

Nota de prensa

El Dark Energy Survey (DES) publica la observación más precisa de la evolución del universo

- ▶ La colaboración DES (Dark Energy Survey o cartografiado de la energía oscura) ha creado los mapas de la distribución espacial de la materia más grandes de la historia.
- ▶ Estos mapas localizan tanto la materia ordinaria como la materia oscura del universo hasta una distancia de 7000 millones de años-luz.
- ▶ Los resultados de su análisis, que incluyen los primeros tres años de datos del proyecto, son consistentes con las predicciones del modelo estándar de la cosmología.
- ▶ Sin embargo, sigue habiendo indicios, tanto de DES como de otros experimentos, de que la distribución de materia en el universo actual es más uniforme, en un pequeño porcentaje, de lo que la teoría predice.
- ▶ Investigadores del CIEMAT, del Institut de Ciències de l'Espai (IEEC, CSIC), del Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) y del Instituto de Física Teórica (UAM-CSIC) han tenido una participación destacada en la obtención de estos resultados.

Madrid, 27 de mayo de 2021.- Los nuevos resultados del Dark Energy Survey utilizan la muestra de galaxias más grande jamás analizada en cosmología, y cubren una enorme región del cielo, para producir las medidas de la composición y del crecimiento del universo más precisas de la historia. Los científicos han determinado que la manera en que la materia se distribuye en el espacio es consistente con las predicciones del modelo cosmológico estándar.

A lo largo de seis años, DES observó 5000 grados cuadrados -casi un octavo de la esfera celeste- en 758 noches, catalogando cientos de millones de objetos. Los resultados que hoy se hacen públicos se han obtenido de los datos tomados durante los tres primeros años del proyecto -226 millones de galaxias observadas en 345 noches, de las que 100 millones se usan en los estudios de cosmología- para crear los mayores y más precisos mapas jamás construidos de la distribución de materia en el universo reciente.

Puesto que DES estudia tanto galaxias cercanas como aquellas que están a miles de millones de años-luz de distancia, sus mapas proporcionan una imagen panorámica a gran escala del universo y, a la vez, una película de cómo ha evolucionado esa estructura a lo largo de los últimos 7000 millones de años.

Para poner a prueba el modelo actual del universo, los científicos de DES han comparado sus resultados con las medidas realizadas por el observatorio espacial Planck, de la Agencia Espacial Europea (ESA). Planck utilizó las señales luminosas conocidas como la radiación de fondo de microondas para observar el universo temprano, tan solo unos 380.000 años después del Big Bang. Los datos de Planck ofrecen una visión muy precisa de cómo era el universo hace 13 000 millones de años, y el modelo cosmológico estándar predice cómo debería haber evolucionado la distribución de la materia oscura (y la materia ordinaria) hasta la actualidad. Si las observaciones de DES no se ajustan a esta predicción, es muy posible que haya aspectos del universo que no se hayan descubierto todavía. Aunque los resultados publicados son consistentes con la predicción, sigue habiendo indicios, tanto en DES como en otros experimentos previos, de que la materia en el universo actual se distribuye, en un pequeño porcentaje, de manera más uniforme de lo predicho, un hallazgo intrigante que merece más investigación.

La materia ordinaria constituye tan solo un 5% del universo. La energía oscura, que según los cosmólogos produce la expansión acelerada del universo contrarrestando la fuerza de la gravedad, da cuenta de casi un 70%. El restante 25% es materia oscura, cuya influencia gravitatoria mantiene las galaxias unidas. Tanto la materia oscura como la energía oscura permanecen invisibles y misteriosas, pero DES trata de revelar su naturaleza estudiando cómo la competición entre las dos da forma a la estructura a gran escala del universo a lo largo de la historia cósmica.

