

# Estudio espectroscópico de las estrellas 12 vulpécula y Cu Virgins

## Spectroscopic Study of the stars 12 Vulpeculae and Cu Virgins

Andres Camilo Ballesteros Casallas<sup>a\*</sup>, Beatriz Eugenia Sabogal Martinez<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Proyecto Curricular de Licenciatura en Química, Carrera 7 No. 40B – 53, Bogotá D. C

<sup>b</sup>Universidad de los Andes, Departamento de Física - Grupo de Astronomía, Carrera 1 18A-10, Bloque Ip. Bogotá.

Aceptado Diciembre 2014; Publicado en línea Marzo 2015

ISSN 2256-3830

### Resumen

En este trabajo se presentan los resultados preliminares del proceso de reducción realizado por bias y flat field para los espectros de la estrella 12 Vulpécula, obtenidos por el profesor Alejandro García de la universidad de los Andes, en el observatorio San Pedro Mártir (Instituto de Astronomía, UNAM, México), y de la estrella Cu Virgins, obtenidos por la profesora Beatriz Eugenia Sabogal en el Observatorio Astrofísico Guillermo Haro (Sonora, México). Esta es una parte de un estudio espectroscópico que se realiza dentro de un trabajo de tesis para nivel de pregrado iniciado recientemente, por medio del cual se determinen diferencias espectroscópicas entre ambas estrellas, así como sus composiciones químicas.

**Palabras clave:** Estrellas variables y peculiares, espectroscopia astronómica, composición química estrellas.

PACS: 97.30.-b, 95.55.Qf, 95.75.Fg, 97.10.Ri, 97.10.Tk

### Abstract

This paper presents the preliminary results of the reduction process, by bias and flat field, for the spectra of the star 12 Vulpeculae, obtained by Professor Alejandro Garcia of the University of Los Andes, in San Pedro Martir Observatory (Institute of Astronomy, UNAM, Mexico), and the star Cu Virgins, obtained by Professor Beatriz Eugenia Sabogal in the Astrophysical Observatory Guillermo Haro (Sonora, Mexico). This work is part of a spectroscopic study included in a thesis work for undergraduate level, recently started, whose aims are to obtain spectroscopic differences between the stars as well as the chemical compositions of them.

**Keywords:** variable and peculiar stars, astronomical spectroscopy, chemical composition of stars

PACS: 97.30.-b, 95.55.Qf, 95.75.Fg, 97.10.Ri, 97.10.Tk

## 1. Introducción

En el siglo XIX los astrónomos comenzaron a hacer mediciones de paralaje que revelaron por primera vez qué tan distantes estamos incluso a la estrella más cercana de nosotros. Debido a la imposibilidad de acercarse a una estrella para analizarla directamente muchos científicos del siglo XIX creyeron que la composición química y las propiedades físicas de las estrellas serían siempre un misterio [1]. El 23 de agosto de 1886 el padre Angelo Secchi, director del observatorio del colegio Romano, escribió una carta al editor del *Astronomische Nachrichten*, reportando en esta “une particularité de l'étoile  $\gamma$  Cassiopée”; esta estrella, en lugar de una línea de absorción de Balmer como en Sirio o Vega, presentaba “une ligne lumineuse très-belle et bien plus brillante que tout le reste du spectre” [2]. Esta sería inesperadamente la primera observación reportada

\* andres.quimica.ud@gmail.com

de una estrella Be. Desde entonces, la astrofísica ha dado pasos grandes hacia la comprensión de este tipo de estrellas. Muchos aspectos de las estrellas Be se entienden bien hoy en día, pero muchas preguntas siguen sin resolver [3]. Estas preguntas abiertas son los nuevos campos hacia los cuales se direccionan las actuales investigaciones en estrellas Be a nivel global, ya que al encontrar las respuestas, estas contribuirán a la comprensión del comportamiento de las estrellas Be y posibilitará también la comprensión de los fenómenos que tienen lugar en otros tipos de estrellas variables.

Por otra parte las estrellas de tipo  $\alpha^2$  Canum Venaticorum han sido muy bien estudiadas. Son estrellas rotantes con una destacada variabilidad en su espectro y en sus velocidades radiales, así como una pequeña variabilidad en su luminosidad y su color. Su variabilidad espectral y la forma de las curvas de velocidad radial evidenciaron la existencia de tres grupos de elementos químicos diferentes en estas estrellas [4,5]. Actualmente el campo de mayor interés son los campos magnéticos de estas estrellas variables y su dependencia con la composición química de su superficie, la cual se analiza por medio de estudios espectroscópicos.

