Los primeros resultados de DESI dan la medida más precisa de la expansión del universo

- **El Instrumento Espectroscópico de la Energía Oscura (DESI, por su acrónimo en inglés) ha cartografiado galaxias y cuásares para construir el mapa en 3 dimensiones más grande del universo y ha medido su velocidad de expansión a lo largo de 11 000 millones de años.**

- **Es la primera vez que se mide la historia de la expansión del universo en un periodo tan temprano (hace 8-11 mil millones de años) con una precisión mejor que el 1%. Esto proporciona una oportunidad sin precedentes de estudiar la energía oscura.**

- **Tan sólo con su primer año de funcionamiento DESI ha sobrepasado al conjunto de todos los mapas espectroscópicos en 3D previos y ha confirmado las bases del actual modelo del universo. El análisis de los datos de este primer año ha obtenido algunos resultados muy interesantes que habrá que explorar con más datos.**

- **Investigadores de CIEMAT, ICCUB, ICE, IFAE e IFT han tenido una participación muy destacada en la obtención de estos importantes resultados.**

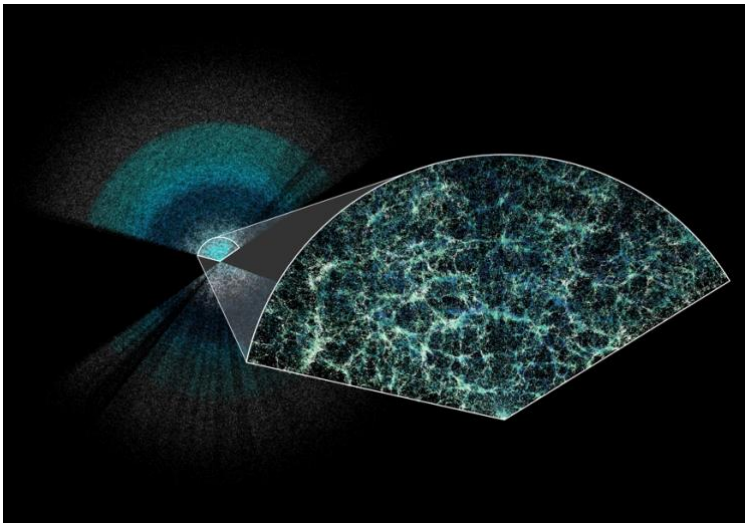


Imagen 1: DESI ha creado el mapa tridimensional más grande de nuestro universo hasta la fecha. La Tierra está en el centro de esta delgada sección del mapa completo. En la sección ampliada, es fácil ver la estructura subyacente de la materia en nuestro universo. Crédito: Claire Lamman/Colaboración DESI; paquete de mapas de colores personalizados por cmastro

Barcelona/Madrid, 4 de abril de 2024.- Con 5 000 pequeños robots instalados en un telescopio, desde la cima de una montaña en Arizona (EE. UU.), los científicos son capaces de observar 11 000 millones de años en el pasado. La luz de objetos extremadamente lejanos está llegando ahora al Instrumento Espectroscópico de la Energía Oscura (DESI, por Dark Energy Spectroscopic Instrument), un proyecto liderado por el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL), permitiéndonos cartografiar el universo cuando estaba en su juventud y caracterizar su crecimiento hasta lo que observamos hoy en día. Entender cómo éste ha evolucionado está directamente relacionado con cómo terminará, y con uno de los mayores misterios de la física: la energía oscura, el misterioso componente que causa que el universo se expanda cada vez más rápido.

Para estudiar los efectos de la energía oscura en los últimos 11 000 millones de años, DESI ha creado el mapa en 3D del cosmos más grande jamás construido, con las medidas más precisas hasta la fecha. Es la primera vez que los científicos miden la historia de la expansión del universo joven con una precisión mejor que el 1%, lo que proporciona la mejor descripción existente de su evolución. Los análisis del primer año de datos se han hecho públicos en un grupo de artículos científicos que aparecerán esta noche en el repositorio arXiv y en diversas ponencias en la reunión de la *American Physical Society* en EE. UU. y en los *Rencontres de Moriond* en Italia. Estos son los primeros resultados de cuarta generación acerca de la energía oscura.

[Video 3: Vuelo interactivo a través de millones de galaxias cartografiadas utilizando datos de coordenadas de DESI.]

«De momento parece que los primeros resultados de DESI están de acuerdo con las predicciones del modelo actual», dice Hui Kong, investigadora postdoctoral en el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) y autora principal de uno de los artículos presentados hoy. «Hay algunos indicios que apuntan a pequeñas variaciones temporales en la densidad de energía oscura, pero necesitaremos más datos para confirmarlo.»

