Instituto de Física Teórica UAM-CSIC

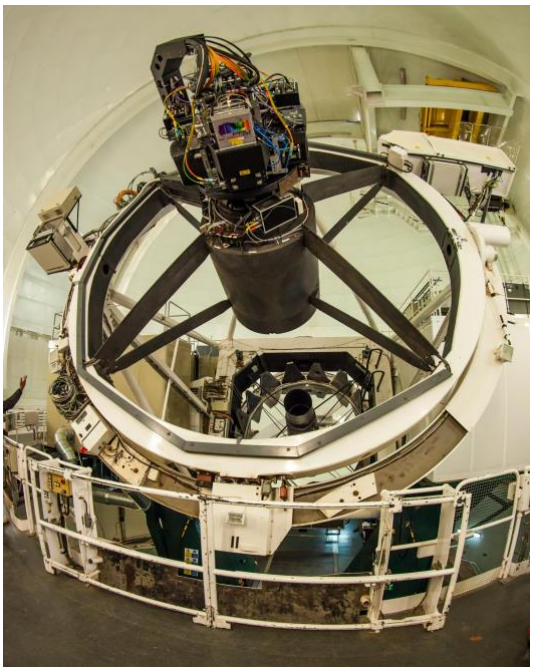
Nota de prensa embargada hasta el miércoles, 18 de septiembre 2024 a las 10:00 CEST

El cartografiado PAUS publica un nuevo catálogo de distancias cósmicas para desvelar los misterios de la formación del universo

- **El catálogo recoge los datos recopilados de más de 1,8 millones de objetos astronómicos durante 200 noches entre 2015 y 2019, utilizando el telescopio WHT de 4,2 metros en La Palma (Islas Canarias, España).**

- **La información publicada ayudará a comprender la formación de estructuras cósmicas influenciada por la materia oscura y la energía oscura.**

- **El IFT-UAM/CSIC ha colaborado con otras cinco instituciones españolas en el cartografiado PAUS, las observaciones y la explotación científica, coordinado por el ICE-CSIC y en colaboración con el IEEC, IFAE, PIC, CIEMAT, la Universidad de Durham, la Ruhr-Universität Bochum, el University College London, la ETH de Zúrich, el Observatorio de Leiden, la Universidad de Portsmouth y la Universidad de Tsinghua.**



La cámara PAUcam instalada en el foco primario del telescopio William Herschel (WHT) en La Palma, España. Créditos: PAUS.

Madrid, 18 de septiembre de 2024.- El proyecto Physics of the Accelerating Universe Survey (PAUS), una colaboración internacional liderada por el Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC), dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), en la que participan 14 instituciones de seis países, publica un catálogo pionero de distancias cósmicas. Este catálogo recoge datos recopilados durante 200 noches entre 2015 y 2019 utilizando la cámara PAUCam del telescopio William Herschel (WHT) en La Palma. Se publica hoy en la web de PAUS y en el portal CosmoHub. Esta publicación se detalla en dos artículos publicados hoy en la revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS): uno sobre la medida de las distancias y otro sobre la calibración de los datos de PAUS.

Este nuevo catálogo proporciona información de millones de galaxias lejanas, determinando sus distancias con una precisión sin precedentes con un campo de visión y una profundidad nunca antes explorados. El cartografiado cubre una amplia área de cielo de 50 grados cuadrados, similar a un área de aproximadamente 250 lunas llenas, que engloba datos de 1,8 millones de objetos astronómicos. Esta mirada más profunda permitirá a astrónomos y astrónomas crear mapas más precisos para comprender cómo se forma la estructura en el universo, así como estudiar la materia oscura y la energía oscura.

La cámara del instrumento, llamada PAUCam, fue diseñada especialmente para medir con precisión las distancias a las galaxias, lo que permite estudiar la expansión del universo bajo la influencia de la materia oscura y la energía oscura. El proyecto se basa en imágenes profundas existentes de los cartografiados Canada-France-Hawaii Telescope Lensing Survey (CFHTLenS) del Canada-France-Hawaii Telescope, en Hawái, y el Kilo-Degree Survey (KiDS) realizado con el VLT Survey Telescope en Chile, que pertenece al Observatorio Europeo Austral (ESO). Al combinar estos conjuntos de datos, el proyecto PAUS ha obtenido información muy precisa sobre la distancia y el tiempo de los objetos del espacio profundo.

