

EL CARTOGRAFIADO J-PAS

El primer grado cuadrado de J-PAS, llamado miniJPAS, demuestra a día de hoy el potencial de un cartografiado que proporciona foto-espectros de resolución $R \sim 60$ para todos los objetos detectados, y que contiene una enorme proyección científica en campos tan variados de la astrofísica como la Cosmología, el nacimiento y crecimiento de los agujeros negros super-masivos, la Formación y Evolución de Galaxias, el estudio de la Vía Láctea, o la historia de la formación y evolución del Sistema Solar.



Carlos Hernández Monteagudo
Centro de Estudios de Física
del Cosmos de Aragón (CEFCA)
chm@cefca.es

El nicho de los cartografiados espectro-fotométricos en el OAJ.

Antes de la primera detección de ondas gravitatorias, la principal fuente de información de cualquier objeto celeste accesible desde la Tierra era (y sigue siendo) la caracterización de su espectro electromagnético, esto es, la cantidad de energía emitida por la fuente a cada frecuencia o longitud de onda. Desde hace un siglo aproximadamente, el espectro se entiende como una auténtica huella dactilar de cada fuente, proporcionando información valiosa sobre los fenómenos de emisión en la misma, sobre los elementos y moléculas presentes en la misma fuente y a lo largo de su línea de visión, que, por medio de los patrones de emisión y absorción observados, dan cuenta de la física interviniente, y hasta de la distancia cosmológica que nos separa del objeto (gracias al desplazamiento al rojo causado por la expansión del universo).

Sin embargo, obtener espectros ha sido tradicionalmente un proceso caro y delicado, que implicaba largos tiempos de integración, una pre-selección de fuentes para estudiar, y una sistemática específica asociada a la instrumentación requerida en el proceso de adquisición de espectros.

El Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) en la provincia de Teruel lidera un nicho alternativo para la obtención masiva y robusta de espectros de baja resolución en el óptico. Con dos telescopios de gran campo de visión (>2 grados cuadrados), el OAJ cuenta con cámaras de gran campo que acoplan un alto número de filtros estrechos (de ~ 140 nm de anchura). La combinación de imágenes para cada uno de esos filtros proporciona un foto-espectro o espectro de baja resolución ($R \sim 10 - 60$) para cada píxel observado, de carácter absolutamente indiscriminado para todo tipo de fuente detectada.

En la actualidad, el OAJ cuenta con dos cámaras, T80Cam y JPCam, que soportan 12 y 60 filtros ópticos respectivamente, y que se acoplan a los telescopios de gran campo JAST/T80 y JST/T250.

La colaboración J-PAS y sus casos científicos.

La colaboración *Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey* (J-PAS) hace uso del telescopio JST/T250 y de JPCam para proporcionar imágenes en ~ 60 bandas diferentes en píxeles

de unos 0.22" de lado, en un área aproximada de unos 8500 grados cuadrados del cielo extragaláctico accesible desde Javalambre.

La motivación inicial de este cartografiado fue la medición precisa de las oscilaciones acústicas bariónicas que se reflejan en la distribución espacial de la materia, y en particular de las galaxias. Las oscilaciones acústicas bariónicas se generan en el universo primitivo, cuando el universo es mil millones de veces más denso que en la actualidad, mil veces más caliente, y la materia (totalmente ionizada) y la radiación están totalmente acopladas por medio de la difusión Thomson. En ese universo joven, las zonas sobre-densas crean ondas acústicas de plasma y radiación que se propagan mientras la difusión Thomson acople eficientemente estos dos componentes: esto ocurre hasta el momento en que los electrones desaparecen del medio al recombinarse con los protones y forman hidrógeno neutro. Es pues esta época de recombinación cosmológica la que marca la distancia recorrida por las ondas de sonido, distancia que se conoce como el *horizonte de sonido*. Esta distancia, cercana a los 150 Mpc, indica la posición de la onda de sonido que propagaba un exceso de materia y radiación, y ha sido medida con gran precisión por experimentos sensibles a la Radiación de Fondo Cósmica de Microondas (como WMAP o Planck).

