

Búsqueda de estrellas candidatas a Be en el catálogo de estrellas variables del proyecto ASAS

Search for candidate Be stars within the ASAS catalog of variable stars

Santiago Grass Penagos^{*}, Beatriz Sabogal, Alejandro García

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Aceptado Diciembre 2014; Publicado en línea Marzo 2015.

ISSN 2256-3830.

Resumen

Las estrellas Be son estrellas de tipo espectral B, que en su espectro presentan, o presentaron en algún momento, líneas de emisión de Balmer. Estas son estrellas variables que tienen pulsaciones no radiales, las cuales son asociadas con los mecanismos que permiten la formación de un disco circumestelar de material expedido por la estrella que gira alrededor de ella. En este trabajo se presentará un nuevo catálogo de estrellas candidatas a Be, resultado de una búsqueda de ellas basada en la aplicación de criterios estadísticos y fotométricos a los datos de magnitudes de las estrellas variables de la base de datos ASAS obtenidos con el filtro V. Se describirán también los diversos pasos para la determinación de cuáles estrellas pueden llegar a ser candidatas a Be, para que luego sean sujetas a un estudio futuro de espectroscopía. Este proceso de selección es diferente al utilizado comúnmente, debido a que las estrellas del catálogo ASAS están ubicadas a diferentes distancias de nosotros, y en diversas regiones del cielo, afectadas de manera diferente por la extinción interestelar. Asimismo, muchas de ellas no se encuentran en catálogos de estrellas, como SIMBAD o Hipparcos, haciendo imposible conocer de antemano su clasificación o su distancia. Estos pasos de selección incluyen una preselección por amplitud y por sesgo y curtosis de las distribuciones de magnitudes de las estrellas. Posteriormente, se descartan las estrellas que no corresponden al tipo Be, ya sea por su tipo espectral, su color, su clase de luminosidad o su morfología.

Palabras Claves: Variables, estrellas con líneas de emisión.

Abstract

Be stars are stars with spectral type B, that present, or presented in some time, in their spectra, Balmer emission lines. These are variable stars that present non radial pulsations, which are associated with the mechanisms in charge of formation of a circumstellar disk that rotates around the star. In this work, a new catalog of Be star candidates will be presented, as a result of an extensive search using statistical and photometric criteria predetermined for classical Be stars, applied to the V-magnitude data of the ASAS catalog database. The diverse steps taken will be explained, in order to produce a list of candidates that could be subject to a spectroscopy study in the future. This method is different from the one commonly used, which needs only the absolute magnitude of stars and their intrinsic color for selection. The reason is that, in order to obtain these values, the distances to the stars must be known, and in the case presented here, it is impossible to know all the distances of these stars. The steps of selection taken on this project include, firstly, a selection based on the amplitude of the light and based also on the curves of these stars,

^{*} sa.grass1042@uniandes.edu.co

statistical parameters of kurtosis and skewness of the V magnitude distribution. Then, the selection of the candidates is based on the spectral types of these stars, their luminosity classes and on their color in J, H and K magnitudes.

Keywords: Variable, emission line stars.

1. Introducción

En el universo observable existen aproximadamente 10^{24} estrellas², donde cada una pertenece a una categoría en la clasificación espectral, cuyas características incluyen: Color, temperatura, tamaño y luminosidad. Dentro de este esquema de clasificación, las estrellas Be, son de tipo espectral B, presentando altas temperaturas superficiales que oscilan entre los 9600 K y los 28000 K. Estas estrellas son reconocidas por presentar en su espectro líneas de emisión de Balmer. Fue en el año de 1866 cuando el astrónomo Padre Angelo Secchi, director del observatorio del "Collegio Romano", dio el primer atisbo documentado de una estrella de emisión, donde señaló que la línea de absorción de Balmer fue reemplazada por una línea de emisión que sobresalía en el espectro. En 1987 se dio una definición de estas estrellas, propuesta por el astrofísico Collins, quien señaló que una estrella Be es: "una estrella de tipo B, no supergigante, que presenta, o presentó en algún momento, una o más líneas de Balmer en emisión en su espectro"[1]. Esta definición condujo a que se excluyeran otros tipos de estrellas que también presentan líneas de emisión, pero que por definición no son de tipo B, de manera que las estrellas que cumplían con la definición fueron conocidas como "Classical Be Stars", que no incluyen estrellas tipo Herbig AeBe o sistemas Algol. [2].

