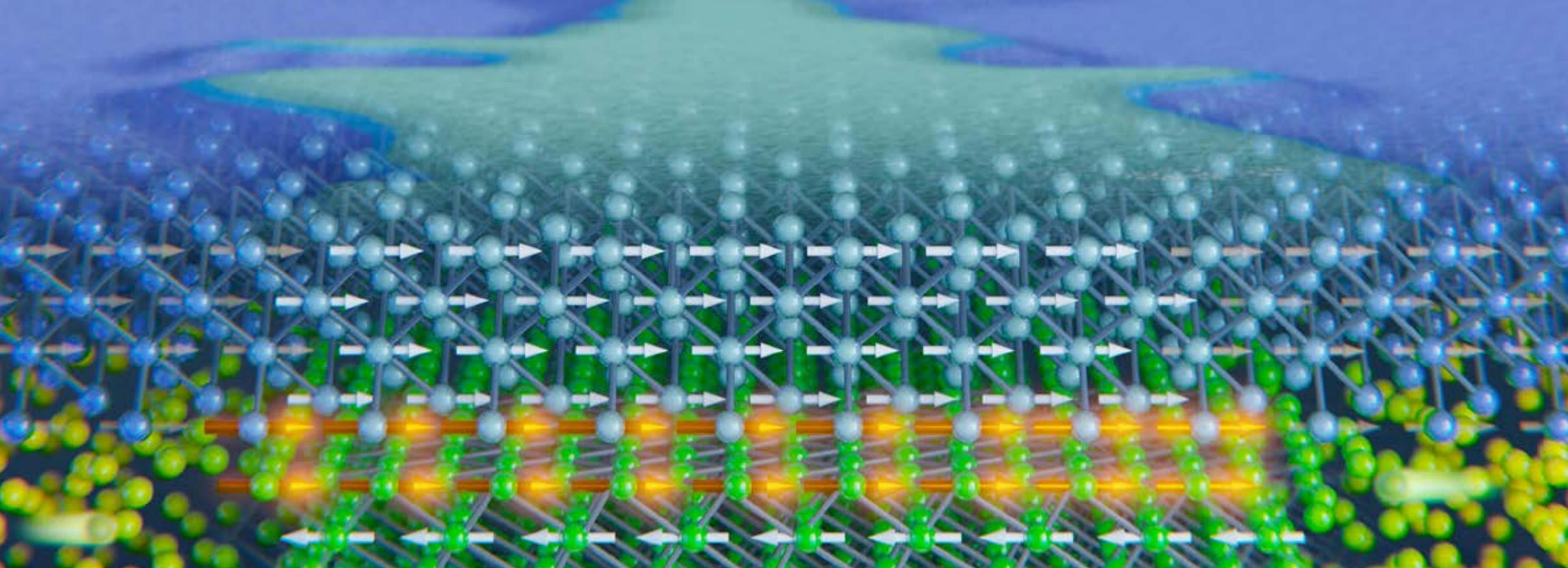
En la SBCNM se han fabricado los diodos de protección de las celdas fotovoltaicas de los paneles solares de las sondas de la misión BEPI-Colombo de la Agencia Espacial Europea (ESA) en colaboración

con *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). Estos paneles pasarán en tan sólo 45 min de temperaturas muy altas (250°C) cuando esté en pleno día mercuriano, a temperaturas muy bajas (-160°C), cuando se sitúen en el lado nocturno. Estos requerimientos de temperatura han hecho necesario utilizar una tecnología avanzada de fabricación de componentes de potencia para temperaturas extremas, basada en carburo de silicio (SiC), material de nueva generación, capaz de resistir ambientes muy extremos. Los componentes desarrollados no tienen equivalente en la actualidad y son básicamente únicos a nivel europeo y mundial, teniendo futuras aplicaciones en sistemas electrónicos para el coche eléctrico, los reactores de aviones, los molinos de viento, sistemas de frenos de trenes y metros, donde la electrónica está sometida a condiciones muy exigentes en términos de temperatura y potencia.