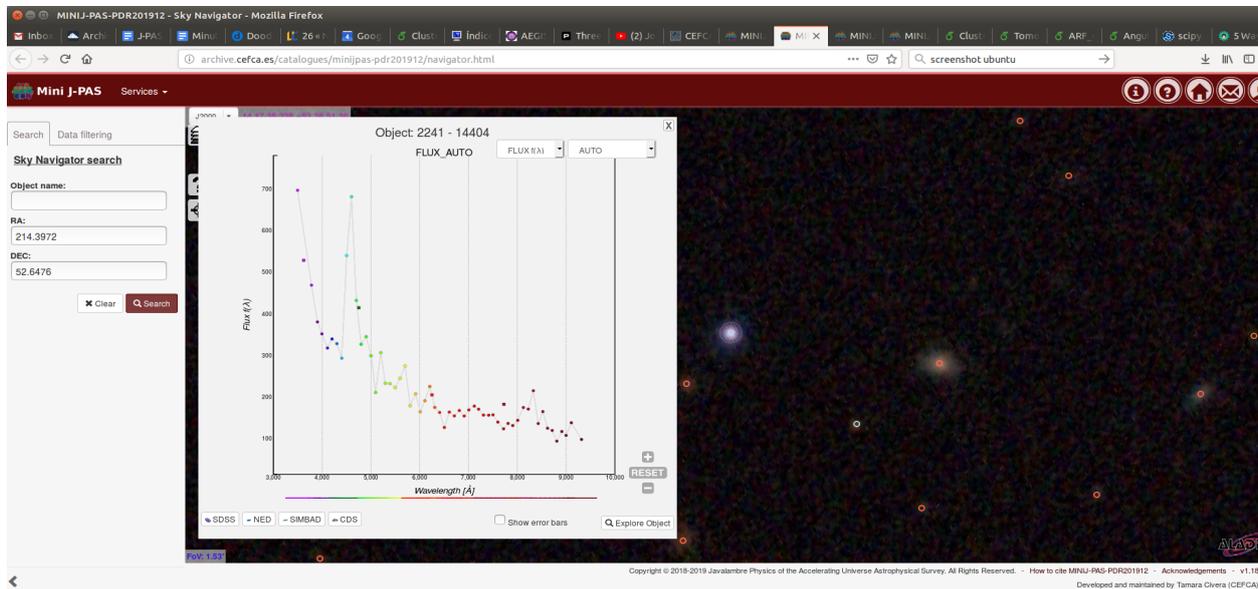
Esta escala se constituye pues como una *escala de distancia absoluta* en el universo, y se puede medir buscando el patrón espacial de *exceso* en la

distribución espacial de galaxias. Su medida en diferentes épocas cosmológicas nos proporciona información muy precisa sobre el ritmo de expansión del universo, y por tanto sobre la Energía Oscura, la misteriosa componente energética presente en el del universo evolucionado que acelera su ritmo de expansión, y cuyo estudio concentra ingentes esfuerzos en Cosmología.

La capacidad de J-PAS de proporcionar medidas *precisas* de la distancia (y por tanto de su distribución espacial) de decenas de millones de galaxias de forma indiscriminada le convierte en una poderosa arma para caracterizar el horizonte de sonido en el universo tardío. Esto se debe a la exquisita precisión de sus estimadas de desplazamiento al rojo fotométrico (del orden del 0.3%) a través de los foto-espectros. Pero esa misma precisión a la hora de medir desplazamientos al rojo de galaxias le permite también identificar, con una fiabilidad sin precedentes, aquellas galaxias que a su vez pertenecen cúmulos y grupos de galaxias, estructuras cosmológicas más masivas que también contienen valiosa información cosmológica. Asimismo, la calidad de los foto-espectros debiera permitir caracterizar la velocidad peculiar de las galaxias en las grandes escalas, lo que de por sí es también otro observable cosmológico. Por último, y si la calidad de las imágenes lo permite, la medida del efecto lente gravitatoria sobre decenas de millones de galaxias en diferentes épocas cosmológicas proporcionaría otro ángulo desde el que afrontar el estudio de la Energía Oscura.



Vista del Observatorio Astrofísico de Javalambre, en la cima del Pico del Buitre, (Teruel).
Crédito: Oscar Blanco Varela.



Ejemplo de foto-espectro de 60 puntos de un cuásar medido con mini-JPAS, accesible desde el portal de catálogos de la Unidad de Procesado y Almacenado de Datos (UPAD, <https://archive.cefca.es/catalogues>).

No obstante, dada la naturaleza indiscriminada de la calidad esperada de los foto-espectros, los casos científicos de J-PAS distan de reducirse a los cosmológicos. Los foto-espectros de J-PAS permitirán identificar de forma relativamente sencilla líneas de emisión en objetos como cuásares, núcleos de galaxias activas, o galaxias con alta formación estelar, construyendo lo que será el primer gran catálogo limitado en flujo de esas fuentes. La confección y el estudio de estos catálogos contribuirán decisivamente al conocimiento de la física de la generación y crecimiento de agujeros negros super-masivos, y la historia de formación estelar en el universo.