“DES ha conseguido restringir las propiedades de la energía oscura a un nivel de precisión que rivaliza con el obtenido mediante el estudio de la radiación de fondo de microondas y, además, lo complementa”, dice Ignacio Sevilla, científico titular del CIEMAT. “Es emocionante haber conseguido una de las medidas más precisas jamás obtenidas de las propiedades fundamentales del universo”.

DES ha fotografiado el cielo nocturno utilizando la Dark Energy Camera (DECam), de 570 megapíxeles, instalada en el telescopio Víctor Manuel Blanco de 4m de diámetro, situado en el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, en Chile. DECam, una de las cámaras digitales más potentes del mundo, se diseñó específicamente para DES y fue ensamblada y verificada en Fermilab (Estados Unidos). En el proceso de diseño, construcción, verificación e instalación de DECam hubo una importante contribución española.

“El desafío fue de una complejidad sin precedentes, involucró a un equipo multidisciplinar de cientos de personas, una inversión en millones de horas en superordenadores y necesitó del desarrollo de técnicas que marcarán el futuro del campo en casi todos los aspectos del análisis”, comenta Martín Crocce, investigador del ICE que co-lidera el grupo de estructura a gran escala de la colaboración internacional DES. “Entramos en una nueva era de nuestra comprensión global del universo, con observaciones directas, que van desde el universo temprano, con 380 000 años, hasta el universo reciente, 13 mil millones de años más tarde”.

Para cuantificar la distribución de la materia oscura y el efecto de la energía oscura, DES se basa principalmente en dos fenómenos físicos. En primer lugar, que a escalas muy grandes las galaxias no se distribuyen por el espacio de manera aleatoria, sino que más bien forman una estructura en forma de telaraña como consecuencia de la atracción gravitatoria de la materia oscura. DES ha medido cómo esta telaraña cósmica ha evolucionado a lo largo de la historia del universo. El agrupamiento de galaxias que forman la telaraña cósmica, a su vez, revela las regiones que contienen una densidad más alta de materia oscura. En segundo lugar, DES detecta la huella de la materia oscura mediante el efecto de lente gravitacional débil. Cuando una galaxia lejana emite luz, la trayectoria de los fotones que la componen se perturba por el efecto gravitacional que ejerce la distribución de masas que se encuentran a lo largo de su camino. Como consecuencia, cuando observamos dicha galaxia, su forma es ligerísimamente diferente a la original, y el patrón de esas distorsiones depende de la cantidad y de la distribución de materia a lo largo de la trayectoria de la luz. “Analizando las sutiles distorsiones de nuestros 100 millones de galaxias, DES ha sido capaz de trazar la distribución de materia que las produce”, explica Marco Gatti, investigador predoctoral en el IFAE (ahora en la Universidad de Pennsylvania) y que ha co-liderado el grupo que elabora los mapas de materia. “Estos son los mapas de materia más grandes jamás creados, cubren un octavo del cielo y muestran, sobre todo, la materia oscura, que no emite luz y no se puede detectar mediante los métodos tradicionales”. Este análisis ha sido en parte posible gracias a nuevas técnicas de modelización de mapas de gran campo y grandes simulaciones realizadas por grupos españoles y distribuidas en una novedosa plataforma de Big Data (CosmoHub), albergada en el Port d'Informació Científica (PIC), un centro de datos de CIEMAT e IFAE.

Analizar la enorme cantidad de datos recogida por DES ha sido una tarea formidable. El equipo comenzó analizando el primer año de datos, y los resultados se hicieron públicos en 2017. Este proceso preparó a los investigadores para utilizar técnicas más sofisticadas en conjuntos de datos mayores, lo que incluye la muestra de galaxias más grande nunca utilizada para estudiar el efecto de lente gravitacional débil.

