

Estrellas Be en ambientes de baja metalicidad

Be stars in low metallicity environments

Beatriz Sabogal ^a*, Alejandro García-Varela ^a

^aUniversidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Aceptado Diciembre 2014; Publicado en línea Marzo 2015.

ISSN 2256-3830.

Resumen

Las estrellas Be muestran o han mostrado líneas de Balmer en emisión en sus espectros. Estas emisiones se asocian con rápidas pérdidas de masa estelar, que aparecen y desaparecen en escalas de tiempo de días a décadas. Este efecto es conocido como el fenómeno Be, y es un tema de investigación actual. Los surveys de estrellas Be son muy útiles para obtener más pistas sobre este fenómeno. Este trabajo presenta dos investigaciones en esa dirección. Uno de ellos es la búsqueda de candidatas a estrella Be en la Vía Láctea usando datos ASAS, que condujo a un catálogo de 213 nuevas candidatas a Be. El otro está relacionado con la búsqueda de estrellas Be en las galaxias irregulares Sextans A y Sextans B, para obtener la fracción de estas estrellas en dichas galaxias. Con el fin de descubrir las estrellas Be, analizaremos imágenes V, R, I y $H\alpha$ de ambas galaxias. Esperamos que cerca del 40% de las estrellas B en esas galaxias sean Be.

Palabras Claves: Estrellas con líneas de emisión, fotometría.

Abstract

Be stars show or have shown Balmer lines in emission in their spectra. These emissions are associated with fast stellar mass losses, that appear and disappear in timescales of days to decades, making these stars irregular variables. This effect is known as the Be phenomenon, and is a subject of current research. Surveys of Be stars are very useful to get more clues about the Be phenomenon. This work presents two investigations in that direction. One of them is a search for Be star candidates in the Milky Way, using the ASAS catalog, that lead to a catalog of 213 new Be star candidates. The other one is related with the search for the Be stars in the Sextans A and Sextans B low metallicity irregular galaxies, to obtain the fraction of these stars in these galaxies. In order to discovery the Be stars, we will analyze V, R, I and $H\alpha$ data of both galaxies. We expect that about 40% of the B stars in these galaxies are Be stars.

Keywords: Emission line stars, photometry.

* bsabogal@uniandes.edu.co

1. Introducción

Las estrellas Be clásicas son rotadores muy rápidos, no supergigantes, cuyos espectros presentan o han presentado en algún momento una o más líneas de Balmer en emisión[1]. Sus tipos espectrales van desde O tardías a A tempranas. Su rápida rotación puede ser una propiedad estelar innata o adquirida, que, unida a un mecanismo, como pulsaciones no radiales[2], genera eyecciones de materia episódicas, creando un disco circumestelar de decreción[3], donde se origina la emisión observada. Este disco ecuatorial denso gira aproximadamente de una manera kepleriana[4]. Las emisiones están asociadas con esas pérdidas de masa estelares, que aparecen y desaparecen en escalas de tiempo de días a décadas. Este efecto se conoce como fenómeno Be y es un tema de investigación actual. En particular, se desea conocer la geometría y las condiciones físicas de los discos circumestelares, y explicar satisfactoriamente la formación de estos discos[5]. De Wit et al.[6] investigó una submuestra de variables azules en la SMC, concluyendo que la variabilidad fotométrica de estas estrellas es causada por las variaciones en la cantidad de radiación de frenado asociadas a la evolución del disco circumestelar, de una estructura en forma de disco hacia una estructura de anillo. Esto es apoyado por un bucle en el diagrama magnitud-color de las estrellas durante sus ciclos eruptivos.

Entre los muchos aspectos estudiados en la actualidad, relacionados con las características de las estrellas que sufren el fenómeno Be, hay campos magnéticos, variabilidad fotométrica, variabilidad espectroscópica, velocidades rotacionales, la dependencia con la metalicidad de la fracción de las estrellas Be en diferentes galaxias, estado evolutivo. En cuanto a la rotación, las estrellas Be tienen velocidades superiores al 75% de la velocidad crítica. No muestran fuertes campos magnéticos, la dependencia con la metalicidad parece ser fuerte y producir más estrellas Be en ambientes de baja metalicidad[5].

Por último, las estrellas Be son relativamente fáciles de observar, y sus propiedades, cada vez más entendidas, las hacen un excelente laboratorio para investigar algunos problemas importantes de Astrofísica[5], tales como efectos de la rotación rápida en la evolución estelar, y objetos de muy alta energía como los estallidos de rayos gamma largos. Las búsquedas de estrellas Be en diferentes galaxias son de suma importancia para seguir confirmando los aspectos mencionados previamente, así como para obtener más datos que permitan esclarecer los aspectos que aún no se comprenden. Por esta razón, en este trabajo se presentan dos investigaciones relacionadas con búsquedas de estrellas Be. Una de ellas en nuestra galaxia y la segunda en las galaxias Sextans A y Sextans B.

