THE-GIVER, UN ESPECTRO-POLARÍMETRO DE BAJA RESOLUCIÓN

Juan Guarro

Hace aproximadamente dos años y medio surgió la idea de diseñar y construir un espectropolarímetro de baja resolución. En aquel momento desconocíamos buena parte de su funcionamiento práctico y de las aplicaciones observacionales que podríamos desarrollar. Gracias a la colaboración de diversas personas fue posible avanzar desde el diseño inicial hasta las primeras pruebas del instrumento, al que denominamos De Giver.

Las primeras mediciones resultaron alentadoras. Las pruebas de precisión situaron el error del instrumento en torno al 0,1 %, un resultado que nos animó a iniciar una campaña de observaciones con un telescopio de 40 centímetros. Mi propósito es presentar el instrumento y mostrar algunas de las observaciones realizadas, desde el punto de vista del observador más que desde un análisis teórico exhaustivo.

Diseño óptico y construcción

El esquema óptico comienza con un retardador acromático de media onda. A continuación, la luz atraviesa un reductor de focal y una rendija de 50 micras. Un prisma de Wollaston separa la radiación en dos haces con polarizaciones diferentes. Tras pasar por la red de difracción, ambos haces producen sobre la cámara dos espectros: el ordinario y el extraordinario.

El retardador de media onda puede girar para adquirir series de imágenes en distintas orientaciones, separadas por pasos de 22,5 grados. Este procedimiento permite obtener la información necesaria para determinar la polarización y su ángulo. El diseño incorpora elementos de ajuste y alineación óptica, un sistema de guiado, el enfocador y un conjunto de barras destinado a proporcionar estabilidad mecánica.

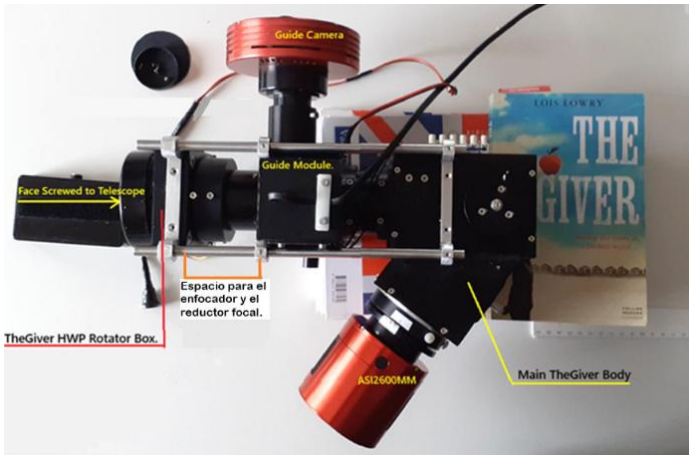

Figura 1. The Giver finalizado

La construcción exigió integrar todos estos módulos y desarrollar un control adecuado para las secuencias de adquisición. En cada sesión se obtienen series de exposiciones que posteriormente se apilan para mejorar la relación señal-ruido. Las primeras imágenes de estrellas estándar mostraron una buena correspondencia entre los espectros ordinario y extraordinario, especialmente útil para la calibración en longitud de onda. También se comprobó la calidad de imagen en los extremos del intervalo espectral.

Reducción de datos y calibración

Uno de los principales inconvenientes es la ausencia de un programa único y plenamente automatizado para reducir las observaciones espectropolarimétricas obtenidas con este instrumento. Por ello utilizamos varias herramientas complementarias: una para extraer los espectros ordinario y extraordinario, otra para calcular los parámetros de Stokes y una tercera para representar los resultados gráficamente.

Para comprobar el comportamiento del equipo observamos estrellas estándar. En una estrella considerada no polarizada, las mediciones dieron valores próximos a cero, como cabía esperar. En otra estrella estándar, con una polarización cercana al 3 %, tanto el grado de polarización como el ángulo obtenido fueron compatibles con los valores de referencia. Estas pruebas fueron esenciales para ganar confianza en las medidas.

En algunos gráficos hemos ampliado deliberadamente el intervalo de longitudes de onda respecto al recomendado para el retardador, con el fin de explorar cómo se comporta el sistema fuera de su rango óptimo. Se trata de comprobaciones instrumentales que ayudan a interpretar los límites de los datos.

