

Estudio del disco circunestelar de estrellas Be a partir de un análisis espectroscópico en la banda L

Study of the circumstellar disk of Be stars from spectroscopic analysis in the L-band

Yobany Ubaque^{a*}, Beatriz Sabogal^a.

^aUniversidad de los Andes.
Carrera 1 18A-10, Bloque Ip. Bogotá - Colombia.

Aceptado Diciembre 2014; Publicado en línea Marzo 2015

ISSN 2256-3830

Resumen

Las estrellas Be siguen siendo objetos enigmáticos, pues, los mecanismos que originan y regulan la dinámica del disco en este tipo de estrellas permanecen aún bajo estudio. Una forma de explorar esa dinámica es realizar un análisis espectroscópico en el infrarrojo de las líneas de emisión del disco de la estrella Be. En el presente trabajo se presentan nuevos espectros en la banda L ($3\mu\text{m}$ - $4\mu\text{m}$) de dos estrellas Be del hemisferio norte galáctico, los cuales fueron obtenidos durante el primer semestre de 2014 con el espectrógrafo CID-InSb del telescopio de 2.1 m del observatorio San Pedro Mártir (Instituto de Astronomía de la UNAM, México). Se describirá, asimismo, el proceso de reducción y calibración de los espectros infrarrojos, que usa como herramienta, el software IRAF (Image Reduction and Analysis Facility). Estos datos serán utilizados para obtener las razones de intensidades de líneas de Humphreys y Brackett, con el fin de analizar cambios en la profundidad óptica de los discos con la longitud de onda, y detectar los cambios evolutivos que han presentado los discos con respecto a observaciones realizadas en el pasado. Los resultados de esta investigación confirmarán la gran utilidad de los espectros infrarrojos para entender la evolución de los discos circunestelares de las estrellas Be. Estos resultados serán también la base de comparación observacional con los resultados de un futuro modelamiento teórico de la evolución del disco circunestelar en el infrarrojo.

Palabras claves: Estrellas, líneas de emisión, Be, discos, infrarrojo.

Abstract

Be stars are still enigmatic objects, since the mechanisms that drive and regulate the dynamics of the disks of this type of stars stay still under study. One way to explore that dynamics is to perform a spectroscopic analysis in the infrared of the emission lines produced in the circumstellar disk of the Be star. In this paper, we present new L band spectra ($3\mu\text{m}$ - $4\mu\text{m}$) of two Be stars of the galactic northern hemisphere, which were obtained during the first half-year of 2014 with CID-InSb spectrograph at 2.1 m telescope at San Pedro Martir observatory (Institute of Astronomy, UNAM, Mexico). The reduction and calibration process of infrared spectra, using the IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) software is also described. These data will be used to obtain the ratios of Humphreys and Brackett line intensities, in order to analyze changes in the optical depth of the disks with the wavelength, and detecting evolutionary changes in the disks with respect to observations made in the past. The results of this study will confirm the usefulness of infrared spectra for understanding the

* ky.ubaque2479@uniandes.edu.co.

evolution of circumstellar disks of Be stars. These results will be also the basis of observational comparison with the results of a future theoretical modeling of the evolution of circumstellar disks in the infrared.

Keywords: Stars, emission lines, Be, disks, infrared.

1. Introducción

Las estrellas Be son estrellas de tipo espectral B, cuyo espectro muestra o ha mostrado alguna vez una o más líneas de Balmer en emisión asociadas a un disco circunestelar [1]. La evolución del disco ha tratado de ser comprendida mediante varios modelos, los cuales no han descrito con detalle todo lo relacionado con el fenómeno Be. Una forma de comprender estos fenómenos relacionados con los discos, es mediante un análisis espectroscópico en el infrarrojo cercano (NIR) de las líneas de emisión del disco de la estrella Be. En esa región espectral las líneas de recombinación del Hidrógeno son muy intensas y reflejan de manera notable dicho disco. En particular, la banda L, que se encuentra en el rango de $3\mu\text{m}$ a $4\mu\text{m}$ es muy útil para este tipo de estudios.

Por otra parte, los espectros en el infrarrojo cercano presentan muchas características de absorción muy intensas y variables debidas a la atmósfera telúrica. Por esta razón, es necesario hacer la corrección telúrica de los espectros y obtener solamente la señal del objeto en estudio, observando una estrella estándar telúrica en una masa de aire lo más cercana posible a tal objeto y utilizar las mismas condiciones instrumentales consideradas.

Este trabajo busca profundizar acerca de la naturaleza evolutiva del disco mediante un análisis de las líneas espectrales, en la banda L, específicamente las líneas de las series de Paschen, Brackett y Humphreys, con las cuales es posible analizar los cambios en la densidad óptica de los discos con la longitud de onda, y también detectar los cambios evolutivos que han presentado los mismos. Finalmente, es necesario mencionar que la espectroscopía terrestre de estrellas Be, a manera de resumen, en la banda L ha sido la menos explorada con base en los trabajos realizados hasta la fecha [2, 3, 4]. Por tanto, el presente trabajo contribuye a un esfuerzo más por comprender la estructura de los discos circunestelares de las estrellas Be a partir de un análisis espectroscópico en la banda L.