2. Catálogo de estrellas candidatas a Be en la Vía Láctea

Varios estudios fotométricos y espectroscópicos han traído significativos avances en la comprensión de varias propiedades de las estrellas Be. Sin embargo, otras cuestiones importantes acerca de ellas quedan por ser respondidas. En particular, las estrellas candidatas a Be de las Nubes de Magallanes fueron clasificadas por Mennickent et al.[7] en tipo 1 (eruptivas), tipo 2 (con saltos bruscos de luminosidad), tipo 3 (cuasi-periódicas) y tipo 4 (estocásticas). Las estrellas de tipo 1 han sido reportadas en nuestra galaxia, pero en menor cantidad que en las Nubes de Magallanes. Las de tipo 2 nunca han sido reportadas en nuestra galaxia. Desarrollamos una búsqueda sistemática de estrellas candidatas a Be (BeSC) en nuestra galaxia, con el objetivo de obtener pistas para responder a dos preguntas concretas: ¿Es el porcentaje de estrellas de tipo 1 realmente más pequeño en la Galaxia que en las Nubes de Magallanes, o se trata de un efecto de sesgo o datos faltantes en la Vía Láctea? ¿Las estrellas de tipo 2 existen en la Galaxia?. Además, este estudio puede proporcionar nuevos blancos brillantes valiosos para estudios espectroscópicos de alta resolución con telescopios pequeños / medianos.

2.1. Datos y Resultados

Se utilizaron los datos del catálogo de estrellas variables misceláneas de ASAS (All Sky Automated Survey), que es un proyecto dedicado a monitorear las estrellas del hemisferio sur, en las bandas V e I, usando pequeños telescopios ubicados en el observatorio Las Campanas (Chile)[8].

Con el fin de hacer la búsqueda de BeSC, es necesario tomar en cuenta lo siguiente: En primer lugar, debido al hecho de que los objetos observados por ASAS se encuentran a distancias desconocidas y se ven afectados por diferentes valores de enrojecimiento, no podemos empezar el proceso mediante la selección de estrellas con magnitudes absolutas

y colores en los rangos típicos de valores para estrellas Be. En lugar de ello, comenzamos con un criterio estadístico que consiste en obtener el sesgo y el exceso de curtosis de las estrellas del catálogo, y seleccionar aquellas estrellas cuyos rangos de estos valores sean acordes a los de estrellas Be. En segundo lugar, seleccionamos estrellas con valores de amplitud entre la dada por la precisión de los datos y el límite superior de 1 mag. En tercer lugar, una inspección visual de las curvas de luz de la muestra obtenida para rechazar estrellas con diferentes tipos de variabilidad al de las estrellas Be. En cuarto lugar, descartamos las estrellas con curvas de luz similares a las de BeSC pero diferentes en tipos espectrales y/o clase de luminosidad. En quinto lugar, clasificamos las BeSC en los grupos morfológicos: tipo 1 a tipo 4. Finalmente, obtuvimos los colores intrínsecos de las estrellas seleccionadas, cuando fue posible una corrección realizar la corrección por extinción. En esos casos, las estrellas con colores intrínsecos fuera de la gama de valores de las estrellas Be clásicos se descartaron.

Como resultado de este proceso, surgió un catálogo de 213 nuevas BeSC del hemisferio sur galáctico[9]. La muestra de 213 BeSC contiene 19 estrellas de tipo 1 (9%) y 194 estrellas de tipo 4 (91%). Esto indica que las estrellas de tipo 2 parecen no existir en la Galaxia, al menos en el rango de magnitudes de ASAS.

3. Búsqueda de estrellas Be extragalácticas

Estudios de la fracción de estrellas Be respecto a estrellas B en nuestra galaxia y en las Nubes de Magallanes sugieren que la fracción de estrellas B mostrando el fenómeno Be depende de la metalicidad de la galaxia madre, siendo menor en los entornos de metalicidad más altos, y también sugieren que las propiedades eruptivas de las estrellas Be (morfología de las curvas de luz), dependen en este parámetro. Sin embargo, hasta ahora, estos resultados importantes se han limitado básicamente a los estudios de las estrellas Be en las tres galaxias mencionadas.

Bresolin et al.[10] estudiaron las estrellas en la galaxia IC 1613, situada a 721 KPC, con una baja metalicidad de $[Fe/H] = -1.3$ dex. Estos autores buscaban supergigantes azules e identificaron seis estrellas de secuencia principal de tipo espectral B, que fueron confirmadas como estrellas Be. Sin embargo, esta búsqueda pudo excluir estrellas de secuencia principal y no supergigantes fuera de la muestra, dado que se enfocaba en supergigantes.

Nosotros hemos propuesto descubrir una población de estrellas Be extragalácticas, más allá de las Nubes de Magallanes, con el fin de confirmar el resultado de que la fracción de estrellas Be es mayor en entornos de metalicidad más baja. En particular, hemos escogido las galaxias Sextans A y Sextans B, dado que tienen una baja metalicidad (-1,45 dex y -1.6 dex, respectivamente), que no están afectadas fuertemente por extinción, y que tienen baja densidad estelar. Martayan et al.[11] realizaron una comparación entre la fracción relativa de estrellas Be a estrellas B0 de la Nube Menor de Magallanes y la de la Galaxia, encontrando un valor de 35% en las Nube Menor de Magallanes y 12% en la Galaxia. Con base en este hecho, esperamos que el valor de esta fracción para Sextans A y B sea de alrededor de 40%.