La naturaleza de este tipo de estrellas sigue siendo un misterio para la comunidad científica, en gran parte debido a los mecanismos de formación del disco circumestelar. Dado que el disco es formado a partir de gases expulsados por la misma estrella, se desconocen los mecanismos bajo los cuales este proceso ocurre. Estudios recientes [3] indican que estas estrellas presentan tales discos debido a su alta velocidad de rotación, la cual supera el 75 % de su velocidad crítica³. Los científicos aún no logran hallar una explicación al hecho de que estas estrellas presenten una rotación tan rápida. Se han realizado modelos para explicar este fenómeno [3], los cuales se acercan bastante al comportamiento real de una estrella Be, teniendo en cuenta que con "comportamiento" se hace referencia a la similitud en las curvas de luz de las estrellas respectivas. Por otro lado, cabe aclarar que estas estrellas variables pulsan de manera no radial, lo cual indica que modelar las curvas de luz de estas estrellas no es trabajo fácil, y requiere el uso de matemáticas y métodos computacionales avanzados.

2. Métodos de selección de estrellas candidatas a Be

2.1. Espectroscópico

Este método arroja los datos necesarios para determinar con certeza que la estrella es en cuestión una estrella de emisión. Este fenómeno se puede apreciar en el espectro de la estrella, donde las líneas de emisión de Balmer son claras e implican la presencia de un anillo circumestelar alrededor de la estrella. Estas líneas de emisión generalmente son bastante anchas y frecuentemente son de doble pico. Para el espectro es común encontrar también líneas de Fe II, y en ocasiones líneas de Ca II y Mg II [2]. El estudio espectroscópico consiste en tomar la luz proveniente de la estrella, descomponerla (generalmente a través de rejillas de difracción en un espectrógrafo), y medir la intensidad en cada longitud de onda de acuerdo con el rango espectral del instrumento. La espectroscopía puede señalar propiedades intrínsecas de la estrella, como su tamaño, masa, magnitud, período de rotación, y elementos sobre su atmósfera, entre otros (La velocidad de estas estrellas también puede medirse a partir del desdoblamiento de las líneas espectrales a través del efecto Doppler). Este método se menciona para recordar que la intención de este proyecto es proveer un

² Artículo "How many stars are there in the Universe?" por Fraser Cain, Universe Today, Junio 3, 20

³ Velocidad en la cual la aceleración centrífuga iguala a la aceleración gravitacional.

catálogo de estrellas candidatas a Be, a las cuales en un futuro estudio, se les pueda hacer un estudio espectroscópico, con la finalidad de determinar su naturaleza Be.

2.2. Fotométrico

El estudio fotométrico, se basa en la observación y el análisis de la curva de luz de una estrella en un determinado período de tiempo. En la curva de luz se puede apreciar la variabilidad de la magnitud (o brillo) de una estrella, y a partir de esta variabilidad, se pueden fijar parámetros que determinen el tipo espectral de la estrella y si esta puede ser una estrella clásica Be. Además, los rangos de magnitud absoluta y de color intrínseco de una estrella Be permiten determinar de manera fotométrica si una estrella es una posible candidata a ser estrella Be. Estos rangos se muestran en las Figuras 1.