## RED DE SALAS BLANCAS DE MICRO Y NANO FABRICACIÓN (MICRONANOFABS)

- ◆ SALA BLANCA INTEGRADA DE MICRO Y NANO FABRICACIÓN DEL CENTRO NACIONAL DE MICROELECTRÓNICA (SBCNM)
- ◆ CENTRAL DE TECNOLOGÍA DEL INSTITUTO DE SISTEMAS OPTO-ELECTRÓNICOS (CT-ISOM)
- ◆ INFRAESTRUCTURA DE MICRO Y NANO FABRICACIÓN DEL CENTRO DE TECNOLOGÍA NANOFOTÓNICA DE VALENCIA (INF-NTC)



Impresión artística del efecto cuando material antiferromagnético pasa de estado amorfo (bolas amarillas) a estado cristalino (bolas verdes) de manera espontánea y a temperatura ambiente, estableciendo una interacción de canje (flechas naranjas) con el material ferromagnético (bolas azules) (47)

En el campo de las comunicaciones, en el CT-ISOM se ha descubierto un nuevo mecanismo físico para la generación de la interacción magnética de superficie denominada «Exchange Bias», clave para el funcionamiento de un gran porcentaje de dispositivos magnéticos modernos, entre ellos, las cabezas

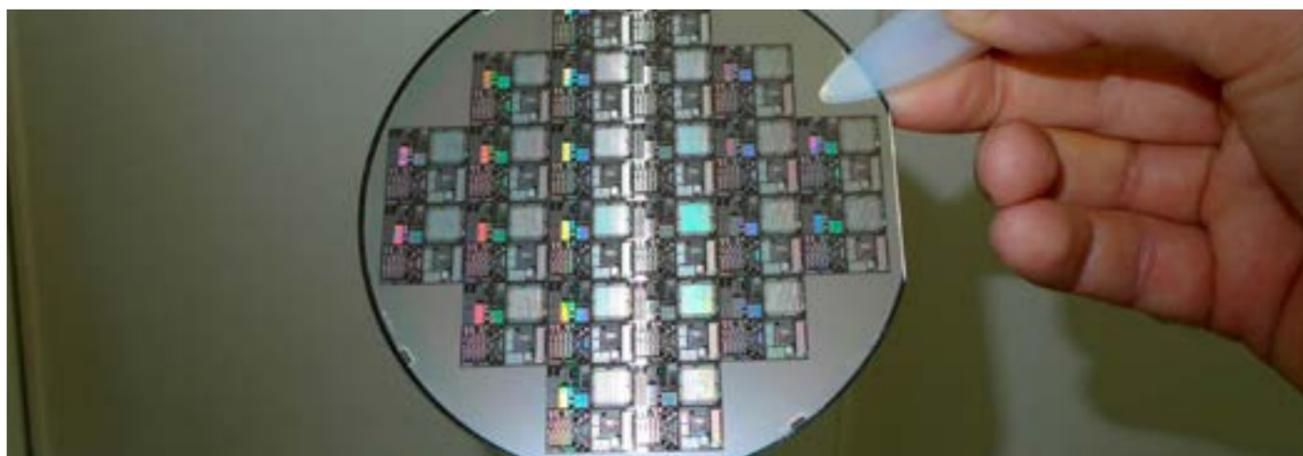
lectoras de disco duro. El resultado es un «Exchange Bias» de mayor calidad y con características que permiten nuevas funcionalidades para los dispositivos magnéticos del futuro y que habilitan mecanismos para explorar y entender mejor el origen microscópico de este efecto (47).