La labor de los físicos teóricos, como **el cosmólogo del IFT Juan García-Bellido**, ha consistido tanto en la construcción de la cámara PAUCam como en la interpretación de los datos obtenidos. “Este cartografiado de PAUS fue posible gracias a la colaboración de los seis grupos españoles, quienes instalamos la cámara en el telescopio William Herschel”, cuenta García-Bellido. “A diferencia de otros proyectos como el Dark Energy Survey (DES) o el Legacy Survey of Space and Time (LSST), que utilizan solo cinco bandas de filtros, **PAUS cuenta, además, con 40 filtros de banda estrecha. Esto nos permite mejorar significativamente la precisión de las mediciones de las galaxias**, logrando una resolución en la posición en corrimiento al rojo (redshift) de unas partes en mil, frente a unas partes en cien de otros experimentos. Esta ventaja nos permite medir muchos aspectos del universo que antes no podíamos, proporcionando **una ventana sin precedentes a la evolución y la estructura del cosmos**”, destaca el cosmólogo.

La expansión acelerada del universo se atribuye a la energía oscura, que constituye alrededor del 70% del Universo, pero su naturaleza sigue siendo una incógnita. El cartografiado PAUS arroja luz sobre este enigma, ya que proporciona una caracterización precisa y completa de millones de galaxias situadas hasta distancias de más de 10.000 millones de años luz de nosotros. Este catálogo es un recurso valioso para la comunidad astronómica al contribuir al análisis científico y la calibración de otros cartografiados cosmológicos.

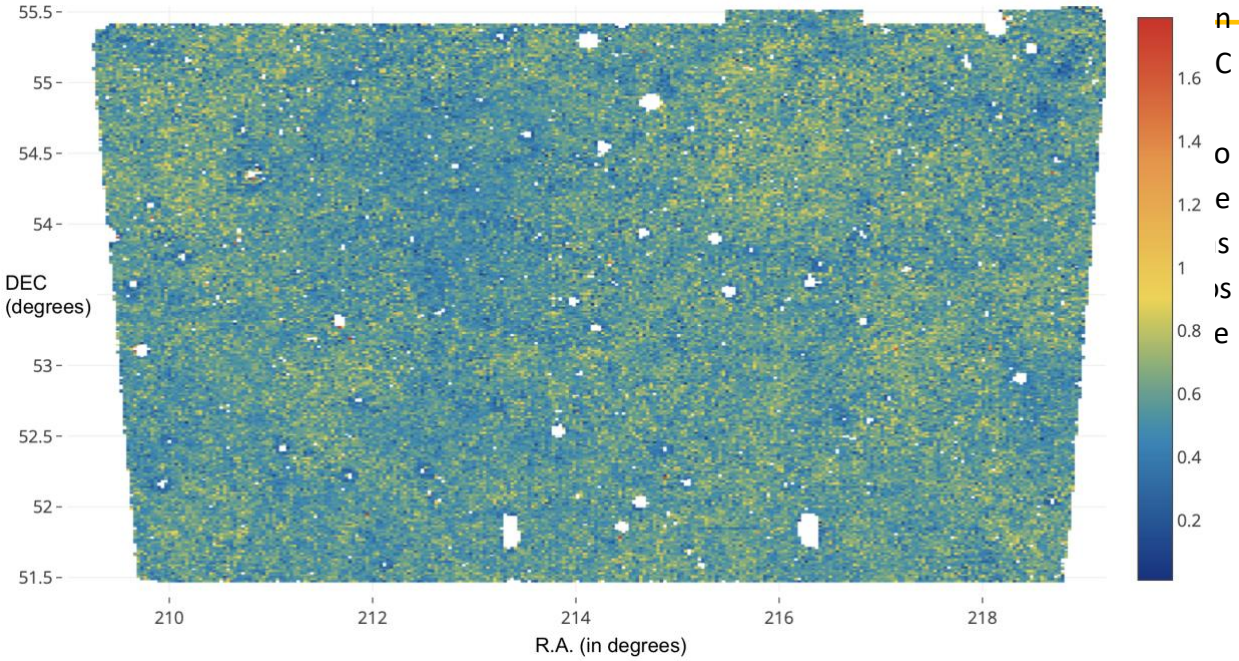
"El cartografiado PAUS ofrece un enfoque revolucionario para la creación de mapas cósmicos, que es posible gracias al diseño y desarrollo de un instrumento novedoso y un cartografiado dedicado a recopilar y analizar datos de formas que nunca antes se han llevado a cabo. Ha sido un privilegio colaborar con un grupo tan talentoso y fiable", afirma Enrique Gaztañaga, director del cartografiado PAUS, que comenzó en 2015, y actualmente profesor del Instituto de Cosmología y Gravitación de la Universidad de Portsmouth, en excedencia del ICE-CSIC y del Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña (IEEC).