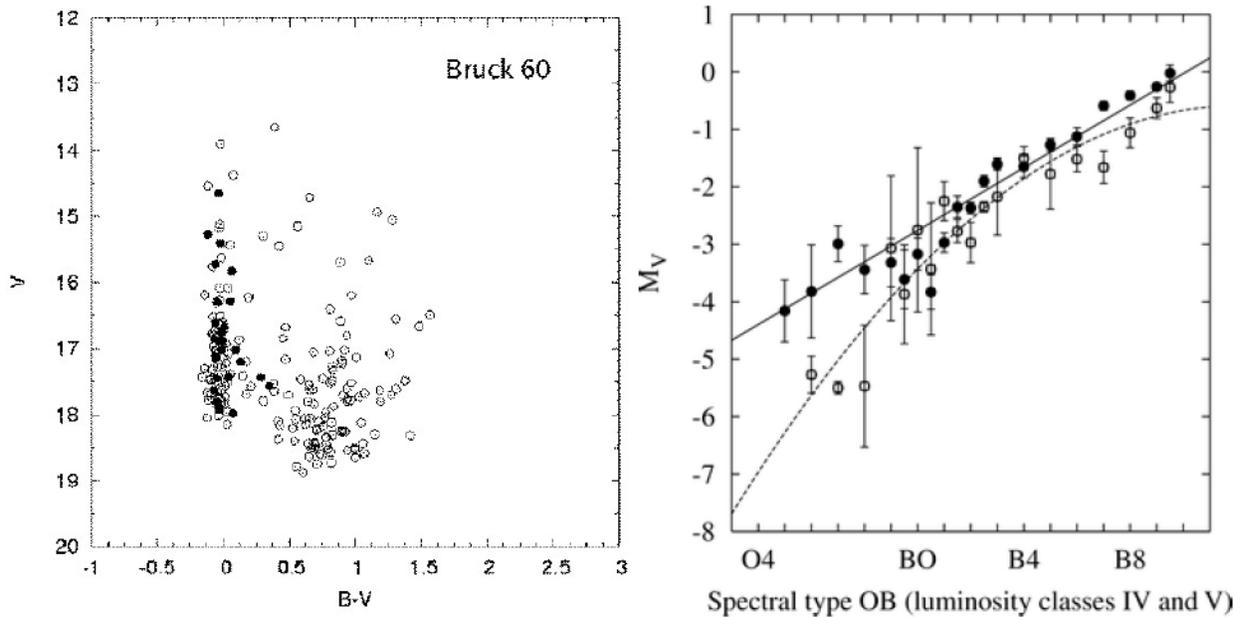


Figura 1. Figura (Izquierda): Rangos de color intrínseco para estrellas Be (Círculos negros) que esta entre $(B - V)_0 = ,0,38, 0,8$ [4]. Figura (Derecha): Rangos de magnitud absoluta para estrellas Be (Círculos negros) que se encuentra entre $M_V = [,4, 0]$ [5].

A pesar de la efectividad de éste método para determinar estrellas candidatas a ser estrellas Be, este método de comparar magnitud absoluta y color intrínseco con los rangos determinados anteriormente no se pudo utilizar en el proyecto presente, dado el simple hecho que para determinar estos parámetros se requiere tener la distancia de la estrella, y en este caso no se pueden tener estas distancias, dado que muchas de ellas no están reportadas en ningún catálogo, de manera que no se puede disponer de todas las distancias a las estrellas, desconociendo así su magnitud absoluta y su color intrínseco.

3. Resultados

3.1. Separación por amplitud

Se hizo una separación de las estrellas que presentaron amplitudes de curvas de luz entre magnitudes de 0.05 y 1. De todas las estrellas del catálogo, fueron aceptadas o seleccionadas por el criterio de amplitud 32369 estrellas, de aproximadamente 371416 estrellas del hemisferio sur que se encuentran en el catálogo. El comportamiento de la variabilidad de estas estrellas se inspeccionó visualmente y se comparó con las curvas de luz de las estrellas de un estudio previo [6], las cuales son candidatas a Be (BeSC), debido a que se confirmó que su variabilidad corresponde o se asemeja a la de una estrella Be.