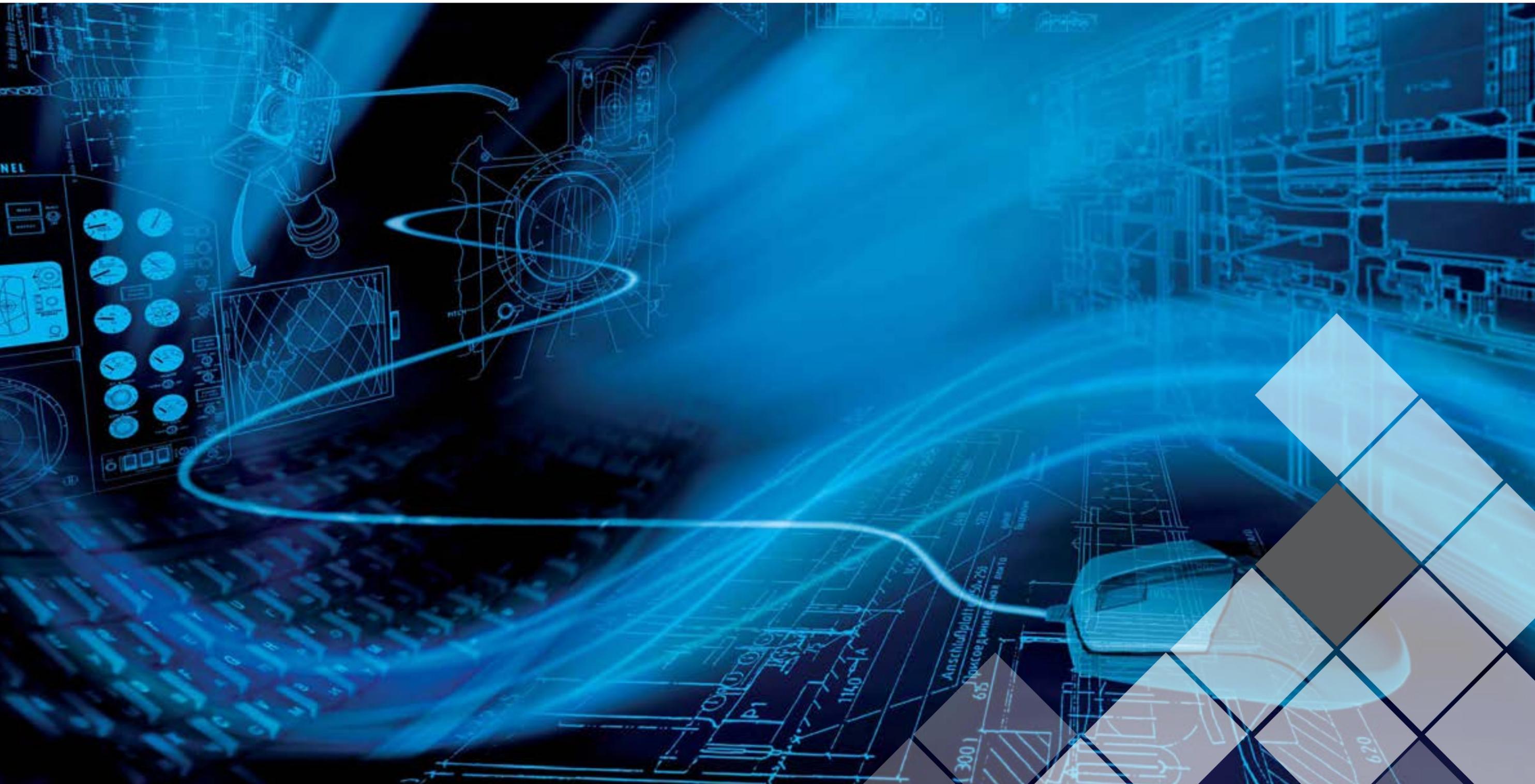
En el campo de los microsistemas inteligentes, la INF-NTC ha obtenido resultados que demuestran que es posible la sincronización de dos osciladores optomecánicos a escala nanométrica acoplados mecánicamente. La sincronización es básica para compartir datos y funciones entre los distintos microdispositivos.

Hasta el momento, existían muy pocos estudios que demostrasen la sincronización de este tipo de osciladores, incluso eran contradictorios. Por ello, este resultado supone un gran avance en la sincronización «on-chip» de microsistemas, ya que pone las bases para implementar redes reconfigurables de osciladores

optomecánicos con dinámicas colectivas dominadas por un acoplamiento mecánico débil. El interés por la integración de los dispositivos miniaturizados en microsistemas inteligentes está de plena actualidad, con aplicaciones no solo en comunicaciones sino también en la fabricación de biosensores, permitiendo

el incremento de las funcionalidades en relación a otros microsistemas (48).





