

25 AÑOS EXPLORANDO EL UNIVERSO

¿De qué se compone el universo? ¿Cómo se formó y evolucionó? ¿Hay vida en otros planetas? El Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC) lleva 25 años trabajando para dar respuesta a estas y otras muchas preguntas sobre el cosmos. La física y la astronomía son ciencias estrechamente ligadas a la curiosidad, que han permitido explicar fenómenos que a nuestros antepasados pudieron parecerles misteriosos.



Alba Calejero García
Técnica de Comunicación y Divulgación
@albacalejero calejero@ice.csic.es

Aldo Serenelli
Director
aldos@ice.csic.es

Mar Mezcua
Vicedirectora científica
mezcua@ice.csic.es

Jorge Rivero
Responsable de Comunicación y Divulgación
rivero@ice.csic.es

Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC)

El ICE-CSIC es un centro de investigación de excelencia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que estudia el universo de manera teórica y observacional. También participa en misiones espaciales internacionales, tanto en la parte científica como en la construcción de instrumentación que va a bordo de dichas misiones desde su Unidad de Ingeniería Avanzada.

Actualmente ubicado en el campus de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Cerdanyola del Vallès (Barcelona), el origen del ICE-CSIC se remonta al Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB) del CSIC. Entonces, el CEAB, fundado en 1985, era un centro de investigación de carácter pluridisciplinar que integraba grupos de investigación dedicados a temas muy diversos: el grupo de Oceanografía, el de Ecología del Bentos Marino, el de Inteligencia Artificial y el grupo de Astrofísica. Este último, formalmente una Unidad de Investigación del CSIC, estaba formado por Jordi Isern, que sería más tarde el primer director del ICE-CSIC, e investigadores e investigadoras como Margarita Hernanz, Antonio Rius, Inmaculada Domínguez y Emilio Elizalde.

Especializado en astrofísica teórica, Jordi Isern centró su investigación en las últimas etapas de la evolución estelar, la evolución de la galaxia y la astronomía de rayos gamma. Fundó el ICE-CSIC en 1999 a partir de aquella Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB y, por el camino, también creó el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC).

¿CÓMO EMPEZÓ TODO?

La Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB, semilla del actual ICE-CSIC, se centraba en estudios de las últimas etapas de la evolución estelar y explosiones termonucleares en estrellas enanas blancas, como apuntaba la investigadora Margarita Hernanz en la conferencia del 25º aniversario del ICE-CSIC en febrero de este año. Esta línea de investigación permitió establecer las primeras colaboraciones con instituciones internacionales para profundizar en estudios teóricos y de observabilidad de novas y supernovas en rayos gamma de MeV, y también las primeras colaboraciones para el desarrollo de instrumentación, en particular el experimento SIXE (Spanish-Italian X-ray Experiment) para el estudio de las variabilidades espectrales y de intensidad a



Figura 1. Miembros del ICE-CSIC en la conferencia del 25º aniversario del instituto en febrero de 2025. Créditos: ICE-CSIC.

corto y largo plazo de fuentes de rayos X extragalácticas y galácticas, así como otros proyectos para la observación de rayos X y rayos gamma.

Otra de las primeras líneas de investigación de esta Unidad de Investigación estaba relacionada con los sistemas de navegación por satélite y la observación de la Tierra desde el espacio. El investigador Antonio Rius se incorporó a la Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB en 1994, con el objetivo de explorar las tecnologías GPS y sus aplicaciones en el estudio de la Tierra. Principalmente, le interesaban tres áreas: la ionosfera, la troposfera y la superficie marítima y terrestre. Los sistemas de navegación por satélite entonces eran una novedad, ya que sus aplicaciones civiles se desarrollaron en la década de

1990. Los satélites de órbita terrestre baja (LEO, por sus siglas en inglés), constelaciones como el GPS y los receptores GPS de base terrestre permitieron medir a nivel global el contenido de vapor de agua troposférico, el estado del mar, la distribución de electrones ionosféricos o perfiles termodinámicos de la atmósfera terrestre mediante radioocultación.