Por ejemplo, calcular el desplazamiento al rojo de una galaxia – el cambio en la longitud de onda de su luz debido a la expansión del universo – es un paso importante para medir el cambio, tanto en la distribución espacial de las galaxias como en el efecto de lente gravitacional débil, a lo largo de la historia cósmica. “Un punto clave ha sido el desarrollo de nuevas metodologías para medir el desplazamiento hacia el rojo de los 100 millones de galaxias, directamente relacionado con sus distancias, lo que permite producir un mapa en 3D del universo”, apunta Giulia Giannini, investigadora predoctoral en el IFAE y una de las responsables de estas medidas. “Se han combinado varios métodos independientes aplicando avanzadas técnicas estadísticas, más sofisticadas y precisas, para caracterizar la relación entre colores y posiciones de galaxias y sus desplazamientos al rojo con la mayor exactitud posible, algo fundamental para obtener resultados no sesgados”.

Este y otros avances, tanto en las medidas como en la descripción teórica de las observaciones, se unieron a un aumento en la cantidad de datos de un factor tres con respecto al primer año, para permitir al equipo determinar la densidad y uniformidad del universo con una precisión sin precedentes.

“Estas medidas tan precisas son el resultado de un análisis que se lleva a cabo con extremo cuidado en todos sus puntos, desde la toma de datos en el telescopio hasta el cálculo de los resultados finales. Entre otros muchos factores, hemos corregido el impacto de elementos externos, como estrellas o efectos atmosféricos, en nuestros datos.” dice Martín Rodríguez Monroy, investigador predoctoral en el CIEMAT, y uno de los responsables de la medida de la distribución espacial de galaxias cercanas. “Es una gran satisfacción ver cómo todo el esfuerzo se traduce en unos resultados tan precisos y robustos”.

Junto con el análisis de las señales del efecto de lente gravitacional débil, DES también mide otros indicadores que restringen el modelo cosmológico de maneras independientes: la distribución de galaxias a escalas muy grandes (las oscilaciones acústicas de los bariones), la cantidad de cúmulos de galaxias masivos y las medidas de alta precisión del brillo y desplazamiento al rojo de las supernovas de tipo Ia. Estas medidas adicionales se combinan con el análisis del efecto de lente gravitacional débil para proporcionar restricciones todavía más exigentes para el modelo estándar.

“Los datos de DES son únicos porque nos permiten poner a prueba el modelo cosmológico estudiando fenómenos muy distintos”, comenta Santiago Ávila, investigador postdoctoral del IFT y encargado de analizar la relación entre las condiciones iniciales del Universo y la distribución observada de galaxias. “Las escalas más grandes nos revelan unas ondas sonoras generadas en el universo primigenio (las oscilaciones acústicas de los bariones) y también cómo se formaron las primeras estructuras a partir de fluctuaciones cuánticas generadas durante la inflación cosmológica” –añade.

DES terminó de realizar sus observaciones del cielo nocturno en 2019. Con la experiencia adquirida en el análisis de los datos que hoy se presenta, el equipo está ahora preparado para enfrentarse al conjunto completo, que aumentará al doble el número de galaxias utilizadas en los resultados que hoy se hacen públicos. Se espera que el análisis final de DES extraiga una visión todavía más precisa de la materia oscura y la energía oscura del universo. Además, los métodos desarrollados por el equipo científico de DES han allanado el camino para futuros cartografiados que indaguen de manera aún más profunda los misterios del cosmos.

Los resultados de DES se presentan en un seminario científico el 27 de mayo de 2021 a las 17:30 h., hora peninsular española, que puede seguirse mediante la aplicación zoom en:

<https://fnal.zoom.us/j/94822142182?pwd=UnlPSzg0NXdNdlFzK3R2VWV6aEk1dz09>.