El modelo teórico de referencia para el universo se conoce como Lambda CDM. Incluye tanto un tipo de materia que interacciona muy poco (la materia oscura fría o CDM por sus siglas en inglés, Cold Dark Matter) como energía oscura (Lambda). La materia y la energía oscura condicionan la expansión del universo, pero de maneras opuestas. Tanto la materia normal como la oscura ralentizan la expansión mientras que la energía oscura la acelera. Por tanto, la cantidad que haya de cada una de ellas determina la evolución del universo. Este modelo teórico es una buena explicación de los resultados obtenidos por experimentos anteriores y de la evolución temporal del universo.

Sin embargo, cuando los datos del primer año de DESI se combinan con otros estudios, hay algunas sutiles diferencias con respecto a las predicciones de Lambda CDM. Según DESI vaya acumulando más información durante los próximos años, estos primeros resultados se harán más precisos, aclarando si los datos apuntan a que es necesario cambiar el modelo teórico o hay otras explicaciones para las mediciones obtenidas. Más datos implican también una mejora de otros resultados iniciales de DESI, que se refieren a la constante de Hubble (una medida de la velocidad a la que se expande el universo hoy en día) y a la masa de las partículas elementales llamadas neutrinos.

[Imagen 2: Diagrama de Hubble de DESI]

«DESI, incluso con los datos de su primer año de funcionamiento, ya es el cartografiado espectroscópico que ha tomado más datos de la historia y continúa aumentando esta cantidad a razón de un millón de galaxias cada mes», dice Eusebio Sánchez, investigador del CIEMAT. «Este extraordinario conjunto de datos hace que podamos medir la historia de la expansión del universo con una precisión sin precedentes. Estamos seguros de que DESI aumentará nuestro conocimiento del universo y quizá nos permita hacer descubrimientos revolucionarios».

La precisión general de DESI en la medida de la velocidad de expansión a lo largo de 11 000 millones de años es de un 0,5% y en la época más distante, que cubre entre 8 000 y 11 000 millones de años, es de un 0,82%. Esta medida del universo joven es muy difícil de llevar a cabo. Y tan solo en un año, DESI se ha mostrado dos veces más poderoso en la medida de la velocidad de expansión que su predecesor (BOSS/eBOSS del Sloan Digital Sky Survey), que tomó datos durante más de una década.

Viajando hacia atrás en el tiempo

DESI es una colaboración internacional de más de 900 científicos de 70 instituciones de todo el mundo. El instrumento con el que observa se construyó y se opera con financiación de la Oficina de Ciencia del Departamento de Energía estadounidense (DOE, Department of Energy), y está instalado en el telescopio Nicholas U. Mayall, de 4 m, situado en el Kitt Peak National Observatory, un programa de NOIRLab, de la NSF (National Science Foundation).
Mirando al mapa de DESI es fácil apreciar la estructura subyacente del universo: galaxias acumuladas en filamentos, separados por vacíos con menos objetos. El universo temprano era, sin embargo, muy diferente: una sopa densa y caliente de partículas subatómicas moviéndose tan rápido que todavía no se podía formar materia estable como los átomos que hoy conocemos. Entre esas partículas había núcleos de hidrógeno y de helio, colectivamente denominados bariones.

Fluctuaciones diminutas en este plasma inicial provocaron ondas de presión, haciendo que los bariones se moviesen con un patrón de oscilaciones que es similar a lo que se vería al arrojar un puñado de gravilla en un estanque. Según el universo se fue expandiendo y enfriando, se formaron los átomos y las ondas de presión se detuvieron, congelando estas ondulaciones en tres dimensiones en forma de burbujas, y poniendo la semilla de las futuras galaxias en las zonas más densas. Miles de millones de años después, todavía podemos observar una señal muy débil de estas burbujas como una separación característica entre galaxias, una propiedad denominada oscilaciones acústicas de los bariones (BAO, por Baryon Acoustic Oscillations).

Los investigadores utilizan las medidas de la escala BAO como una regla cósmica. Midiendo el tamaño aparente de las burbujas, son capaces de determinar la distancia a la materia responsable de este debilísimo patrón en el cielo. Cartografiando las burbujas BAO, las más cercanas y más lejanas, los investigadores pueden dividir los datos en capas, midiendo la velocidad de expansión en cada momento del pasado y modelando el efecto de la energía oscura en la expansión.