### **Estrellas Be**

Son un subtipo de estrellas del tipo espectral B, el cual se caracteriza por mostrar líneas de emisión de hidrógeno. Su espectro está compuesto, además, por líneas de He I, las líneas de He II desaparecen, las líneas de H I y las de los elementos una vez ionizados (CII, Si II, Mg II) se hacen más intensas, para las estrellas Be su línea espectral más característica es la H $\alpha$  [6].

Las estrellas Be son estrellas variables pulsantes no radiales, lo que quiere decir que su luminosidad, temperatura superficial y espectro cambian en el tiempo de forma irregular. Son rotadores muy rápidos, lo cual combinado con un proceso aún desconocido, forma un disco de decreción en torno suyo, el cual tiene grandes consecuencias en los espectros de estas estrellas, ya que debido a ellos se observan líneas de emisión [7]. La propiedad de observación más llamativa de las estrellas Be es su variabilidad irregular, la cual se observa en períodos de tiempo de varias decenas de días a décadas. Por lo anterior, y por sus características singulares, ofrecen una gran cantidad de información de fenómenos astrofísicos útiles para entender los procesos ocurridos en otros tipos de estrellas [4]. Las estrellas Be representan un gran subgrupo de estrellas de tipo espectral B; entre el 15 a 20% de las estrellas B de la vía láctea son Be. No se han detectado campos magnéticos en estas estrellas, y algunos casos particulares, en los cuales las estrellas Be hacen parte de sistemas binarios aún están siendo estudiados [7].

La definición que la comunidad de astrónomos y astrofísicos tiene de una estrella Be es:

“Una estrella no supergigantes de tipo B cuyo espectro tiene, o ha tenido alguna vez, una o más líneas de Balmer en emisión” [8].

La estrella 12 Vul es una estrella Be de tipo espectral B2.5Ve C con una magnitud de 4.69, una ascensión recta de 19 51 04.108 y una declinación de +22 36 36.17, se ubica en la constelación de Vulpécua [9], presenta líneas de absorción en H $\beta$ , H $\gamma$  y H $\alpha$  [10].

### **Estrellas $\alpha^2$ Canum Venaticorum**

Son un subtipo de estrellas variables del tipo espectral B8p a A7p, presentan intensos campos magnéticos, sus espectros presentan líneas anormalmente intensas de Si, Sr, Cr y elementos de tierras raras, las cuales presentan variaciones en sus intensidades debido a la rotación. H. Ludenforff descubrió en 1906 que ciertas de las líneas eran variables en intensidad. A Belopolsku en 1913 encontró dos grupos de líneas, variables en intensidad y algunas en desplazamiento con un periodo de 1 a 50 días. C. C. Kiess confirmó y extendió su trabajo [11]. Las propiedades de estas estrellas han sido ampliamente estudiadas para comprender las causas sus campos magnéticos, conocida como  $\alpha^2$  CVn (12 CVn A, HD112413, HR 4915, HIP 63125) fue la primera estrella dada la clasificación del tipo Ap, esta estrella representa un prototipo de las estrellas de espectro variable, presentan un Teff de  $11.600 \pm 500K$ , una distancia de  $35.2 \pm 0.1$  pc, una velocidad rotacional de  $18.4 \pm 0.5$  Km S-1 [12].

La estrella Cu Virgins es una de los más brillantes emisores de radio de las estrellas magnéticas químicamente peculiares (MPC). Además es uno de los rotadores más rápidos. CU Vir (HD124224, HR5313) fue descu-

bierta como una estrella variable en 1952, su periodo de rotación es de cerca de la mitad de un día. Presenta variaciones en su espectro especialmente en He, Si y Mg. Cu Virgins es del tipo espectral A0Vp, su magnitud visual es de 5.02, sus coordenadas de ascensión recta son 14h 12m 15.805s y de declinación +02°24' 33.95", y forma parte de la constelación de virgo.