## REFERENCIAS

**En este listado se recogen las citas bibliográficas correspondientes a los números entre paréntesis que figuran en los textos de este libro.**

### ICTS de localización única

1.-Chamizo, E., López-Lora, M., Bressac, M., Levy, I. & Pham, M.K. "Excess of (236)U in the northwest Mediterranean Sea" (2016) *The Science of the Total Environment* 565, 767-776.

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.142

2.-Sahnouni, M., Parés, J. M., Duval, M., Cáceres, I. et al. (2018). "1.9-million- and 2.4-million-year-old artifacts and stone tool-cutmarked bones from Ain Bouche-rit, Algeria". *Science* (0).

DOI: 10.1126/science.aau0008.

3.-Martinón-Torres, M., Bermúdez de Castro, J.M., Martínez de Pinillos, M., Modesto-Mata, M. et al. (2019) "New permanent teeth from Gran Dolina-TD6 (Sierra de Atapuerca). The bearing of Homo antecessor in the evolutionary scenario of Early and Middle Pleistocene Europe". *Journal of Human Evolution*. 127, 93-117.

DOI: 10.1016/j.jhevol.2018.12.001.

4.-Gomez-Cadenas, J.J. (2019), "Status and prospects of the NEXT experiment for neutrinoless double beta decay searches". Contribution to the 2019 EW session of the 54th Rencontres de Moriond, arXiv:1906.01743 [<https://arxiv.org/pdf/1906.01743.pdf>] and references therein.

5.-Díaz-Delgado, R., Carro, F., Quirós, F., Osuna, A. & Baena, M. (2016). "Contribución del seguimiento ecológico a largo plazo a la investigación y la gestión en la plataforma LTSER-Doñana". *Ecosistemas* 25(1): 09-18.

DOI.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.03

6.-Kapishnikov, S., Leiserowitz, L., Yang, Y., Cloetens, P. et al. (2017) "Biochemistry of malaria parasite infected red blood cells by X-ray microscopy" *Nature Scientific Reports* 7, 802.

DOI:10.1038/s41598-017-00921-2.

7.-Tintoré, J., Pinardi, N., Álvarez-Fanju, I. E., Aguiar, E. et al. (2019). "Challenges for Sustained Observing and Forecasting Systems in the Mediterranean Sea". *Frontiers in Marine Science* 6:568.

DOI: 10.3389/fmars.2019.00568

8.-Roarty, H., Cook, T., Hazard, L., George,

D. et al. (2019). "The Global High Frequency Radar Network". *Frontiers in Marine Science* 6:164.

DOI: 10.3389/fmars.2019.00164

9.-León, J., Clavero, J., Valenzuela, L., Zarza, E. & García, G. (2014) "PTTL - A life-real size test loop for parabolic trough collectors". *Energy Procedia*, 49:136-144.

DOI: 10.1016/j.egypro.2014.03.015

10.-Valenzuela, L., López-Martín, R. & Zarza, E. (2014) "Optical and thermal performance of long parabolic-trough solar collectors from outdoor experiments: A test method and a case study". *Energy*, 70: 456-464.

DOI: 10.1016/j.energy.2014.04.016

11.-Sallaberry, F., Valenzuela, L. & Palacin, L.G. (2017) "On-site parabolic-trough collector testing in solar thermal power plants: experimental validation of a new approach developed for the IEC 62862-3-2 standard". *Solar Energy*, 155:398-409.

DOI: 10.1016/j.solener.2017.06.045

12.-Rodríguez, J., Cañadas, I., Monterreal, R., Enrique, R. & Galindo, J. (2019) "PSA SF60 solar furnace renewed". *AIP Conference Proceedings* 2019; 2126: 030046.

DOI: 10.1063/1.5117558

### Red de ICTS

13.-Trujillo, I. & Fliri, J. (2016). "Beyond 31 mag arcsec<sup>-2</sup>: the frontier of Iox surface brightness imaging with the largest optical telescopes". *Astrophysical Journal* 823, 123.