[Video 1: Animación de las BAO]

«DESI ya es más preciso que todos los cartografiados de BAO anteriores en toda la historia cósmica», dice Violeta González Pérez, investigadora del Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid. «Sus datos nos permiten estudiar misterios cósmicos que están más allá de nuestra comprensión actual del universo».

Utilizar las galaxias para medir la velocidad de expansión es una de las técnicas para entender mejor la energía oscura, pero tiene un alcance limitado. A partir de cierta distancia, la luz de las galaxias habituales se hace demasiado débil, y los científicos empiezan a estudiar cuásares, núcleos galácticos extremadamente brillantes que albergan agujeros negros en sus centros. La luz de los cuásares se absorbe cuando pasa a través de las nubes de gas intergalácticas, permitiendo a los científicos cartografiar las acumulaciones densas de materia y utilizarlas de la misma manera que se utilizan las galaxias, una técnica conocida como «el bosque Lyman-alfa».

«Básicamente, utilizamos los cuásares como fuentes de luz lejanas para ver la sombra de la materia que hay entre ellos y nosotros», dice Andreu Font-Ribera, investigador en el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) en Barcelona, que co-lidera el análisis del bosque Lyman-alfa. «Esto nos permite observar a distancias inalcanzables con otros métodos, cuando el universo era muy joven. Es una medida extremadamente difícil, y es muy reconfortante ver que ha tenido éxito».

Los científicos han utilizado 450 000 cuásares, el conjunto más grande jamás recopilado para medir el bosque Lyman-alfa, extendiendo las medidas de la escala BAO hasta los 11 000 millones de años en el pasado. El objetivo de DESI es haber cartografiado 3 millones de cuásares y 37 millones de galaxias cuando el proyecto finalice.

[Imágenes 3 y 4: Representación artística muestra la luz de los cuásares / Lyman alpha]

Ciencia de vanguardia

DESI es el primer experimento espectroscópico que ha realizado un «análisis ciego» completo, que oculta el resultado verdadero a los científicos para evitar cualquier sesgo de confirmación subjetivo. Los investigadores trabajan con datos enmascarados, y desarrollan todo el proceso de análisis sin conocer la información verdadera. Una vez todo está finalizado, se aplica el análisis a los datos originales para obtener la respuesta final.

«El hecho de que el análisis se haya desarrollado con la técnica de enmascarar los datos nos aporta un grado extra de confianza en los resultados obtenidos», comenta Héctor Gil Marín, investigador del Instituto de Ciencias del Cosmos de la Universidad de Barcelona (ICCUB). Los análisis ciegos ya son una práctica estándar en campos como la física experimental de partículas o los estudios clínicos. Gil Marín y otros investigadores del ICCUB han desarrollado e implementado lo que resultó ser una forma muy robusta y difícil de descifrar, para ocultar los resultados de la agrupación de galaxias en DESI hasta que se complete el análisis. «Estamos seguros de que el esfuerzo extra que esto implicó mejorará la confianza y la integridad en los resultados de DESI», comenta Gil Marín.

Los datos de DESI se usarán además como complemento de futuros cartografiados del cielo como el Observatorio Vera C. Rubin y el telescopio espacial Nancy Roman, y para preparar una mejora potencial de DESI (DESI-II) que ha sido recomendada en un informe reciente por el Particle Physics Project Prioritization Panel de los EE. UU.

«Es emocionante ver cómo los resultados de DESI nos dan una visión precisa de cómo es el Universo» comenta Francisco Javier Castander, investigador del Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC) y del Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC). «Además esto sólo es el principio, con los nuevos datos que estamos obteniendo nuestras medidas serán aún más precisas»

La colaboración Dark Energy Spectroscopic Instrument

DESI está financiado por las siguientes instituciones: U.S. Department of Energy's Office of Science y el National Energy Research Scientific Computing Center; National Science Foundation de Estados Unidos; Division of Astronomical Sciences bajo contrato con el National Optical Astronomy Observatory; Science and Technologies Facilities Council del Reino Unido; Fundación Gordon and Betty Moore; Fundación Heising-Simons; French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA); Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México; Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España y las instituciones miembros de DESI.

La colaboración DESI se siente honrada de que se le permita llevar a cabo investigaciones astronómicas en el lolkam Du'ag (Kitt Peak, Arizona), una montaña con significado especial para la nación Tohono O'odham.

Participan en DESI el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), el Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC), el Institut de Ciències del Cosmos de la Universitat de Barcelona (ICCUB), el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), el Instituto de Física Teórica (IFT - UAM/CSIC), el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).

