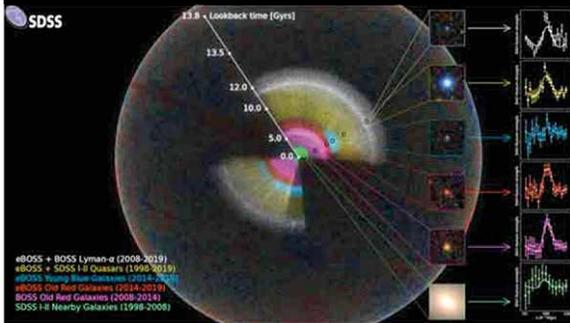




FOTO DE COLABORACIÓN SDSS-IV  
Ensenada México, 2019.

## EXPERTOS DE LA UNAM PARTICIPAN EN ESTUDIO SOBRE EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

- » CON EL mapa tridimensional más grande hasta ahora
- » LA COLABORACIÓN eBOSS midió más de dos millones de galaxias y cuásares que cubren 11 mil millones de años de tiempo cósmico
- » EL ÉXITO implicó la colaboración de investigadores de más de 10 países durante dos décadas
- » EL mapa muestra que hace unos seis mil millones de años, la expansión del Universo comenzó a acelerarse



EL MAPA DEL SDSS se muestra como un arco iris de colores, ubicado dentro del Universo observable (la esfera exterior, que muestra las fluctuaciones en el fondo cósmico de microondas). Estamos situados en el centro de este mapa. El recuadro para cada sección del mapa codificada por colores incluye la imagen de una galaxia o cuásar típico de esa sección, y también la señal del patrón que el equipo de eBOSS mide allí. Al mirar a lo lejos, miramos hacia atrás en el tiempo. Por lo tanto, la ubicación de estas señales revela la tasa de expansión del Universo en diferentes momentos de la historia cósmica. Créditos: Anand Raichoor (EPFL), Ashley Ross (Ohio State University) y SDSS.

### UNAM

Un proyecto internacional, denominado Sloan Digital Sky Survey (SDSS), en el que participan investigadores de la UNAM, publicó hoy más de 20 artículos que representan la prueba más exhaustiva, a la fecha, de la expansión acelerada del Universo durante 11 mil millones de años. Las publicaciones resumen el análisis final del experimento eBOSS, acrónimo en inglés de "Sondeo espectroscópico extendido de Oscilaciones Bariónicas", que tiene como objetivo explorar la expansión acelerada del Universo a través de las mediciones de espectros de más de dos millones de galaxias y cuásares. "Este análisis marca la culminación del trabajo colaborativo de varias generaciones de investigadores de más de 10 países en el mundo durante dos décadas que, además muestra la trascendencia del trabajo en colaboración", explica la investigadora del Instituto de Física, Mariana Vargas-Magaña, quien participa en el proyecto SDSS desde 2008. La finalización del experimento eBOSS es un logro mayor en cosmología con sondeos espectroscópicos porque gracias a él, y las

500 páginas de investigaciones recién publicadas, se tiene un análisis exhaustivo del mapa tridimensional más grande del Universo jamás creado, llenando los vacíos que se tenían en la exploración de su historia. Para crear el mapa que cubre los últimos seis mil millones de años, el equipo utilizó galaxias luminosas viejas rojas. Para cubrir regiones más lejanas, usaron galaxias azules más jóvenes. Finalmente, para mapear el Universo aún más lejano, llegando hasta más de once mil millones de años en el pasado, se usaron cuásares, que son galaxias brillantes iluminadas por material que cae sobre un agujero negro supermasivo central. Cada una de estas muestras requirió un análisis cuidadoso para eliminar contaminantes y revelar los patrones del Universo. El análisis final de las galaxias luminosas rojas fue liderado por Mariana Vargas-Magaña del Instituto de Física (IF); Sebastien Fromenteau del Instituto de Ciencias Físicas (ICF-UNAM) y otros cuatro colegas de diversas universidades del mundo: J. Bautista (U. de Portsmouth), R. Paviot y S. de la Torre (U. de Marseille) y H. Gil-Marrin (U. de Barcelona). En los análisis finales de eBOSS participa-

ron el Dr. Axel de la Macorra (IF-UNAM), la Dra. Irene Cruz-González (IA-UNAM), la estudiante de doctorado de Posgrado en Astrofísica de la UNAM, Andrea Muñoz y la Dra. Alma González (U. de Guanajuato). Los análisis de datos fueron posibles gracias a la infraestructura de supercómputo y apoyo técnico del Laboratorio de Modelos y Datos (LAMOD) de la UNAM, en su sede del Instituto de Astronomía, la cual es coordinada por el Dr. Octavio Valenzuela, con el apoyo técnico de los Ingenieros Julio Clemente y Carmelo Guzmán del IAUNAM.