Observaciones de estrellas y sistemas binarios

Entre los primeros objetos estudiados figura Cygnus X-1, un sistema binario formado por una estrella supergigante y un agujero negro. Ambos componentes completan su órbita en unos cinco días y medio. En las observaciones presentadas, la polarización alcanza valores próximos al 5 % y muestra un comportamiento relativamente estable, al igual que el ángulo de polarización.

También observamos dos estrellas azules muy próximas en el cúmulo NGC 1502. Resulta llamativa la similitud de sus curvas de polarización y de los correspondientes ángulos, una coincidencia que no es habitual encontrar de manera tan marcada. En ambos casos aparecen rasgos espectrales estrechos característicos de estas estrellas.

La supergigante azul P Cygni presenta un comportamiento diferente. Las observaciones acumuladas durante varios meses muestran oscilaciones tanto en el grado de polarización como en su ángulo. Esta variabilidad contrasta con la relativa regularidad de otros objetos y pone de manifiesto el interés de seguirlos durante periodos prolongados.

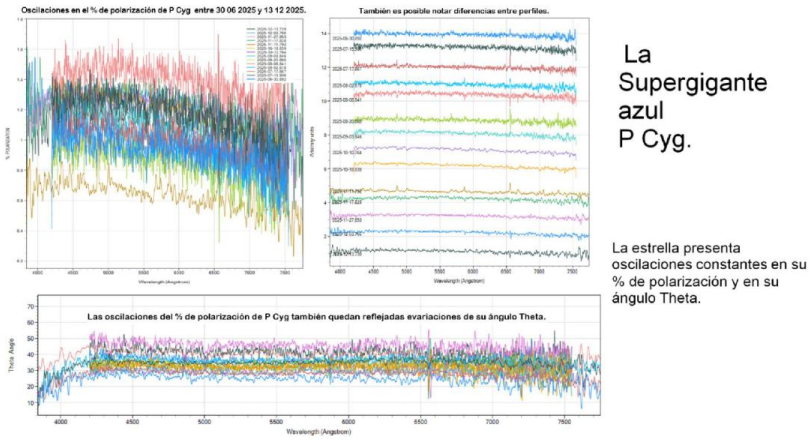

Figura 2. Resultados de la supergigante azul P Cyg

Las estrellas rojas pueden ofrecer curvas más irregulares y estructuras espectrales complejas. En las observaciones de BC Canum Venaticorum se aprecian variaciones y rasgos que afectan tanto a la polarización como a su orientación. La comparación entre estrellas azules y rojas ilustra la diversidad de fenómenos que puede revelar la espectropolarimetría.

Resultados planetarios y otras aplicaciones

El instrumento también permite estudiar objetos del Sistema Solar. Hemos obtenido series de observaciones de Marte y Júpiter y hemos detectado variaciones especialmente marcadas en Saturno. Las curvas espectropolarimétricas cambian entre sesiones y muestran detalles que no resultarían evidentes mediante una única medida integrada.

Esta es una ventaja importante respecto a la polarimetría realizada con filtros fotométricos de banda ancha. Un filtro promedia la señal de un intervalo extenso y puede ocultar estructuras que se compensan entre sí. La espectropolarimetría, en cambio, permite examinar cómo cambia la polarización con la longitud de onda.

También se han realizado estudios preliminares de estrellas peculiares y de la simbiótica T Coronae Borealis. En las observaciones presentadas de esta última, las curvas de polarización y del ángulo muestran una estabilidad apreciable. Estos ejemplos no constituyen todavía estudios completos, pero sirven para mostrar el potencial del instrumento y orientar futuras campañas.

Perspectivas y agradecimientos

Para facilitar la comparación y el aprovechamiento de las observaciones se ha puesto en marcha una base de datos de polarimetría y espectropolarimetría, concebida para admitir resultados procedentes de distintos observadores e instrumentos. Aunque existe diversidad de equipos, todavía es limitado el volumen de datos disponible, de modo que la colaboración puede desempeñar un papel decisivo.

Asimismo, se trabaja en un nuevo programa de reducción que permita integrar en una sola herramienta las tareas que actualmente requieren varias aplicaciones. La automatización

debería simplificar el tratamiento de los espectros y favorecer la continuidad de las observaciones.

El proyecto ha sido posible gracias a la ayuda de numerosas personas, tanto en la construcción como en la calibración, el procesamiento y la interpretación de los resultados. Quiero expresar nuestro reconocimiento a quienes han compartido sus conocimientos y han contribuido a hacer realidad este espectropolarímetro.