La lista completa de instituciones participantes y más información sobre DESI está disponible en: https://www.desi.lbl.gov

Personas de contacto:

CIEMAT:
Dr. Eusebio Sánchez, Investigador Científico, eusebio.sanchez@ciemat.es

ICCUB-IEEC:
Dr. Hector Gil, Investigador Ramón y Cajal, hectorgil@icc.ub.edu

ICE-CSIC, IEEC:
Dr. Francisco Castander, Profesor de Investigación, fjc@ice.csic.es

IFAE:
Dr. Andreu Font-Ribera, Investigador Ramón y Cajal, afont@ifae.es

IFT-UAM/CSIC:
Dra. Violeta González Pérez, Investigadora Atracción de Talento CAM, violeta.gonzalez@uam.es

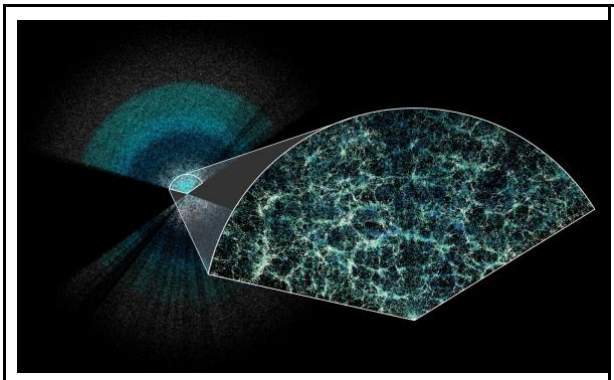
Distribuido por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), el Institut de Ciències del Cosmos de la Universitat de Barcelona (ICCUB), el Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC), el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC), el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) y el Instituto de Física Teórica (UAM-CSIC) en representación de la colaboración DESI.

El IFT

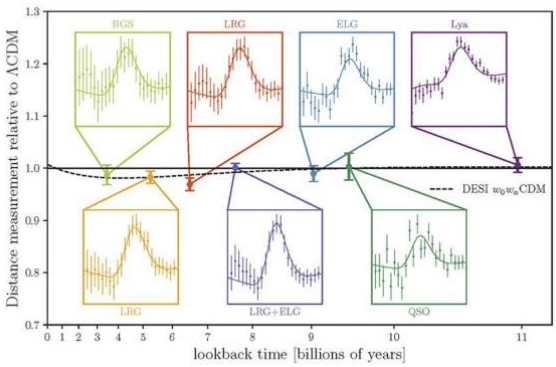
El IFT-UAM/CSIC es un centro mixto de la Universidad Autónoma de Madrid y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, dedicado íntegramente a la investigación en física teórica, con el foco en las cuestiones más fundamentales, desde las partículas elementales hasta la cosmología, pasando por 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.

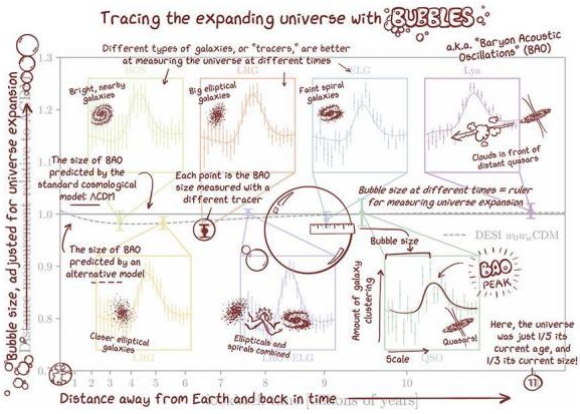
Para más información y entrevistas:
Laura Marcos Mateos
laura.marcos@csic.es
comunicacion@ift.csic.es
912999879

Images

 Feature Image (various sizes in folder)	Imagen 1 Pie de foto: DESI ha creado el mapa tridimensional más grande de nuestro universo hasta la fecha. La Tierra está en el centro de esta delgada sección del mapa completo. En la sección ampliada, es fácil ver la estructura subyacente de la materia en nuestro universo.