Por su parte, el investigador Emilio Elizalde se unió en torno al año 1990. Especializado en cosmología y física teórica, en la conferencia del 25º aniversario del ICE-CSIC compartió algunos recuerdos de los primeros años en la Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB en Blanes, donde trataba de retener talento centrándose en la figura de Albert Einstein y la esencia de la teoría de la relatividad general. Algunos de

los investigadores predoctorales a quienes supervisó son actualmente científicos del ICE-CSIC, como Enrique Gaztañaga y Pablo Fosalba. Otro ejemplo es Sergei Odintsov, que llegó al CEAB para colaborar con Elizalde gracias al programa de profesorado visitante que comenzaba a implementarse en los 90, un programa que, según recordaba Elizalde en la conferencia del 25º aniversario, captó la atención mediática.

Durante estos años en la década de los noventa, la ciencia buscaba la manera de avanzar creando colaboraciones entre distintas instituciones. El investigador José María Torrelles se incorporó a la Unidad de Investigación de Astrofísica en 1998, que en ese momento ya estaba ubicada en el edificio del IEEC en Barcelona. El instituto buscaba fortalecer la investigación en astronomía y, con su llegada, se inició el grupo de investigación en formación estelar y nebulosas planetarias. Torrelles formaba parte de un grupo de trabajo para estudiar la viabilidad de la participación española en el Millimeter Array (MMA) del Observatorio Nacional de Radioastronomía de Estados Unidos (NRAO), una propuesta de telescopio de base terrestre para hacer observaciones en longitudes de onda milimétricas que luego evolucionó hasta dar lugar al actual Atacama Large Millimeter Array (ALMA).

Algunas de las anécdotas que se pusieron en común en la celebración del 25º aniversario del ICE-CSIC giran en torno a encuentros y congresos en lugares cercanos al CEAB en los años 80 y 90, recordados en aquella conferencia como una época de expansión y de nuevas oportunidades que surgían para el avance científico. Así pues, dos años antes de la fundación del CEAB, en 1983, tuvo lugar el Primer Encuentro sobre la Historia de las Ideas Científicas cerca de Blanes, en Sant Feliu de Guíxols (Girona). En este encuentro al que asistieron ochenta personalidades del mundo de la ciencia, participó Eugen P. Wigner, Premio Nobel de Física en 1963.

Además, como señalaba Jordi Isern en la conferencia del 25º aniversario, los investigadores Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt y Adam G. Riess, que fueron ganadores del Premio Nobel de Física 2011 "por sus trabajos sobre la expansión acelerada del universo a través de observaciones de supernovas distantes", participaron en un encuentro del Instituto de Estudios Avanzados de la OTAN sobre supernovas termonucleares en 1995 en Begur (Girona).

¿CÓMO SE CREA UN INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN?

Partiendo de las primeras líneas de investigación ya mencionadas, la Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB continuó su trabajo en aquel centro durante varios años. Mientras tanto, Jordi Isern fue seleccionado por la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRi) para crear un campus afiliado a la Universidad Internacional Espacial que se ubicaría en Barcelona.

Para ello, lideró la creación del Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC) en 1996, un instituto que agrupó en aquel momento a grupos de investigación de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la Universitat de Barcelona (UB), la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) y aquel incipiente ICE-CSIC en el campus de la UPC.

Entre el año 1996 y 1997, la Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB se trasladó de Blanes a las nuevas premisas del IEEC en Barcelona. Con esta nueva sede y con la llegada de nuevos investigadores e investigadoras del CSIC, el horizonte científico del centro se fue ampliando. Aquella Unidad de Investigación del CSIC todavía dependía formalmente del CEAB, pero el 21 de diciembre de 1999, César Nombela, presidente del CSIC en aquel momento, promovió la creación del Instituto de Ciencias del Espacio como instituto 'en formación'. La llegada de la primera gerente del instituto, Isabel Moltó, y la recepción de financiación estructural marcan el hito fundacional del ICE-CSIC.