Asimismo, los foto-espectros de J-PAS caracterizarán de forma precisa las poblaciones estelares de *todas* las galaxias que superen un umbral de señal, lo que sin duda tendrá un enorme valor de legado para los estudios de evolución de galaxias. Para aquellas galaxias en nuestra proximidad que sean resueltas angularmente, las observaciones de J-PAS facilitarán un estudio 2D de las poblaciones estelares y su morfología, lo que permitirá profundizar significativamente en la comprensión de la física de formación y evolución de esos objetos. Para ello será crucial el hecho de con-

tar con una enorme estadística de objetos que permitirá caracterizar las propiedades de las galaxias con el entorno (bajodensidades o sobredensidades locales).

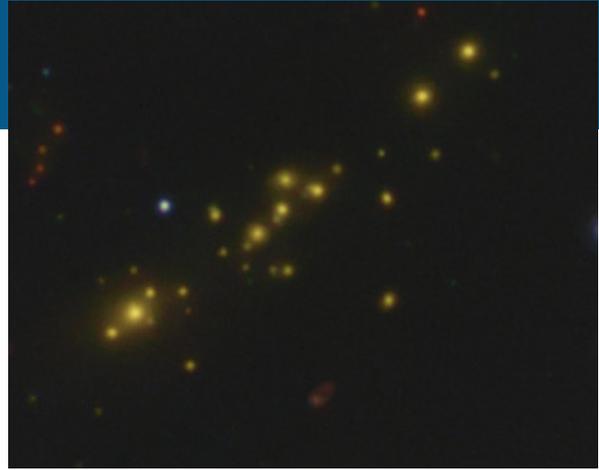
En el campo del estudio de nuestra galaxia, la Vía Láctea, de nuevo el carácter indiscriminado de los foto-espectros de estrellas permitirá investigar objetos peculiares o poco abundantes, como por ejemplo las enanas blancas, las estrellas con muy bajo contenido metálico, o cúmulos abiertos y globulares, algunos de ellos relacionados con las primeras fases de formación de nuestra Galaxia.

Finalmente, esperamos que J-PAS detecte una ingente cantidad de asteroides, y que a su vez sus foto-espectros sean sensibles a ciertos patrones en formas de bandas de absorción de estos cuerpos que permitan, al menos en gran parte, situar su origen, y contribuir así a entender la física de la formación de nuestro sistema solar.

Y por supuesto, debiera mencionarse lo imprevisto, lo no esperado, lo absolutamente nuevo, con lo que un cartografiado de estas características siempre puede llegar a sorprendernos...

El primer grado cuadrado de J-PAS: miniJPAS (o miliJPAS)

Estas expectativas están siendo confirmadas en el análisis de miniJPAS, el primer grado cuadrado de este cartografiado en 60 filtros, centrado en el campo AEGIS, y adquirido en el JST/T250 por medio de la cámara *Pathfinder*. La estimación de la calidad de los desplazamientos al rojo fotométricos, con una precisión relativa cercana al 0.5% para la mitad de las fuentes con $r < 22.5$, expresa de forma concisa una calidad en los datos que, a su vez, permite identificar cerca de 80 grupos de galaxias, distinguir filamentos y super-cúmulos en la estructura a gran escala, separar galaxias pasivas de galaxias con formación estelar significativa, o incluso comparar la emisión medida en ciertas líneas con sus contrapartidas espectroscópicas. La publicación de la presentación y análisis preliminar de este primer grado cuadrado de J-PAS se prevé en torno a las navidades de 2019. Los datos de miniJPAS han sido hechos públicos durante el encuentro de la RIA: *El universo en 56 colores: ciencia con los primeros datos de J-PAS*, celebrado en Teruel a primeros de diciembre.



Ejemplo de cúmulo de galaxias detectado en mini-JPAS.

Perspectivas futuras

La cámara panorámica JPCam, responsable de J-PAS, debiera ver la primera luz en el JST/T250 durante el primer trimestre de 2020, mientras que las operaciones científicas debieran comenzar en el último trimestre de ese mismo año. La estrategia de observación en el cartografiado se decidirá a lo largo de los próximos meses, en función del contexto de sinergias con otros grandes cartografiados que operan de forma simultánea (*Euclid*, WEAVE, etc), pero siempre sujeta a una optimización del impacto y contribución científicas de los datos adquiridos desde el OAJ.

Foto de familia de la Reunión de la RIA “*El Universo en 56 colores: ciencia con los primeros datos de J-PAS*”, celebrada en Teruel del 2 al 5 de diciembre de 2019.