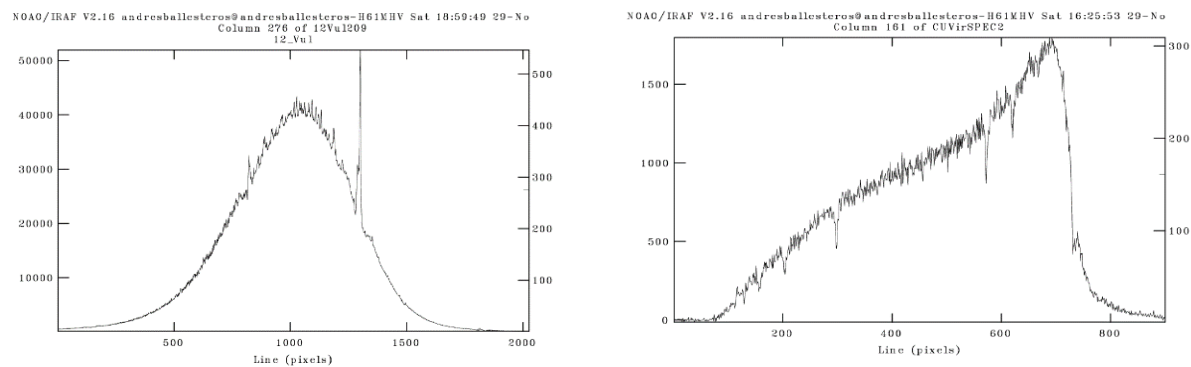
## 2. Resultados y Discusión

Los resultados presentados en este trabajo son preliminares y corresponden al proceso de reducción de los datos (ver tabla 1), por bias y flat field, junto con la posterior extracción de los espectros.

**Tabla 1.** Datos para las estrellas 12 Vul (Observatorio Astronómico Nacional San Pedro Mártir) y CuVir (Observatorio astrfísico Guillermo Haro).

Fecha observación	Objeto	Espectros	Bias	Flats	Lámparas
07/05/2012	12 Vul	1	20	10	2 CuAr
08/05/2012	12 Vul	2	17	13	2 CuAr
09/05/2012	12 Vul	1	15	9	2 CuAr
10/05/2010	CuVir	1	16	8	3 Ne,Ar,Xe
11/052010	CuVir	2	18	10	3 Ne,Ar,Xe

Para la estrella 12Vul (Figura 1, panel izquierdo) se observa una señal muy intensa en emisión que se asocia con la línea H $\alpha$  característica de las estrellas Be. En el caso de la estrella CuVir (Figura 1, panel derecho) se observan líneas de absorción, que están relacionadas a sus bandas características de metales como Si y Mg, para esta estrella no se observan señales de emisión.



**Figura 1.** Espectros de las estrellas 12 Vul (izquierda), y Cu Vir (derecha), después del proceso de reducción

## 3. Trabajo futuro

- Calibración de los espectros en flujo y longitud de onda, usando el software IRAF y determinación de la composición química de las estrellas 12 Vulpécula y la estrella Cu Virgins, y de su tipo espectral.
- Comparación de las características espectroscópicas de ambas estrellas.

## Referencias

- [1] I. Ridpath, Astronomía Diccionario, Ira Reimpr. España: Editorial Complutense S.A, 2004, p. 33.

- [2] A. Secchi, *Astron. Nachrichten*, pp. 63–68, 1867.
- [3] T. J. Rivinius, *Ruprecht- Karls-Universitat Heidelberg, Heidelberg*, 2005, pp 20-30.
- [4] E. Gerth, Y. V. Glagolevskij, G. Hildebrandt, H. Lehmann, and G. Scholz1, *Astron. Astrophys.*, vol. 351, 1991, pp. 133–139.
- [5] D. M. Pyper, *Astrophys. J. Supl. Ser.*, vol. 18, pp. 347–378, 1969.
- [6] “Estrellas - Ciencia de la NASA.” [Online]. Available: <http://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/how-do-stars-form-and-evolve/>. [Accessed: 03-Oct-2014].
- [7] Q. M. de Jesús, *Cienc. Y Tecnol.*, vol. 4, pp. 84–89, 2009.
- [8] G. W. Collins, “The use of terms and definitions in the study of Be stars,” in *Physics of Be stars; Proceedings of the Ninety-second IAU Colloquium, Boulder, 1987*, pp. 3–21.
- [9] Simbad, “SIMBAD Astronomical Database (12 Vul- Be Star).” [Online]. Available: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?Ident=12+vul&NbIdent=1&Radius=2&Radius.unit=arcmin&submit=submit+id>. [Accessed: 24-Oct-2014].
- [10] C. M. Jashek, C. Jaschek, and S. Malaroda, *Astron. Astrophys.*, vol. 3, pp. 485–487, 1969.
- [11] C. J. Anger, *Astrophys. J.*, vol. 70, pp. 114–126, 1929.
- [12] O. Kochukhov and G. A. Wade, *Astron. Astrophys.*, pp. A513, A13, 2010.