DOI:10.3847/0004-637X/823/2/123

14.-Suárez-Mascañeño, A., González-Hernández, J.I., Rebolo, R., Velasco, S. et al. (2017) "HADES RV Programme with HARPS-N at TNG V. A super-Earth on the inner edge of the habitable zone of the nearby M-dwarf GJ 625". *Astronomy & Astrophysics*, 605, A92.

DOI:10.1051/0004-6361/201730957.

15.-Marques-Chaves, R., Pérez-Fournon, I., Shu, Y., Martínez-Navajas, P. I. et al. (2017) "Discovery of a Very Bright and Intrinsically Very Luminous, Strongly Lensed Ly $\alpha$  Emitting Galaxy at z = 2.82 in the BOSS Emission-Line Lens Survey" *Astrophysical Journal Letters*, Volume 834, L18. DOI:10.3847/2041-8213/834/2/L18

16.-Sánchez, S.F., García-Benito, R., Zibetti, S., Walcher, C. J. et al. (2016) "CALIFA,

the Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey IV. Third public data release" *Astronomy & Astrophysics*, 594.

DOI: 10.1051/0004-6361/201628661

17.-Ribas, i., Tuomi, M., Reiners, A., Butler, R.P. et al. (2018) "A candidate super-Earth planet orbiting near the snow line of Barnard's star" *Nature*, Volume 563, Issue 7731, p.365-368.

DOI: 10.1038/s41586-018-0677-y

18.-Zechmeister, M., Dreizler, S., Ribas, I., Reiners, A. et al. (2019) "The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Two temperate Earth-mass planet candidates around Teegarden's Star". *Astronomy & Astrophysics Volume* 627, id.A49.

DOI: 10.1051/0004-6361/201935460

19.-Morales, J.C., Mustill, A.J., Ribas, I., Davies, M.B. et al. (2019) "A giant exoplanet orbiting a very-low-mass star challenges planet formation models", *Science*, Vol. 365, Issue 6460, pp. 1441-1445.

DOI: 10.1126/science.aax3198

20.-Issaoun, S., Johnson, M. D., Blackburn, L., Brinkerink, C. D., et al. (2019) "The Size, Shape, and Scattering of Sagittarius A\* at 86 GHz: First VLBI with ALMA", 2019, *Astrophysical Journal*, 871, 30.

DOI: 10.3847/1538-4357/aaf732

21.-Ghirlanda, G., Salafia, O.S., Paragi, Z., Giroletti, M. et al. (2019) "Compact radio emission indicates a structured jet was produced by a binary neutron star merger". *Science*, vol 363. Issue 6430, pp 968-971.

DOI: 10.1126/science.aau8815

22.-Artículos de J-PLUS de Astronomy & Astrophysics (2019), volumen 622 (A176 - A183):

<https://www.aanda.org/component/solr/?task=results#!q=Javalambre%20&sort=relevance&rows=10&f=year%3A%222019%22>

23.-Capdevila-Cortada, M. & López N. (2017). "Entropic contributions enhance polarity compensation for CeO<sub>2</sub>(100) surfaces". *Nature Materials* 16, 328-334.

DOI: 10.1038/nmat4804

24.-Massonnet, F., Bellprat, O., Guemas, V. & Doblus-Reyes, F. J. (2016). "Using climate models to estimate the quality of global observational data sets" *Science*, 354, Issue 6311, 452-455.

DOI: 10.1126/science.aaf6369

25.-Louzao, I., Garcia-Fandino, R. & Montenegro, J. (2017) "Hydrazone-modulated

peptides for efficient gene transfection" *Journal of Materials Chemistry B* 2017, 5, 4426-4434.

DOI:10.1039/C7TB00179G

26.-Ruiz-Carmona, S., Schmidtke, P., Luque, F.J., Baker, L. et al. (2017) "Dynamic undocking and the quasi-bound state as tools for drug discovery". *Nature Chemistry*, 9(3):201-206.