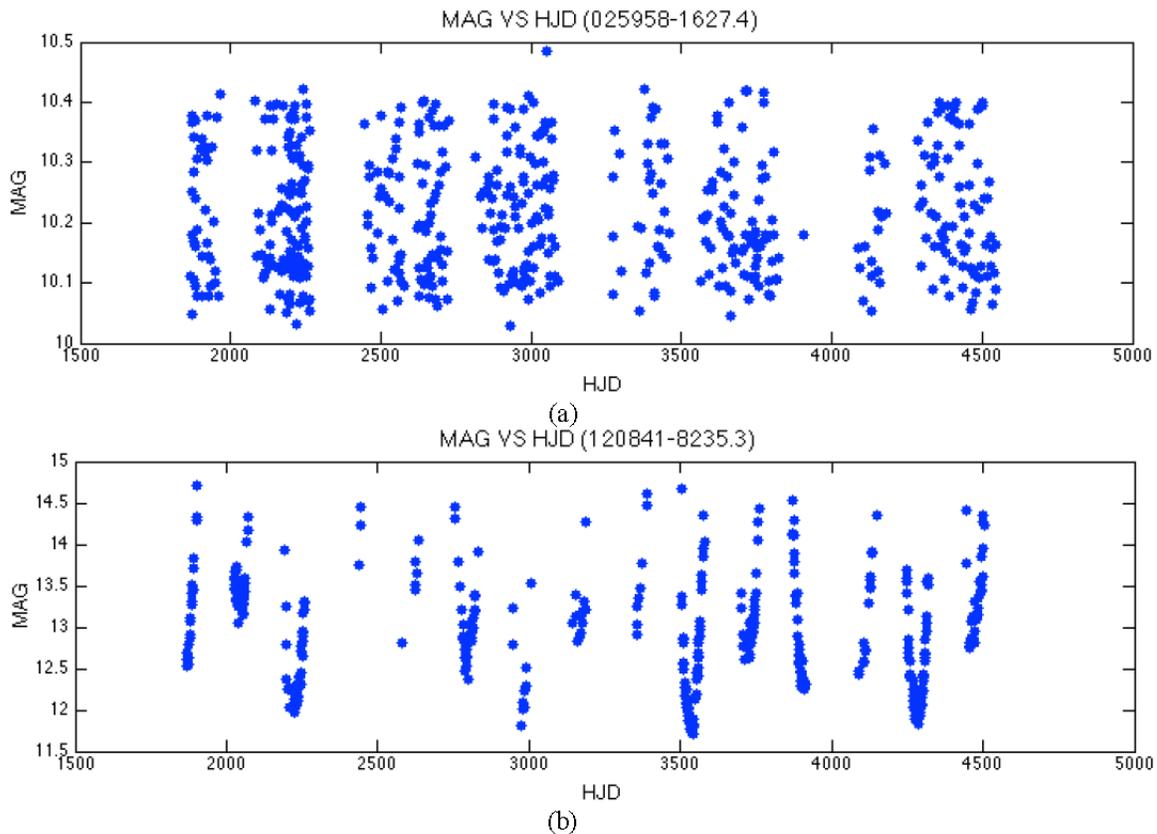


Figura 2. (a) Curva de luz de la estrella 025958-1627.4, donde se aprecia el tipo de variabilidad de una estrella con amplitud menor a 1 mag. (b) Curva de luz de la estrella 120841-8235.3, que muestra el comportamiento de la de una estrella cuya amplitud es mayor a 1 mag.

3.2. Separación por parámetros estadísticos

El rango de parámetros de sesgo y exceso de curtosis se seleccionó utilizando un ajuste estadístico en base a los histogramas del sesgo y del exceso de curtosis de las estrellas del catálogo. Asumiendo una distribución normal para ambos histogramas, se pudo calcular el valor de la desviación estándar de cada uno; Para el histograma de exceso de curtosis se calculó $\sigma_{EK} = 2,1144$ y para el histograma del sesgo $\sigma_S = 0,6146$. La figura 3 presenta la zona seleccionada, que se eligió como la que correspondía a la zona donde más se concentran las BeSC y las estrellas Be. En particular, esta región contiene 11 estrellas Be y 146 BeSC reportadas por Sabogal et al. (2014) [5]; para un total de 85 % de la muestra de estrellas Be y de 94 % de BeSC.

3.3. Separación por tipo espectral y luminosidad

El catálogo SIMBAD ofrece variada información sobre las estrellas, incluyendo su tipo espectral. En base a esto, se realizó un código para extraer la información de tipo espectral de las estrellas seleccionadas hasta el momento, con un radio de búsqueda de 6 segundos de arco. No todas las estrellas buscadas resultaron tener tipos espectrales en éste catálogo; de hecho, la gran mayoría de las estrellas buscadas en el catálogo aparecen sin su tipo espectral.