Un hito en la investigación cósmica

Este catálogo representa un avance significativo en la investigación cósmica, ya que ofrece medidas fotométricas del corrimiento al rojo que determinan las distancias a las galaxias tal como aparecieron hace miles de millones de años. Para obtener estas medidas, la cámara PAU emplea 40 filtros de diferentes colores que representan bandas estrechas en el espectro óptico. Esta técnica implica fotografiar el mismo campo varias veces a través de varios filtros de color. A medida que los objetos se alejan de nosotros, la luz que emiten experimenta un corrimiento al rojo, desplazándose hacia el extremo rojo del espectro. En astronomía, el corrimiento al rojo es crucial para calcular la distancia de un objeto a la Tierra.

Mientras que los estudios cósmicos espectroscópicos de última generación, actuales y futuros, están equipados con grandes planos focales que permiten la medición simultánea de los desplazamientos al rojo de miles de galaxias preseleccionadas —adquiriendo cientos de desplazamientos al rojo de galaxias por grado cuadrado en una sola observación de un total de aproximadamente 30.000 galaxias en el límite de profundidad deseado—, el estudio PAUS adopta un enfoque diferente. El proyecto PAUS no requiere preseleccionar galaxias. En su lugar, utiliza sus 40 filtros para medir los desplazamientos al rojo de las 30.000 galaxias dentro del campo de visión a la vez, aunque con una resolución espectral menor.

“La precisión al medir distancias de galaxias depende del número de filtros que se utilicen, ya que cada filtro proporciona información distinta sobre la galaxia. La gran ventaja de PAUS es que combina información de 40 filtros diferentes, lo que permite realizar mediciones de distancias de gran precisión. Este nivel de precisión es crucial para el estudio de la estructura



Este mapa muestra las posiciones en el cielo de aproximadamente 750.000 galaxias en uno de los cuatro campos PAUS (W3 CFHT-Lens). Los colores representan el corrimiento al rojo medio (z) de las galaxias en cada píxel, donde z indica tanto la distancia cósmica como el tiempo. Por ejemplo, z ≈ 0,9 (amarillo) indica la luz emitida hace unos 7.400 millones de años, cuando el universo era 1,9 veces más pequeño que hoy. Las regiones vacías corresponden a objetos brillantes en primer plano (estrellas o galaxias brillantes) que oscurecen las galaxias más distantes. Este mapa proporciona información de gran valor sobre la estructura a gran escala del universo, lo que respalda los estudios de la evolución de las galaxias, la materia oscura y la energía oscura. Créditos: CosmoHub.com.

Contribución internacional al cartografiado PAUS

Una colaboración internacional entre España, Reino Unido, Países Bajos, Suiza, Alemania y China ha hecho posible el cartografiado PAUS. La explotación científica de los datos del catálogo PAUS —incluyendo observaciones, reducción y calibración de datos, simulaciones, corrimiento al rojo fotométrico y análisis de agrupamiento de galaxias— ha sido liderada por el ICE-CSIC, junto con el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) y otras instituciones en España como el Port d'Informació Científica (PIC, centro gestionado por el IFAE y el CIEMAT), el Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña (IEEC), el Instituto de Física Teórica (IFT-

UAM/CSIC) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

La construcción e integración de la cámara PAU se realizó íntegramente en Barcelona, bajo la dirección del IFAE en colaboración con el ICE-CSIC, el PIC, el IEEC, el CIEMAT y el IFT-UAM/CSIC. Además de ayudar en el diseño de la cámara, el banco óptico y la construcción, el ICE-CSIC también tuvo un papel fundamental en la reducción de datos, la calibración, los procesos de análisis automatizados y la distribución de datos, trabajando en estrecha colaboración con el PIC, que actúa como centro de datos de PAUS, junto con el equipo más amplio de PAUS. El CIEMAT fue responsable, junto con el IFAE, del diseño, la producción, las pruebas y la instalación de toda la electrónica de PAUCam. El CIEMAT también fue responsable de las pruebas y la validación de los filtros y de la producción e instalación de varias partes mecánicas de la cámara.

La puesta en servicio y la primera luz de PAUCam en el telescopio WHT de 4,2 metros tuvieron lugar en 2015 por parte de estos grupos en España, con la inestimable ayuda del personal de ingeniería del WHT del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING) en La Palma. Tras este hito, se formó una colaboración internacional en 2015, que incluía a la Universidad de Durham (Reino Unido), el Observatorio de Leiden (Países Bajos), la Ruhr-Universität Bochum (Alemania), el University College London (UCL, Reino Unido), la ETH de Zúrich (Suiza), el Instituto de Cosmología y Gravitación de la Universidad de Portsmouth (Reino Unido) y la Universidad de Tsinghua (China). Estas instituciones contribuyeron con financiación externa, recursos humanos y experiencia, jugando un papel crucial en la ejecución y explotación del proyecto PAUS.