DOI:10.1038/nchem.2660

### ICTS distribuidas

27.-Jonsell, U., Navarro, F.J., Bañón, M., Lapazaran, J.J. & Otero, J. (2012) "Sensitivity of a distributed temperature-radiation model based on melt index AWS observations and surface energy balance fluxes, Hurd Peninsula glaciers, Livingston Island, Antarctica" *The Cryosphere*, 6, 539-552.

DOI:10.5194/tc-6-539-2012.

28.-Navarro, F., Jonsell, U., Corcuera, M.I. & Martín-Español, A. (2013). Decelerated mass loss of Hurd and Johnsons Glaciers, Livingston Island, Antarctic Peninsula. *Journal of Glaciology*, 59, 115-128.

DOI:10.3189/2013JoG12J144

29.-Pérez, F.F., Fontela, M., García-Ibañez, M.I., Mercier, H. et al. (2018) "Meridional overturning circulation conveys fast acidification to the deep Atlantic Ocean" *Nature*, 554, 515-518.

DOI:10.1038/nature25493

30.-Fraile-Nuez, E., Santana-Casiano, J.M., González-Dávila, M., Vázquez, J.T. et al. (2018) "Cyclic Behavior Associated with the Degassing Process at the Shallow Submarine Volcano Tagoro, Canary Islands, Spain". *Geosciences* 8, 457.

DOI:10.3390/geosciences8120457

31.-Sotomayor-García, A., Rueda, J.L., Sánchez-Guillamón, O., Urra, J., et al. (2019) "First Macro-Colonizers and Survivors Around Tagoro Submarine Volcano, Canary Islands, Spain". *Geosciences* 9, 52.

DOI:10.3390/geosciences9010052

32.-Teixido-Tura, G., Forteza, A., Rodríguez-Palomares, J., González-Mirelis, J., et al. (2018) "Losartan Versus Atenolol for Prevention of Aortic Dilation in Patients With Marfan Syndrome". *Journal of the American College of Cardiology*, Oct. 2; 72(14): 1613-1618.

DOI: 10.1016/j.jacc.2018.07.052.

33.-Liu, L., Diaz, U., Arenal, R., Agostini, G.

et al. (2017) "Generation of Pt single atoms and clusters with exceptional high stability during transformation of two-dimensional into three-dimensional zeolite" *Nature Materials* 16, 132-138.

DOI: 10.1038/nmat4757

34.-Besnardiere, J., Ma, B., Torres-Pardo, A., Wallez, G. et al. (2019) "Structure and electrochromism of two-dimensional octahedral molecular sieve h<sup>-</sup>W03". *Nature Communications* 10, 327.

DOI: 10.1038/s41467-018-07774-x

35.-Blanco, M., Nieto-Ortega, B., de Juan, A., Vera-Hidalgo, M. et al. (2018) "Positive and negative regulation of carbon nanotube catalysts through encapsulation within macrocycles" *Nature Communications*, 10, 2671.

DOI: 10.1038/s41467-018-05183-8

36.-Feiner-Gracia, N., Dols-Perez, A., Royo, M., Solans, C. et al. (2018) "Cell penetrating peptide grafting of PLGA nanoparticles to enhance cell uptake" *European Polymer Journal* 108, 429-438.

DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2018.09.026

37.-Céspedes, M.V., Unzueta, U., Aviñó, A., Gallardo, A. et al. (2018) "Selective depletion of metastatic stem cells as therapy for human colorectal cancer". *EMBO Mol Med* 10: e8772.

DOI:10.15252/emmm.201708772

38.-Dey, P., Fabri-Faja, N., Calvo-Lozano, O., Terborg, R.A. et al. (2019) "Label-free Bacteria Quantification in Blood Plasma by a Bioprinted Microarray Based Interferometric Point-of-Care Device" *ACS Sensors*, 4(1), 52 - 60.

DOI: 10.1021/acssensors.8b00789

39.-Blázquez, R., Sánchez-Margallo, F.M., Álvarez, V., Usón, A. et al. (2018) "Fibrin glue mesh fixation combined with mesenchymal stem cells or exosomes modulates the inflammatory reaction in a murine model of incisional hernia". *Acta Biomaterialia*, Apr 15; 71:318-329.