Esta información permitió descartar estrellas cuyo tipo espectral no es B, A temprano u O tardío. Cabe señalar también que aquellas estrellas cuyo tipo espectral no se encontró no se pueden descartar por el criterio de tipo espectral, por lo cual se requiere de otros criterios para confirmar o descartar su naturaleza de BeSC.

Aprovechando el hecho de que algunos datos del tipo espectral de estas estrellas también incluyen su luminosidad, se seleccionaron las estrellas cuya luminosidad estuviese entre los valores de III, IV y V. De esta manera, se escribió otro código que seleccionara los valores de luminosidad en estos rangos, y a la vez descartara las estrellas

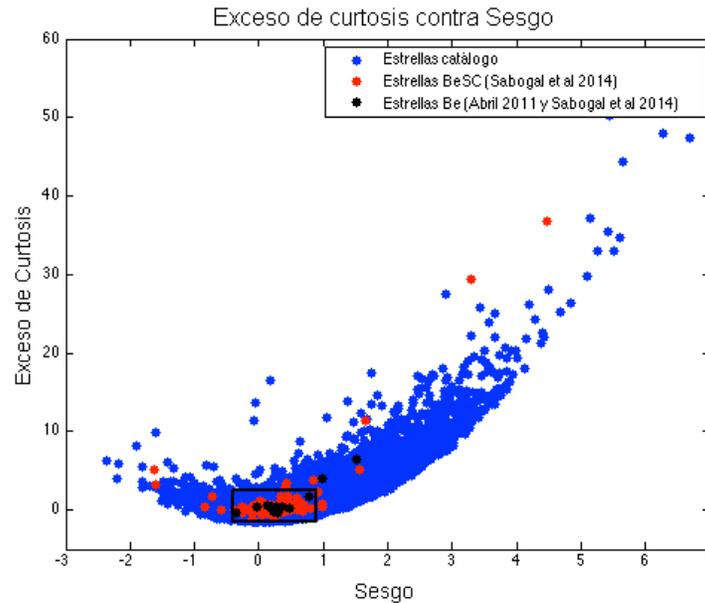


Figura 3. Gráfica de exceso de curtosis contra sesgo que muestra el rango seleccionado en un rectángulo negro para la selección de las BeSC (Be Star Candidates), donde las estrellas rojas representan estrellas BeSC, las azules representan todas las estrellas del catálogo, y las negras representan estrellas Be.

con otro tipo de luminosidad definida. De las estrellas ya previamente seleccionadas por tipo espectral, se encontraron 111 estrellas en total que cumplían con el criterio de luminosidad. Entre ellas hay 29 estrellas de tipo A tempranas, 2 estrellas de tipo O tardías y 80 estrellas de tipo B. El número de estrellas que no cumplieron con el criterio de luminosidad fue de 168 estrellas.

En total, el número de estrellas descartadas por este criterio de selección fue de 4276 estrellas, que corresponden a un 15 % de las estrellas que fueron seleccionadas por el criterio de sesgo y curtosis.

3.4. Separación por color y morfología

Para este criterio, se seleccionaron las estrellas a partir de un rango definido para sus colores (J-H) y (HK). Para ello, primero se buscó el valor de la magnitud promedio de las estrellas seleccionadas hasta el momento, en las bandas J, H y K, respectivamente. Para ello, se separaron las coordenadas de estas estrellas en ascensión recta y declinación, para luego subirlas a un catálogo que ofreciera las magnitudes de estas estrellas en estas respectivas bandas. La página oficial de Vizier⁴ ofrece un servicio en línea, que permite buscar entre más de 200000 catálogos estelares, propiedades fotométricas de estrellas en distintas bandas. Para este caso, se buscaron catálogos que tuvieran datos de magnitudes en banda infrarroja, que se refiere en específico a las tres bandas ya mencionadas (J, H y K). Se optó por utilizar el catálogo 2MASS⁵ dado que contenía la mayor cantidad de estrellas (Aproximadamente 50000 estrellas del hemisferio sur) y brindaba los datos requeridos, junto con sus respectivos errores. Se obtuvieron las magnitudes correspondientes de las estrellas que se encontraban en este catálogo y se guardaron en archivos .txt donde se describiera en la primera columna las coordenadas respectivas de la estrella y en las columnas 2, 3 y 4 las magnitudes J, H y K respectivamente (figura 4).