### Armar el rompecabezas de la historia del Universo

Durante los últimos cinco años, la colaboración eBOSS trabajó para cubrir un vacío de información en la historia del Universo de 6 mil millones de años, entre sus extremos: su infancia hasta su pasado reciente, y su acelerada expansión en los últimos millones de años. "Para ambos extremos tenemos diferentes observables, sin embargo, para cubrir el rompecabezas necesitamos tener mediciones igualmente de los 6 mil millones de años que tenemos entre ambos extremos", dijo la cosmóloga Vargas-Magaña. En tanto, Sebastien Fromenteau, investigador del ICF, señaló que "estos análisis permiten estudiar la historia de la expansión del Universo y empujar la frontera del conocimiento científico. Estamos en un periodo muy interesante en Cosmología, desde la última década y en la siguiente habremos generado una cantidad de observaciones nunca vista que nos permitirá avances importantes en nuestra comprensión del Universo". El conjunto de espectros proporciona el mapa más preciso de materia luminosa en el rango más amplio de tiempo cósmico al día de hoy. Una mirada cercana a dicho mapa revela los filamentos y vacíos que definen la estructura en el Universo, comenzando desde el momento en que el Universo tenía solo unos 300 mil años. A partir de este mapa, los investigadores miden patrones en la distribución de galaxias, que proporcionan varios parámetros clave de nuestro Universo con una precisión superior al uno por ciento.

### Confirman la expansión del Universo

La historia cósmica que se ha revelado en este mapa también muestra que hace unos seis mil millones de años, la expansión del Universo comenzó a acelerarse, y desde entonces ha seguido haciéndose cada vez más rápido. Esta expansión acelerada parece deberse a un misterioso componente invisible del Universo llamado "energía oscura", consistente con la Teoría General de la Relatividad de Einstein, pero extremadamente difícil de conciliar con nuestra comprensión actual de la física de partículas. "Esta visión del Universo que confirmamos es conocida como el modelo estándar de cosmología. Es remarkable que los últimos resultados de eBOSS confirmen este paradigma, nuestros resultados son consistentes con el modelo estándar de la cosmología", dijo Fromenteau. Sin embargo, la combinación de observaciones de eBOSS con estudios del Universo en su infancia también revela pequeñas tensiones en esta imagen del Universo, específicamente que la tasa actual de expansión del Universo (la "Constante de Hubble") es aproximadamente un 10 por ciento más baja que el valor encontrado desde distancias a galaxias cercanas, lo cual, de acuerdo con los investigadores, es poco probable que se

deba al azar. "Uno de los resultados de eBOSS más intrigante es que hemos alcanzado tal precisión que ahora podemos decir con bastante certeza que hay una pequeña tensión (falta de consistencia no muy significativa) entre diferentes mediciones del Parámetro de Hubble, en general este tipo de tensiones nos dan indicios de nuevos avances en nuestra comprensión del Universo", puntualizó Vargas. No existe una explicación ampliamente aceptada para esta discrepancia en las tasas de expansión medidas, pero una posibilidad emocionante es que una forma previamente desconocida de materia o energía del Universo temprano podría haber dejado un rastro en nuestra historia. eBOSS, y SDSS en general, dejan el enigma de la energía oscura y la falta de coincidencia de la tasa de expansión del Universo local y temprana, para próximos experimentos. "Hasta que la siguiente generación de experimentos de energía oscura tomen datos, SDSS representará la base de datos más poderosa para estudiar el Universo que además es de libre acceso, y que es el legado de SDSS y el fruto del trabajo colaborativo de cientos de investigadores en todo el mundo, donde orgullosamente la UNAM participa", concluyó Vargas. Con el final del programa eBOSS, SDSS culmina su misión de determinar la historia de expansión del Universo y se enfocará a otros objetivos. Sebastian Sánchez y Octavio Valenzuela, representantes de la UNAM ante el SDSS-IV, describieron su entusiasmo por la siguiente fase SDSS-V, donde la UNAM también participa. "La colaboración SDSS-V concentrará sus esfuerzos en observaciones espectroscópicas panorámicas que constreñirán el metabolismo de nuestra galaxia y de otras galaxias en el Universo cercano, así como en los destellos de agujeros negros distantes con el fin de determinar su masa y otras propiedades". El equipo de la UNAM en SDSS-V proveerá software de análisis para esta nueva fase, así como participará activamente en la interpretación de los nuevos descubrimientos durante la siguiente década. Participación de la UNAM en eBOSS a lo largo del tiempo. La UNAM ha tenido una participación significativa en previos análisis de eBOSS, en particular en DR14 el estudiante de maestría de Astrofísica de la UNAM Miguel de Icaza encabezó el análisis DR14 con galaxias luminosas rojas en colaboración con la Dra. Vargas, el Dr. Fromenteau, la Dra. Irene Cruz-González, el Dr. de la Macorra y el estudiante de Licenciatura Benjamín Camacho (Instituto de Física-Universidad de Sinaloa). Participaron en otros estudios complementarios con DR14 la investigadora posdoctoral Chadrachani Ningombam (IA-UNAM) y la estudiante de doctorado del posgrado en astrofísica de la UNAM Gabriela Aguilar, así como el Dr. Takamitsu Miyaji (IA-UNAM-Ensenada). Adicionalmente, SDSS ha permitido formar decenas de estudiantes de licenciatura de la Facultad de Ciencias y del Posgrado en Física y Astrofísica de la UNAM: Brenda I. Tapia, Jennifer Meneses, Javier Salas, Matías Rodríguez, Jimena Vázquez, Armando Rojas, Miguel de Icaza-Lizola, Benjamín Camacho, Sadi Ramírez, Cesar Arroyo, Alejandro Pérez, Hernán E. Noriega, Gabriela Aguilar, Andrea Muñoz, Mariana Jaber y Dante Gómez, quienes han aprendido cosmología con sondeos espectroscópicos analizando datos de SDSS-IV/eBOSS.

SECCIÓN A CARGO del doctor Enrique Galindo Fentanes