

Cosmología con la medida de la escala de las oscilaciones acústicas de bariones en grandes cartografiados de galaxias

Autor: Juan Mena Fernández
(juanmena95@hotmail.es)

Tesis doctoral dirigida por: Eusebio Sánchez Álvaro e Ignacio Sevilla Noarbe

Centro: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

Fecha de lectura: 19 de octubre de 2023

La cosmología ha experimentado una revolución en las últimas décadas, impulsada por los avances en técnicas de observación, modelos teóricos y capacidades computacionales. Entre sus logros más significativos está el establecimiento de Λ CDM como el modelo cosmológico estándar, el cual ha transformado nuestra comprensión de la composición y evolución del Universo. Λ CDM describe el Universo como compuesto principalmente de energía oscura en forma de una constante cosmológica, Λ ; materia oscura fría (CDM); y materia bariónica ordinaria. Dicho modelo explica con éxito una amplia gama de observaciones cosmológicas, incluida la expansión acelerada del Universo, la radiación del fondo cósmico de microondas, la abundancia de elementos ligeros y la distribución de galaxias a gran escala.

Esta tesis ha sido desarrollada dentro de las colaboraciones *Dark Energy Survey* (DES) y *Dark Energy Spectroscopic Instrument* (DESI). Estos proyectos tienen como objetivo establecer medidas precisas sobre la naturaleza de la energía oscura y, también, estudiar la estructura a gran escala del Universo. Grandes cartografiados de galaxias como DES y DESI representan un papel fundamental en el aumento de nuestra comprensión de la cosmología dentro del marco del modelo Λ CDM. Una de las sondas cosmológicas clave utilizada en sus estudios es la medida de la escala de las oscilaciones acústicas de bariones (BAO), que son las huellas de las ondas de sonido primordiales del Universo primitivo que dejaron rasgos característicos en la distribución a gran escala de la materia. La

escala de las BAO sirve como una “regla estándar” en cosmología, proporcionando medidas precisas de distancias cósmicas que pueden usarse para constreñir parámetros cosmológicos, como la densidad de la materia, la constante de Hubble y la ecuación de estado de la oscura.

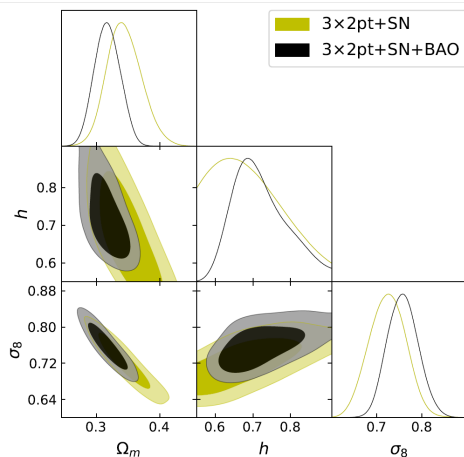
En esta tesis desarrollamos un método de ajuste de la escala BAO basado en plantillas para extraer la información sobre dicha escala de la función de correlación angular. Estudiamos la aplicabilidad y validez de dicho método, y mostramos que sus resultados son robustos frente a variaciones en la cosmología de la plantilla y, también, frente a variaciones en la configuración predeterminada para los ajustes. Una vez validado, el método se aplica los datos del año 3 de DES, donde obtenemos una medida de la distancia de $d_M(0.835)/r_d = 18,94 \pm 0,48$, que es consistente con Planck a $2,5\sigma$. Esto representa la medida de la escala BAO más precisa de un cartografiado de galaxias fotométrico hasta la fecha, con un error relativo del 2,6%. Combinando nuestra función de verosimilitud de BAO con las otras principales del año 3 de DES, a saber, $3\times 2pt$ (combinación de *galaxy clustering* y *weak lensing*) y supernovas, encontramos medidas más precisas de h , Ω_m y σ_8 . Después de la combinación, la distribución de probabilidad de h es más simétrica, con una ganancia en el poder de restricción de 20%; el error en Ω_m se reduce en 25%; y la determinación de σ_8 mejora un 16% (ver figura).

Por otro lado, en esta tesis también describimos el análisis BAO del año 6 de DES. Primero, realizamos una optimización de la muestra del año 6, y prevemos un aumento de precisión de un 25% en la medida de la escala BAO con respecto al análisis del año 3. Luego, utilizamos nuestro método de medida de la escala BAO en las simulaciones del año 6, donde encontramos que el aumento en la precisión con respecto al año 3 es consistente con lo que esperamos de las previsiones.

Finalmente, estudiamos el impacto de las incertidumbres sistemáticas relacionadas con la distribución de ocupación en halos (HOD) en el contexto del análisis de los datos del año 1 de DESI. En particular, hacemos este análisis para galaxias rojas luminosas (LRG), uno de los tipos de galaxias que DESI utiliza para sus estudios. Encontramos un límite superior para el error sistemático de HOD de $0,2\sigma_{\text{stat}}$ en la medida de la escala BAO, tanto a lo largo de la línea de visión como perpendicular a la misma. Futuros trabajos nos permitirán estimar este resultado con mayor precisión y estudiar su efecto al combinarse con las otras fuentes de errores sistemáticos de DESI.

Tesis disponible en:

https://drive.google.com/drive/folders/1KnvgQmWLwzL7P9mrTufEi9u0U_QMu2Kz?usp=share_link



Contornos en h , Ω_m y σ_8 para el análisis del año 3 de DES, marginalizando en todos los demás parámetros. En amarillo se muestran los resultados de la combinación de $3\times 2pt$ y supernovas (SN) y en negro incluimos, también, el BAO. Encontramos que los contornos reducen su tamaño al incluir nuestra medida de BAO, incrementando el poder de restricción de DES.