

Desde la Era de la Precisión hacia la Era de la Exactitud de la cosmología con DESI

Autor: Samuel Brieden

(samuel.brieden@ed.ac.uk)

Tesis doctoral dirigida por: Héctor Gil-Marín y Licia Verde

Centro: Universitat de Barcelona

Fecha de lectura: 14 de septiembre de 2022

A pesar de los recientes éxitos de la Cosmología al haber entrado en la "Era de la Precisión", todavía hay cuestiones abiertas. Los principales ingredientes del modelo estándar Λ CDM, la energía oscura (parametrizada a través de la constante cosmológica de Einstein, Λ) y la materia oscura fría (CDM) contribuyen al $\sim 95\%$ de la densidad de energía total del Universo. Pero su naturaleza subyacente sigue siendo completamente desconocida. Además, diferentes observaciones cosmológicas favorecen diferentes valores de los parámetros, con la discrepancia más famosa siendo la "tensión" de hasta 5σ entre las mediciones en tiempo temprano dependientes del modelo y sus mediciones directas en tiempo tardío de la constante de Hubble H_0 .

El cartografiado del Instrumento Espectroscópico de Energía Oscura (DESI) se puso en marcha para desentrañar el misterio de la energía oscura midiendo millones de espectros de galaxias y cuásares distantes para crear el mayor mapa tridimensional de la estructura a gran escala del Universo jamás obtenido. La historia de la expansión se obtiene mediante la técnica denominada regla estándar: las distancias (en función del corrimiento al rojo) se miden en unidades de una escala característica, la regla estándar, que es una huella de las ondas de gravedad-presión en el Universo primitivo que da lugar a las llamadas oscilaciones acústicas de bariones (BAO). La tasa de crecimiento de las estructuras se obtiene mediante la medición de la anisotropía de la agrupación de galaxias a lo largo y a través de la línea de visión, que es inducida por las velocidades peculiares de las galaxias que impactan en las mediciones de corrimiento al rojo de sus espectros. Como consecuencia, las distancias inferidas a partir de estos corrimientos al rojo están distorsionadas, por lo que este efecto se denomina distorsiones del espacio de corrimiento al rojo (RSD).

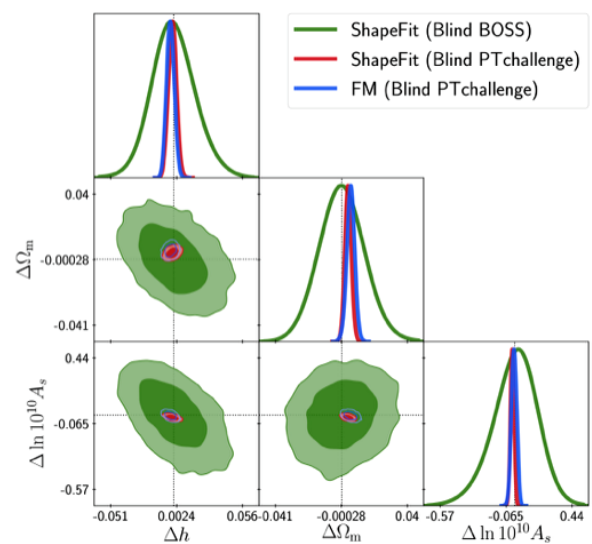
En la primera parte de esta tesis presentamos un método de cegado en los catálogos de galaxias que enmascara la señal real de BAO y RSD. Los futuros datos de DESI se beneficiarán de este cegado para eliminar el impacto del sesgo de confirmación en los resultados cosmológicos. Exploramos dos tipos de desplazamientos para este cegado a nivel de catálogo, perturbando las posiciones individuales de las galaxias a lo largo de la línea de visión. El primero es un desplazamiento puramente geométrico basado en una ley de expansión diferente. En el segundo, los corrimientos al rojo se desplazan en función del campo de densidad de las galaxias imitando una señal de RSD con una tasa de crecimiento modificada. Demostramos que ambos desplazamientos distorsionan las señales de forma coherente al realizar análisis de BAO y RSD en los catálogos originales y ciegos.

En la segunda parte, mejoramos el estado del arte en que se realizan los análisis BAO y RSD incluyendo un nuevo observable, la forma de la señal de agrupamiento en función de las separaciones de las galaxias. Mientras que las señales de

BAO y el RSD incorporan la información horizontal y vertical respectivamente en la señal de agrupamiento, la forma capta la información "diagonal". Como demuestra la figura adjunta, encontramos que esta técnica llamada *ShapeFit* es suficiente para obtener mediciones cosmológicas tan precisas como los ajustes directos del modelo a las estadísticas de dos puntos de las galaxias, preservando al mismo tiempo las ventajas de la independencia del modelo de los análisis estándar BAO y RSD. Ambas partes de esta tesis subrayan la importancia del agnosticismo hacia el modelo en el contexto de los grandes sondeos y las tensiones cosmológicas. De tal manera, desempeñan un papel crucial para el análisis cosmológico del sondeo DESI, y proporcionan un camino para la transición entre la "Era de la Precisión" a la "Era de la Exactitud" de la cosmología.

Tesis disponible en:

<https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/191284>



Esta figura muestra la precisión de ShapeFit en la recuperación de los parámetros cosmológicos subyacentes (indicados con líneas punteadas) de las simulaciones de alta fidelidad construidas para el reto de teorías de perturbaciones a ciegas "Blind PTchallenge" (en rojo) en comparación con la técnica alternativa de modelado directo (FM; en azul) y en comparación con la precisión de vanguardia alcanzada por el experimento BOSS (en verde).

Página opuesta. Izquierda: Visualización 3D del sistema óptico del TMS diseñado en el contexto de la tesis, incluyendo la estructura del telescopio, los espejos en configuración Gregoriana descentrada y el criostato. La bocina en el interior del criostato se encuentra alineada con uno de los focos del espejo secundario. Derecha: Detalle del módulo de *Front-End* en el interior del criostato. Enfatizado en negrita se incluyen los componentes objeto de esta tesis: la carga de referencia de cuerpo negro a 4K, las OMT y los acopladores híbridos. Para mejorar la claridad de la representación, se han eliminado tanto la ventana del criostato como el filtro IR, que se encontrarían a continuación de la bocina denominada como *sky feedhorn*.