Los siguientes pasos fueron en dirección a constituir el ICE-CSIC como un instituto de investigación con un edificio propio. A principios de los 2000, el personal del instituto fue creciendo, impulsado por el programa de Ayudas para contratos Ramón y Cajal, implementado en el año 2001. En 2008, justo antes de la crisis económica, se aprobó el presupuesto para la construcción de un edificio específico para el ICE-CSIC en el campus de la UAB, una semana antes de que se congelaran las inversiones públicas. Finalmente, el ICE-CSIC inauguró su sede actual en el año 2015, a medida que el instituto adquiría impulso. Entre 2008 y 2015, el personal del instituto trabajó en distintos espacios de la UAB, haciendo uso de laboratorios a lo largo del campus.



Figura 2. Foto de grupo del encuentro del Instituto de Estudios Avanzados de la OTAN sobre supernovas termonucleares en 1995 en Begur (Girona). Créditos: P. Ruiz-Lapuente, R. Canal, J. Isern (1997): *Thermonuclear Supernovae*. Springer, Nato Science Series C: (ASIC, vol. 486).



Figura 3. El Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC), ubicado en el campus de la UAB, Bellaterra. Créditos: César Hernández / CSIC Comunicación.

EL INSTITUTO DE CIENCIAS DEL ESPACIO HOY

Entre el 2016 y el 2023, el instituto se consolidó como centro de investigación de excelencia en investigación teórica y experimental. Además, el personal creció considerablemente: en 2019 el instituto estaba formado por 85 miembros de diferentes ámbitos (ingeniería, investigación y administración), en comparación con los 161 miembros que lo conformaban a finales de 2024.

Este crecimiento fue posible gracias a la ampliación de los recursos, becas y contratos, gestionados por el ICE-CSIC. Entre ellos, el instituto recibió el sello de excelencia María de Maeztu para el período 2022-2026 y fondos EU Next Generation. Gracias a ello, el instituto ha llevado a cabo mejoras de las instalaciones, la creación de la Oficina de Proyectos, la contratación de investigadores predoctorales y postdoctorales y de nuevos puestos de personal de ingeniería de software, mecánica y eléctrica, y la ampliación de la escuela de verano anual del instituto.

Además, bajo la dirección de Diego F. Torres entre 2016 y 2023, se instauró un nuevo sistema organizacional con una nueva estructura para el equipo de dirección, se estableció el Comité Asesor Internacional y se organizó la Unidad de Ingeniería Avanzada. Esta unidad es responsable de aportar la experiencia tecnológica del ICE-CSIC, lo que permite al instituto participar en el desarrollo de nuevas misiones y observatorios astronómicos. La unidad de ingeniería da apoyo en el desarrollo de los aspectos tecnológicos de los proyectos científicos del centro con el fin de conservar el know-how adquirido para proyectos futuros. Gracias a los fondos del sello María de Maeztu, se pudo llevar a cabo una actualización de los siete laboratorios del centro y la formalización de los servicios que estos ofrecen a empresas e instituciones externas.

El crecimiento del instituto a lo largo de los últimos diez años ha derivado en una ampliación de las líneas de investigación, que parten de aquellas primeras líneas que comenzó estudiando la Unidad de Investigación de Astrofísica del CEAB. Actualmente, nuestros grupos de investigación abarcan la mayor parte de los temas punteros en el campo de la astrofísica. Por ejemplo: núcleos activos de galaxia; herramientas para el análisis de cartografiados de galaxias; asteroides, cometas y meteoritos; campos magnéticos

«Actualmente, nuestros grupos de investigación abarcan la mayor parte de los temas punteros en el campo de la astrofísica. Por ejemplo: núcleos activos de galaxia; herramientas para el análisis de cartografiados de galaxias; asteroides, cometas y meteoritos; campos magnéticos astrofísicos; observación de la Tierra; astronomía gravitacional experimental; objetos compactos extremos; teoría de ondas gravitacionales; formación de estrellas y planetas; astrofísica nuclear y de partículas; astrosismología y el Sol; supernovas; etc.»

astrofísicos; observación de la Tierra; astronomía gravitacional experimental; objetos compactos extremos; teoría de ondas gravitacionales; formación de estrellas y planetas; astrofísica nuclear y de partículas; astrosismología y el Sol; supernovas; etc.