DESI-Slice_Original Size_4288x3000px_300DPI.png (Largest version ^)	Crédito: Claire Lamman/Colaboración DESI; paquete de mapas de colores personalizados por cmastro
BAO-Animation_1080x1920px_Sound.mp4	Video 1: https://www.youtube.com/watch?v=hoOyOAAj4iY&ab_channel=BerkeleyLab Pie de foto: Esta animación muestra cómo las oscilaciones acústicas de bariones actúan como una regla cósmica para medir la expansión del universo. Crédito: Colaboración DESI y Jenny Nuss/Laboratorio Berkeley
DESI Robot Animated Fly Though Videos (Recomendada la versión sin texto)	Video 2 (B-roll - sin video de youtube video disponible) Pie de foto: Esta animación muestra un modelo 3D del plano focal de DESI. El movimiento de los 5,000 posicionadores robóticos está coordinado para evitar colisiones entre ellos. Crédito: David Kirkby/Colaboración DESI
DESI VR Flight Stereoscopic Video (Esta carpeta contiene videos cortos para redes sociales, tanto horizontales como verticales, con protectores de créditos)	Video 3: https://youtu.be/jRYUt9nE9b0?feature=shared&t=10 Pie de foto: En este video de 360 grados, se realiza un vuelo interactivo a través de millones de galaxias cartografiadas utilizando datos de coordenadas de DESI. Crédito: Planetario Fiske, CU Boulder y colaboración DESI





[Hubble Diagram and Annotation](#) (Las versiones más grandes están disponibles en la carpeta junto con algunas versiones reducidas para LBNL.)

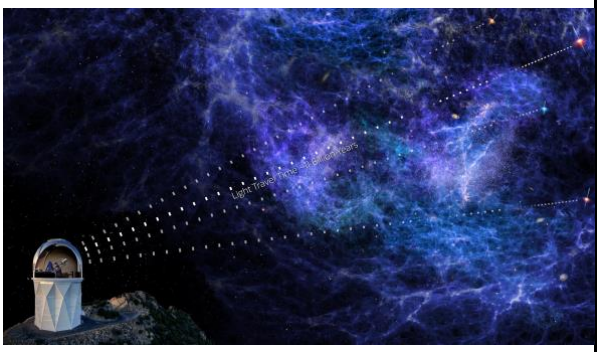
Imagen 2
Pie de foto: El diagrama de Hubble de DESI traza un patrón característico: las oscilaciones acústicas de bariones, o "burbujas" BAO, en diferentes edades del universo. La cantidad de energía oscura determina la velocidad de crecimiento del universo y, por lo tanto, el tamaño de las burbujas. La línea sólida muestra el tamaño que predice el modelo Lambda CDM para las burbujas, mientras que la línea discontinua muestra la predicción de un modelo diferente donde la energía oscura evoluciona con el tiempo. DESI recopilará más datos para determinar qué modelo describe mejor el universo.

Crédito: Arnaud de Mattia/Colaboración DESI

Se sugiere emparejar esto con la imagen de explicación del diagrama de Hubble, "Rastreando el universo en expansión con burbujas".

Pie de foto: Una explicación simplificada de las diferentes partes del diagrama de Hubble de DESI.

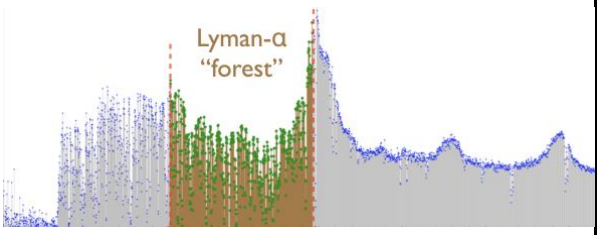
Crédito: Claire Lamman/Colaboración DESI



[Full Size_Lyman-alpha Forest_8000x4500px.tif](#) [1MB_Lyman-alpha Forest_2000x1125px.jpg](#)[500KB_Lyman-](#)

Imagen 3
Pie de foto: Esta representación artística muestra la luz de los cuásares pasando a través de nubes intergalácticas de gas de hidrógeno. Los investigadores pueden analizar la luz para aprender sobre la estructura cósmica distante.

Crédito: NOIRLab/NSF/AURA/P. Marenfeld y Colaboración DESI
Se sugiere emparejar esta imagen con el gráfico del bosque Lyman-alpha que se muestra a continuación.

alpha Forest_2000x1125px.jpg	
 Lyman-A Forest_Graph_2310×844px.png	Imagen 4 Pie de foto: A medida que la luz de un cuásar distante atraviesa el gas en el espacio, ciertas longitudes de onda de luz son absorbidas. Al trazar las líneas de absorción se revela el "bosque Lyman-alpha" (destacado aquí en marrón y verde) y se obtiene información sobre las nubes de gas distantes entre nosotros y el cuásar. Crédito: David Kirkby/Colaboración DESI