4. Conclusiones

- Por el criterio de amplitud de curvas de luz se redujo la muestra del catálogo en un valor aproximado del 34 %.

⁴ vizier.u-strasbg.fr

⁵ 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources

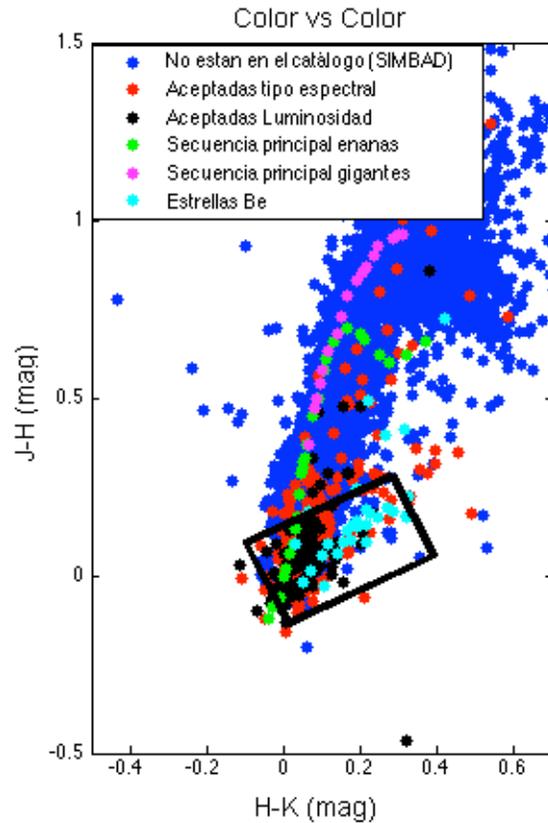


Figura 4. Gráfica Color-Color que muestra diferentes secuencias, y la región de selección de estrellas candidatas a Be.

- Por el criterio estadístico, basado en los rangos de los parámetros de exceso de curtosis y sesgo, se redujo la muestra en un valor aproximado de 13 %.
- Los rangos de sesgo y exceso de curtosis incluyen un 94 % de las BeSC propuestas en Sabogal et al. (2014) y un 85 % de estrellas Be reportadas del catálogo ASAS previamente.
- La mayor cantidad de estrellas entre las candidatas son las estrellas con ascensión recta de 18 horas, correspondiendo a un valor aproximado del 9 % de las seleccionadas.
- Por el criterio de tipo espectral y luminosidad se encontraron 111 estrellas que cumplen con ambos criterios, 456 estrellas que sólo cumplen con el criterio de tipo espectral, desconociendo su luminosidad, y 13049 estrellas de las cuales no se conoce ni su tipo espectral ni su luminosidad. Haciendo un total de seleccionadas de aproximadamente el 48 % de las aceptadas por sesgo y curtosis.
- El criterio por rangos de colores infrarrojos eliminó aproximadamente el 90 % de los datos seleccionados por exceso de curtosis y sesgo.
- Para el catálogo final se obtuvieron 784 BeSC de categoría A (Candidatas normales), 184 BeSC de categoría AA (Buenas candidatas) y 92 BeSC de categoría AAA (Muy buenas candidatas).

Referencias

- [1] Collins, G. W., and T. P. Snow Physics of Be Stars, ed. A, Slettebak. in IAU Colloq. 92 (Cambridge: Cambridge Univ. Press)
- [2] Porter, J. M., and Rivinius, T., 2003, PASP, 115,1153.
- [3] Rivinius, T., Carciofi, A., and Martayan, C., 2013, A and A RV, 21,69.
- [4] Wood, K., Bjorkman, K. S., and Bjorkman, J. E. 1997, ApJ, 477,926.
- [5] Wegner, W., 2000, MNRAS, 319,771.
- [6] Sabogal, B. E., García-Varela, A., and Mennickent, R., 2014, PASP, 126,219.