Los equipos de Leiden, Reino Unido y España, como miembros del Grupo de Telescopios ING, también garantizaron tiempo de observación compitiendo con éxito en 10 concursos internacionales entre 2015 y 2019. Además, otros grupos externos han tenido la oportunidad de utilizar la PAUCam como instrumento para distintas campañas de observación.

Explotación científica

Las bases del proyecto PAUS se sentaron en torno a 2007, en el marco de la iniciativa Consolider Ingenio 2010, financiada por el gobierno de España. Los grupos españoles mencionados anteriormente continuaron el proyecto, construyendo PAUCam para su uso en el telescopio WHT y formando la colaboración PAUS, que preparó el análisis de los datos que ahora se publican.

"Empezar una colaboración de varios grupos españoles y continuarla con un instrumento muy ambicioso, a pesar de contar con recursos materiales y humanos bastante limitados, no estuvo exento de riesgos. Sin embargo, lo cierto es que la cámara funcionó correctamente casi desde el primer momento. Es igualmente destacable que seis grupos europeos y uno chino se unieron a PAUS para el análisis de datos, aportando sus propios recursos", señala Enrique Fernández, del IFAE y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), que lideró el Proyecto PAU Consolider y la colaboración PAUS durante sus primeros años.

Nueve años después de su primera luz en 2015, PAUS ha alcanzado un hito: ha medido las distancias de numerosas galaxias lejanas con una precisión relativa del 0,3 %. El equipo está utilizando actualmente estos datos para mejorar la calibración de los sondeos cosmológicos existentes. Por ejemplo, los datos de PAUS se están utilizando para mejorar los análisis de lentes gravitacionales débiles y simulaciones para misiones espaciales que estudian la energía oscura, como la misión Euclid de la ESA y el Legacy Survey of Space and Time (LSST) del Observatorio Rubin. Además, estas muestras pueden refinar las distribuciones de corrimiento al rojo para dichas misiones, como ya se ha hecho para las colaboraciones científicas Kilo-Degree Survey (KiDS) y el Dark Energy Survey (DES).

"Además de los desplazamientos al rojo de alta precisión, los 40 filtros de banda estrecha de PAUS ofrecen una ventana única a la evolución y el entorno de las galaxias. Con PAUS, podemos observar directamente líneas de emisión intensas y discontinuidades espectrales, algo que normalmente se reserva para estudios espectroscópicos más lentos y costosos. Estas observaciones nos permiten delimitar mejor la edad y la composición de las galaxias, identificar cuásares con gran precisión e incluso pueden proporcionar una ventana a las nubes de gas difusas que hay alrededor y entre galaxias", comenta Pablo Renard, investigador postdoctoral en la Universidad de Tsinghua y actualmente director de datos de PAUS.

En los próximos meses, el equipo también presentará un estudio actualmente en desarrollo sobre la agrupación de galaxias y las características intrínsecas de la forma de las mismas, contribuyendo a una mejor comprensión de cómo se formó y evolucionó nuestro universo.

Más información

- D. Navarro, E. Gaztanaga, M. Crocce, A. Wittje et al, The PAU Survey: Photometric redshift estimation in deep wide fields. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. DOI: 10.1093/mnras/stae1686
- F. Castander, S. Serrano, M. Eriksen, E. Gaztanaga et al, The PAU survey: photometric calibration of narrow band images. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. DOI: 10.1093/mnras/stae1507
- Datos del cartografiado PAUS disponibles aquí: https://pausurvey.org/public-data-release/.

- Más detalles sobre el proyecto PAUS: https://pausurvey.org. Otras publicaciones de la colaboración PAUS: https://pausurvey.org/pausurvey/publications/

El IFT

El IFT-UAM/CSIC es un centro mixto de la Universidad Autónoma de Madrid y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, dedicado íntegramente a la investigación en física teórica, con el foco en las cuestiones más fundamentales, desde las partículas elementales hasta la cosmología, pasando por la frontera de la complejidad cuántica. Sus investigadores lideran numerosos proyectos tanto en el ámbito nacional como internacional, apoyados en una intensa actividad de formación de jóvenes investigadores y una original labor de divulgación de la física.

Para más información y entrevistas:
Laura Marcos Mateos
laura.marcos@csic.es
comunicacion@ift.csic.es
912999894