Los 30 artículos científicos que los exponen estarán disponibles tras el seminario en el siguiente enlace: <https://www.darkenergysurvey.org/des-year-3-cosmology-results-papers/> y se describen en el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=2faGqB2UDGo>

El Dark Energy Survey es una colaboración de más de 400 científicos de 25 instituciones en siete países. Para más información acerca del proyecto, visiten la página web del experimento: <https://www.darkenergysurvey.org/es/>

España fue el primer grupo internacional en unirse a Estados Unidos para fundar, en 2005, el proyecto DES y participa a través de tres instituciones, dos de ellas en Barcelona (el Institut de Ciències de l'Espai (IEEC, CSIC), y el Institut de Física d'Altes Energies, IFAE) y una en Madrid (el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT), además de con investigadores del Instituto de Física Teórica, IFT (CSIC-UAM).

Personas de contacto:

IFAE

Dr. Ramon Miquel, Director de IFAE y Profesor de Investigación ICREA, ramon.miquel@ifae.es

D^a. Giulia Giannini, Investigadora Predoctoral IFAE, ggiannini@ifae.es

D. Marco Gatti, Investigador Predoctoral IFAE, mgatti@ifae.es (ahora Investigador Postdoctoral en la Universidad de Pennsylvania).

ICE

Dr. Enrique Gaztañaga, Profesor de Investigación CSIC, gazta@ice.csic.es

Dr. Martín Crocce, Investigador Distinguido ICE-IEEC/CSIC, crocce@ice.csic.es

CIEMAT

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

Dr. Ignacio Sevilla, Científico Titular CIEMAT, ignacio.sevilla@ciemat.es

D. Martín Rodríguez Monroy, Investigador Predoctoral CIEMAT,

martin.rodriquez@ciemat.es

Prensa CIEMAT: prensa@ciemat.es

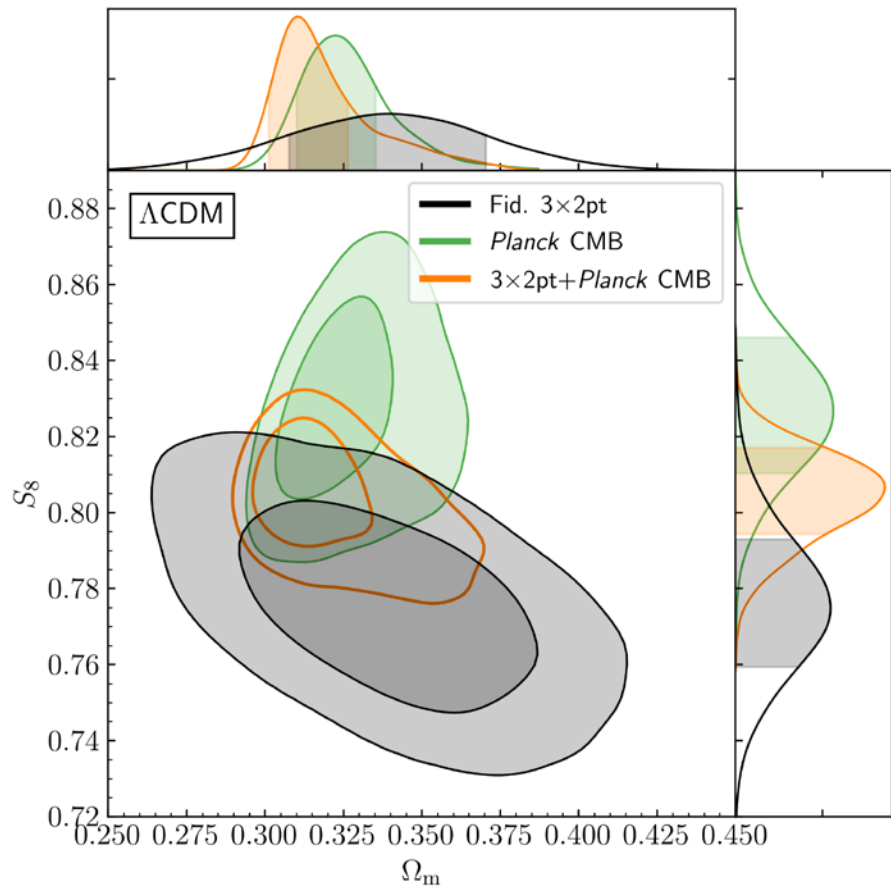
IFT-UAM/CSIC

Dr. Juan García-Bellido, Catedrático de Física Teórica UAM en el IFT,

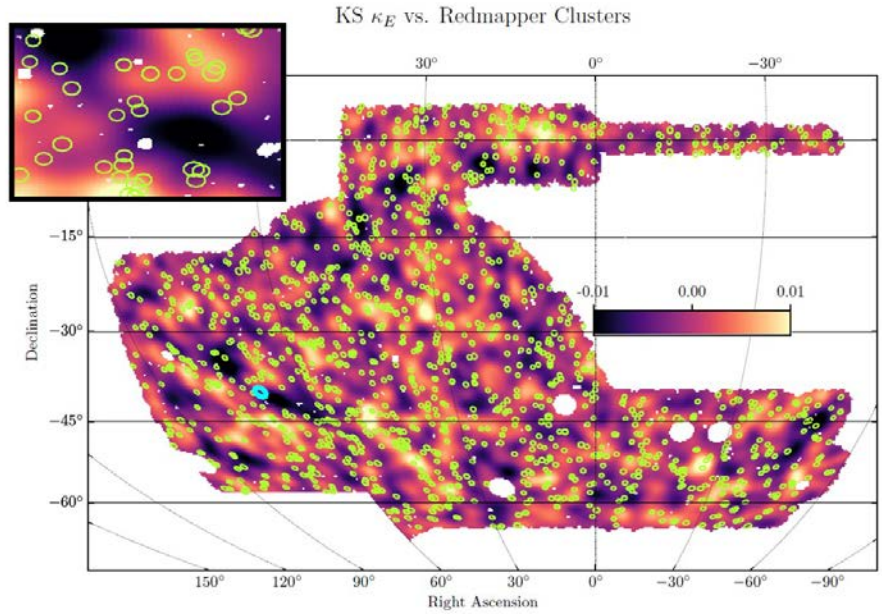
juan.garciabellido@uam.es