2. Metodología

Los datos espectroscópicos utilizados en este trabajo fueron obtenidos, como resultado de la aprobación de una propuesta de observación de espectros de estrellas en la banda L fue aceptada para realizar las observaciones en mayo de 2014. Las observaciones se llevaron a cabo con el instrumento CID-InSb del telescopio de 2.1 m del observatorio de San Pedro Mártir en el Instituto de Astronomía de la UNAM, en México. Con la configuración instrumental de la cámara infrarroja doble (CID) y el detector In-Sb, se detectaron las estrellas Omicron Hercules y Sheliak, cuya información más relevante es presentada en la tabla I. Así mismo se agregaron las estrellas estándares espectrofotométricas y telúricas, y también los correspondientes skyflats para la calibración en longitud de onda (λ). Los procesos de reducción y calibración se realizan con el software IRAF, y son discutidos en las etapas que se describen a continuación.

Tabla I. Elementos relevantes de las estrellas de trabajo. M indica magnitud y T.E tipo espectral.

Parámetros	Omicron Hercules	Sheliak
α	18 07 32.55	18 50 04.80
δ	28 45 44.97	33 21 45.61
M	3.84	3.52
T.E	B9.5Ve	B7Ve

Reducción y calibración en λ

El proceso de reducción en el presente caso hace referencia a la corrección por flat-field utilizando skyflats. Después de lo anterior se sigue con la calibración en longitud de onda λ , que en el presente caso es necesario realizarla con las líneas de cielo, ya que no se dispone de espectros de lámparas de calibración.

Corrección telúrica y calibración en flujo.

El método que se utiliza para hacer la corrección telúrica en este trabajo consiste en que los espectros de los estándares telúricos, de tipo espectral G, son divididos entre espectros sintéticos de tipo solar, con la intención de dejar solo el espectro de la atmósfera, para que después mediante la aplicación de la tarea Telluric de Iraf se remuevan las líneas de absorción telúrica de los espectros de las estrellas Omicron Hercules y Sheliak. Por otra parte, para la calibración en flujo, se debe extraer y calibrar el espectro de la estrella estándar espectrofotométrica, la cual fue obtenida en este caso con las mismas condiciones instrumentales dadas para las estrellas de estudio presentes.

3. Resultados y Discusión

Los espectros sin reducir y calibrar para las estrellas Omicron Hercules y Sheliak son presentados respectivamente en la figura 1. En ambos casos puede apreciarse el efecto de la absorción telúrica. En la figura de la derecha, correspondiente a la estrella Sheliak, se ha realizado un zoom para visualizar levemente algunas líneas de emisión.

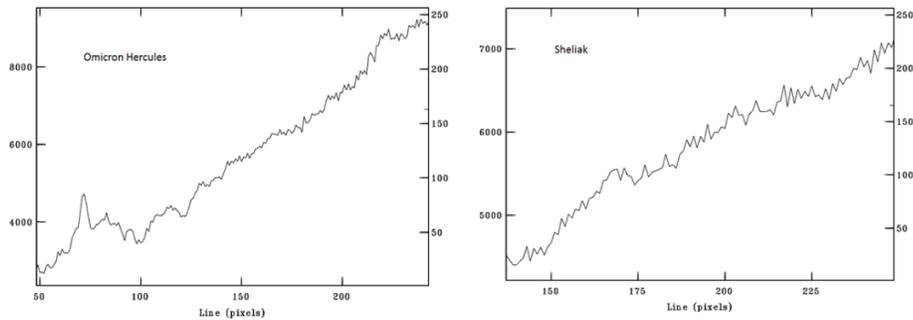


Figura 1. Inspección inicial de los espectros correspondientes a las estrellas Omicron Hercules (izquierda) y Sheliak (derecha).

En los espectros mostrados, es posible notar algunas líneas telúricas así como líneas espectrales propias de la estrella. Como se mencionó en la sección anterior, es necesario realizar la calibración en longitud de onda con las líneas de cielo. El template para esta calibración, en la cual se realizó tanto el ajuste de curvatura como el ajuste del flujo de cielo, se presenta en la figura 2.

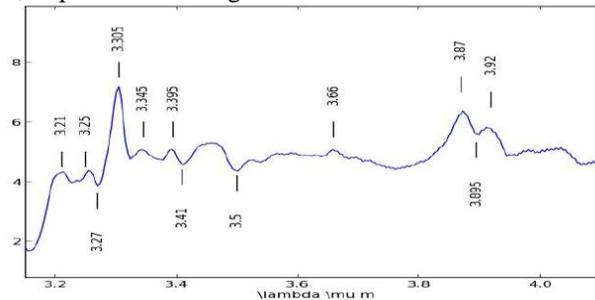


Figura 2. Calibración en λ de las líneas de cielo observadas en la banda L. Proceso realizado por Luis Salas en mayo de 2004 [5].