En mayo de 2024, Aldo Serenelli asumió la dirección del ICE-CSIC, con un nuevo equipo directivo formado por Mar Mezcuca y Serni Ribó: vicedirectora científica y vicedirector técnico, respectivamente. Uno de los objetivos principales del actual período es consolidar el crecimiento que el ICE-CSIC ha experimentado en los últimos años y reforzar su posición como centro de investigación de referencia.

La última década también ha sido crucial para sentar las bases de nuestra contribución a misiones espaciales, tanto en el aspecto científico como técnico. Entre las misiones espaciales internacionales en las que el ICE-CSIC lidera la contribución de manera oficial cabe destacar las misiones Euclid o LISA.

La misión Euclid de la Agencia Espacial Europea (ESA) fue lanzada en julio de 2023 para cartografiar un tercio del cielo y observar miles de millones de galaxias a una distancia de 10.000 millones de años luz. Así, Euclid nos ayudará a comprender la expansión del universo y la evolución de su estructura a gran escala durante la historia cósmica. Se calcula que alrededor del 95% está formado por energía oscura y materia oscura, cuya naturaleza continúa siendo un misterio, y Euclid contribuirá a estudiarlas.

El ICE-CSIC, junto con otras instituciones, ha estado involucrado en Euclid desde 2006. Ha sido responsable del diseño, construcción, ensamblaje y tests de validación de la rueda de filtros (Filter Wheel Assembly, FWA) del instrumento NISP de Euclid. Esta rueda es un dispositivo móvil y delicado de instrumentación espacial que ha requerido del desarrollo de sofisticados sistemas de verificación y control de calidad de alta tecnología. Junto con el Port d'Informació Científica (PIC), el ICE-CSIC ha sido responsable de las simulaciones cosmológicas de la misión que han servido para estudiar su optimización y preparar el software para el procesado y análisis de los datos.

LISA es una misión para crear el primer observatorio de ondas gravitacionales en el espacio que

entró en su fase de implementación en 2024 y cuyo lanzamiento está previsto para el año 2035. Es importante mencionar que las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la relatividad general de Einstein en 1915, pero no fueron detectadas hasta 2015. De ahí en adelante, las propuestas para observar ondas gravitacionales desde el espacio avanzaron. Este acontecimiento y el funcionamiento de la misión LISA Pathfinder, predecesora de LISA, catapultaron la misión LISA, adoptada por la ESA el pasado año.

Miquel Nofrarias, co-investigador principal de la misión LISA, recordaba en una [entrevista](#) para el boletín del ICE-CSIC a Alberto Lobo, científico del ICE-CSIC que falleció en el año 2012, quien inició la participación del instituto en la misión LISA y su predecesora LISA Pathfinder: "Tuvo la visión en aquel momento de entrar en uno de estos proyectos y formar parte de él desde cero. Los frutos que hemos cosechado ahora se basan en esa visión de hace 20 años. [...] Con proyectos tan a largo plazo, son las nuevas personas que se incorporan al proyecto, jóvenes y que aprenden, las que permiten que todo esto se proyecte. Una parte importante de lo que hacemos es capacitar a las personas para que se conviertan en modelos a seguir".

Otras misiones que lideramos están relacionadas con la gran pregunta "¿Hay vida en otros planetas?". Es el caso de CARMENES, un instrumento de base terrestre para buscar exoplanetas alrededor de estrellas más pequeñas que nuestro Sol. En 2023, se anunció que CARMENES había detectado 59 exoplanetas, una decena de los cuales podrían ser habitables, a partir de datos recopilados entre 2016 y 2020. Además, hay dos futuras misiones espaciales de la ESA relacionadas con este ámbito: PLATO, que buscará sistemas planetarios extrasolares, y Ariel, que caracterizará sus atmósferas.