Dr. Santiago Avila, Marie Curie Fellow en el IFT-UAM/CSIC, santiago.avila@uam.es

MATERIAL GRÁFICO



La densidad de materia del universo (Ω_m) y la amplitud normalizada de sus inhomogeneidades (S_8) se han determinado en el universo primitivo mediante las propiedades de la radiación de fondo de microondas, con la sonda espacial Planck (en verde), y en el universo reciente mediante la distribución espacial de las galaxias y el efecto de lente gravitacional débil, con el Dark Energy Survey, DES Y3 (en gris). Ambos resultados son compatibles, lo que es una prueba muy importante a favor del modelo estándar de la cosmología, Λ CDM. Si se combinan las medidas (naranja), se consiguen los resultados cosmológicos más precisos obtenidos hasta la fecha. Crédito de la imagen: Dark Energy Survey Collaboration.



Mapa de la distribución de materia (sobre todo materia oscura) realizado a partir de las medidas del efecto de lente gravitacional en 100 millones de galaxias por la colaboración DES. El mapa cubre aproximadamente una octava parte del cielo y abarca varios miles de millones de años-luz en extensión. En las regiones amarillas hay una concentración de materia mayor que la media, mientras que en las regiones negras hay una concentración menor que la media. El rectángulo de la parte superior izquierda muestra la ampliación de la región marcada en celeste. Los puntos son cúmulos de galaxias identificados en las imágenes, que se encuentran con mayor probabilidad en las regiones con mayor concentración de materia. Crédito de la imagen: Dark Energy Survey Collaboration.



El telescopio Blanco, desde el que se ha realizado el proyecto DES. El cilindro negro contiene DECam, la potente cámara con la que se han tomado las imágenes de las galaxias, y en cuya construcción tuvieron un papel relevante los grupos españoles. Crédito de la imagen: Reidar Hahn y Fermilab.