DOI:10.1016/j.actbio.2018.02.014.

40.-Salzer, M.C., Lafzi, A., Berenguer-Llergo, A., Youssif, C. et al. (2018), "Identity Noise and Adipogenic Traits Characterize Dermal Fibroblast Aging" *Cell*, Nov 29, 175(6):1575-1590.e22.

DOI: 10.1016/j.cell.2018.10.012.

41.-Sebé-Pedros, A., Peña, M.I., Capella-Gutiérrez, S., Antó, M. et al. (2016) "High-Throughput Proteomics Reveals the Unicellular Roots of Animal Phosphosig-

naling and Cell Differentiation". *Developmental Cell*, Oct 24, 39(2):186-197.

DOI: 10.1016/j.devcel.2016.09.019.

42.-Sebé-Pedros, A., Ballaré, C., Parra-Acero, H., Chiva, C. et al. (2016) "The Dynamic Regulatory Genome of Capsaspora and the Origin of Animal Multicellularity". *Cell*. 2016 May 19, 165(5):1224-1237.

DOI: 10.1016/j.cell.2016.03.034.

43.-Brustolin, M., Talavera, S., Nuñez, A., Santamaría, C. et al. (2017). "Rift Valley fever virus and European mosquitoes: vector competence of Culex pipiens and Stegomyia albopicta (= Aedes albopictus)". *Medical and veterinary entomology*, 31(4), 365-372.

DOI:10.1111/mve.12254

44.-Guardiola, S., Varese, M., Sánchez-Navarro, M., Vincke, C. et al. (2018) "Blocking EGFR Activation with Anti-EGF Nanobodies via Two Distinct Molecular Recognition Mechanisms" *Angewandte Chemie International Edition*, 57, 13843 -13847.

DOI: 10.1002/anie.201807736

45.-Marimon, O., Teixeira, J.M.C., Cordeiro, T.N., Soo, V.W.C. et al. (2016) "An oxygen-sensitive toxin-antitoxin system". *Nature Communications*, 7: 13634.

DOI 10.1038/ncomms13634

46.- Garavis M., Escaja, N., Gabelica V., Villasante A. & González C (2015) "Centromeric alpha-satellite DNA adopts dimeric i-motif structures capped by AT Hoogsteen base pairs". *Chemistry - A European Journal*, 21, 9816-9824

DOI: 10.1002/chem.201500448

47.-Migliorini, A., Kuerbanjiang, B., Huminiuc, T., Kepaptsoglou, D. et al. (2018) "Spontaneous exchange bias formation driven by a structural phase transition in the antiferromagnetic material" *Nature Materials*, 17, pages 28-35.

DOI:10.1038/nmat5030

48.-Navarro-Urrios, D., Capuj, N.E., Colombano, M.F., García, P.D. et al. (2017) "Nonlinear dynamics and chaos in an optomechanical beam" *Nature Communications*, 8, 14965.

DOI: 10.1038/ncomms14965

Publicación incluida en el programa editorial del Ministerio de Ciencia,  
Innovación y Universidades.

Catálogo general de publicaciones oficiales

<https://cpage.mpr.gob.es>

Agradecemos la colaboración de todas las Infraestructuras Científicas  
y Técnicas Singulares (ICTS) y de las entidades que han hecho posible  
la elaboración de este documento.

Agradecemos a Enrique García, del Centro de Láseres Pulsados,  
la fotografía suministrada que figura de fondo en la portada y  
contraportada de este libro.

La autoría de esta publicación corresponde a la Secretaría General  
de Coordinación de Política Científica del Ministerio de Ciencia,  
Innovación y Universidades

**Edita:** Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia,  
Innovación y Universidades

**NIPO:** 692-19-008-3

**Diseño y maquetación:** Sneakerlost



Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra  
con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su  
autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo  
una licencia con los mismos términos.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.es>



Una manera de hacer Europa



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



Unión Europea