El instituto también ha liderado desde sus inicios algunas misiones y experimentos. El proyecto Physics of the Accelerating Universe Survey (PAUS), una colaboración internacional liderada por el ICE-CSIC, tiene como objetivo realizar un cartografiado de energía espectral de millones de galaxias. En 2024, la colaboración publicó un catálogo pionero de distancias cósmicas que recogía datos

recopilados durante 200 noches entre 2015 y 2019 utilizando la cámara PAUCam, desarrollada por la propia colaboración y ubicada en el telescopio William Herschel (WHT) en La Palma.

Desde el ICE-CSIC no sólo se estudia el espacio desde la Tierra, sino que también se trabaja por observar la Tierra desde el espacio a través de satélites, como ya empezaba a estudiar aquel pequeño grupo del CEAB que lo empezó todo. En esta línea, destaca el satélite PAZ, operado por Hisdesat, lanzado en 2018: el primer satélite radar español en incluido en el Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOTS).

PAZ es un experimento espacial para reducir el error de predicción en meteorología a través de la técnica GNSS, desarrollada en el ICE-CSIC. El satélite incluye un receptor avanzado de señales de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) para determinar la órbita de las señales de manera precisa. Este receptor GNSS en concreto permite monitorizar las señales en geometría de ocultación transmitidas por satélites de navegación. Además, se propuso añadir una carga de radio-ocultaciones al satélite. La técnica de las radio-ocultaciones se originó en el estudio de las ciencias del espacio para estudiar la atmósfera de otros planetas.

AMPLIANDO NUESTRO CONOCIMIENTO DEL COSMOS

Entre los retos del mundo actual, la ciencia tiene un papel clave para generar conocimiento y ofrecer información fiable a la ciudadanía. Los desafíos en la física y la astronomía están relacionados con los retos tecnológicos para el diseño y construcciones de telescopios y misiones espaciales, así como con otras disciplinas que se entrelazan y que hacen que el saber avance.

Con el objetivo de continuar el trabajo de 25 años y de seguir progresando, el ICE-CSIC tiene el compromiso de formar a la próxima generación de científicos y científicas. Por ello, una de las grandes labores es la formación de investigadores/as predoctorales. Además, desde 2017 se celebra una escuela de verano anual dirigida a estudiantes en etapas iniciales de su carrera científica. Más de 300 estudiantes han pasado ya por las ocho ediciones de esta escuela de verano.

El centro también tiene la responsabilidad de hacer llegar al público general en qué consiste la investigación que se lleva a cabo y que es financiada con fondos públicos. Por ello, en 2021 se creó la oficina de Comunicación y Divulgación que trabaja para acercar la astronomía a diferentes públicos.

Uno de los mayores esfuerzos de divulgación del centro es la alianza Magnet con escuela Gabriel Castellà i Raich, ubicada en Igualada (Barcelona) en el periodo 2021-2025 para luchar contra la segregación escolar a través de la ciencia. Además, a través del Comité de Igualdad, el instituto trabaja por que la igualdad de género y la equidad sean un distintivo de la institución. El comité analiza y propone medidas para ayudar a conciliar vida personal y laboral, promover la paridad y un entorno seguro en el trabajo.

Estos 25 años han sido un viaje que tenía como objetivo ampliar el horizonte científico en astronomía y ciencias espaciales. La ciencia es un trabajo colectivo cuyo último beneficiario es el conjunto de la sociedad. El Instituto de Ciencias del Espacio está formado por aquellas personas que forman parte o han formado parte de él, que han contribuido con su forma de ver el mundo (y el cosmos) y de estudiarlo. En el futuro, desde el ICE-CSIC seguiremos trabajando para descifrar las incógnitas que encierra el universo.