Una vez realizados los procesos de reducción, se espera obtener un espectro calibrado y normalizado como el presentado en la figura 3. En tal figura se presenta el espectro de la estrella V4024, el cual fue obtenido con el espectrógrafo ISAAC (Infrared Spectrometer And Array Camera). Se pueden apreciar distintas líneas de emisión correspondientes a las series de Pfund, Humphreys y Brackett.

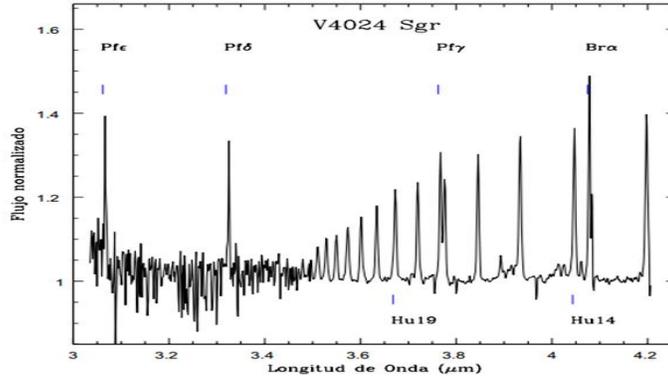


Figura 3. Espectro normalizado y calibrado correspondiente a la estrella V4024 Sgr [3].

Mediante los cocientes de los valores en flujo asociados a las longitudes de onda de las series anteriormente mencionadas se puede establecer la profundidad óptica de las mismas, e inferir si las envolturas circunestelares en los discos son ópticamente delgadas o gruesas. Una forma de explorar lo anterior, es mediante la inspección del diagrama de Lenorzer, presentado en la figura 4.

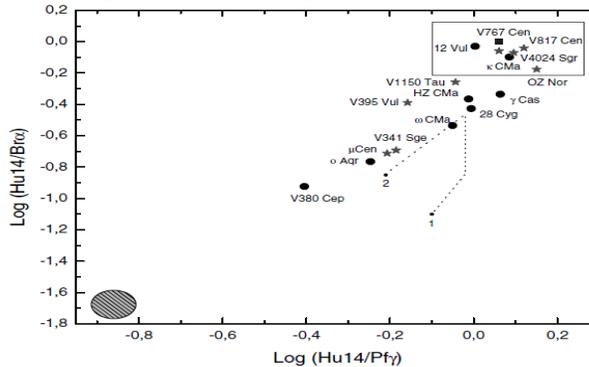


Figura 4. Diagrama de Lenorzer que permite determinar la profundidad óptica de las envolturas alrededor de discos de estrellas Be [3].

En el diagrama presentado en la figura anterior, el cuadro situado en la esquina superior corresponde a las estrellas con envolturas ópticamente gruesas; aquellas que se encuentran a lo largo del camino poseen una moderada profundidad óptica, mientras que las estrellas ubicadas en el extremo inferior izquierdo se refieren al caso ópticamente delgado del caso B de recombinación de Menzel. Luego, se espera encontrar esos valores en el diagrama de Lenorzer para las estrellas presentes y determinar si la envoltura que rodea los discos en estas estrellas es ópticamente delgada o gruesa. De esta manera, la profundidad óptica de las líneas al cambiar de una posición a otra en el diagrama de Lenorzer puede indicar si los discos en estas estrellas están en época de disipación o evolución, y por tanto mediante este mecanismo se pueden inferir distintos aspectos relacionados con los discos de las estrellas Be estudiadas.

4. Conclusiones

El análisis espectral en la banda L requiere de una calibración con las líneas de cielo, así como también es necesario realizar la correspondiente corrección telúrica.

Este trabajo es importante debido a que los trabajos, sobre discos en estrellas Be, han sido poco explorados, en particular en esta banda del infrarrojo cercano.

Los resultados obtenidos en este trabajo serán comparados con los reportados previamente en la literatura para estrellas Be del hemisferio sur galáctico, con el fin de confirmar las ideas planteadas en dichos estudios acerca de los cambios de densidad del disco y su evolución.

Referencias

- [1] Rivinius T., Carciofi A., & Martayan C. 2013, A&A, 21, 69.
- [2] Sellgren K., & Smith R. 1992, ApJ, 178, 183.
- [3] Mennickent R., Sabogal B., Granada A., & Cidale L. 2009, PASP, 121, 125.
- [4] Granada A., Arias L., & Cidale, S. 2010, ApJ, 139, 1170.
- [5] Luis Salas, UNAM, 2014, comunicación privada.