3.1. Datos y Resultados

El propósito de esta investigación es descubrir la población de estrellas Be en las galaxias Sextans A y Sextans B. A continuación se presentan las principales características de estas dos galaxias.

Sextans A

También conocida como UGCA 205, o DDO 75. Es una galaxia enana, irregular, ubicada a una distancia de 1.32 Mpc. Su forma es cuadrada y sus coordenadas ecuatoriales (J2000) son ascensión recta: 10h 11m 00.8s, y declinación: $-04^{\circ} 41' 34''$. Sus dimensiones aparentes son $5'.9 \times 4'.9$, y su metalicidad es de $[Fe/H] = -1.45$ dex.

Sextans B

También conocida como UGC 5373 o DDO 70. Es una galaxia enana, irregular, ubicada a una distancia de 1.36 Mpc. Su forma es cuadrada y sus coordenadas ecuatoriales (J2000) son ascensión recta: 10h 00m 00.10s, y declinación: $05^{\circ} 19' 56''$. Sus dimensiones aparentes son $5'.1 \times 3'.5$, y su metalicidad es de $[Fe/H] = -1.6$ dex.

Los datos para esta investigación se tomarán en dos formas. Una de ellas es utilizando bases de datos existentes en los observatorios ESO WFI 2.2m, CFHT, HST, Subaru, CTIO4m. Hasta la fecha disponemos de varios conjuntos de imágenes de diferentes épocas en filtros V, R, I y $H\alpha$ para Sextans A y algunos para Sextans B. La otra forma

es mediante solicitud de tiempo de telescopio en el observatorio Subaru o NOAO o San Pedro Mártir, con el fin de complementar los datos de ambas galaxias. Estos datos serán reducidos y procesados para obtener fotometría de apertura y PSF de las fuentes resueltas en cada galaxia.

Posteriormente se obtendrán los diagramas color-color (R - I) vs (V - I) y (R - $H\alpha$) vs (V - I) para cada galaxia, los cuales permitirán hacer la identificación de las estrellas Be de ambas galaxias. Las estrellas B se pueden seleccionar haciendo un ajuste ZAMS en el diagrama (R - I) vs (V - I), ya que las distancias a Sextans A y B son conocidas. Dado que estas galaxias no son fuertemente afectadas por la extinción galáctica y tienen baja densidad estelar, está claro que la mezcla y la resolución espacial no son problemas potenciales que impidan la detección de estrellas B y Be en estas galaxias. Se espera la contaminación de estrellas galácticas (identificadas en el diagrama de color-magnitud), pero debido a la dirección de la línea de visión se espera que el número de estrellas azules del disco en estas direcciones sea baja.

Por otro lado, las estrellas Be deberían aparecer más brillantes en las imágenes $H\alpha$ que en las imágenes en filtro R, y por lo tanto, la posición de estas estrellas en los diagramas (R - $H\alpha$) vs (V - I) debe ser desplazada con respecto a la secuencia principal de estrellas normales [12], en la misma forma que en el estudio de Keller et al. [12]. Las imágenes en V e I serán calibradas al sistema fotométrico estándar (mediante la observación de los campos de Landolt). No es necesario calibrar las imágenes R y $H\alpha$. Finalmente se realizará la determinación de la fracción de estrellas Be y la comparación estadística con las fracciones de estrellas Be en la Vía Láctea y las Nubes de Magallanes.

4. Conclusiones y Trabajo futuro

Los surveys y catálogos completos de estrellas Be son necesarios para obtener más pistas sobre el fenómeno Be. En ese sentido, hemos obtenido un catálogo de 213 BeSC en la Galaxia, cuya naturaleza Be puede ser confirmada mediante seguimientos espectroscópicos usando telescopios pequeños.

Es probable que las estrellas de tipo 2 no existan en nuestra galaxia, al menos en el rango de magnitudes detectadas por el proyecto ASAS. La fracción de estrellas Be en las galaxias Sextans A y Sextans B va a ser muy útil para confirmar o refutar la hipótesis de que la fracción de estrellas Be es mayor en ambientes de baja metalicidad. En particular, este estudio abrirá una nueva etapa en la realización de búsquedas de estrellas Be extragalácticas. Con el fin de confirmar la naturaleza Be de las 213 BeSC, se hará seguimiento espectroscópico de las mismas en los observatorios Santa Martina, Universidad Católica de Chile y CASLEO, San Juan, Argentina.

5. Agradecimientos

BES y AGV agradecen el apoyo de la Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, a través de Proyecto Semilla 2014.

References

- [1] Collins, G. W., II. 1987, in IAU Colloq. 92, Physics of Be stars, edited by A. Slettebak, and T. P. Snow, 3
- [2] Porter, J. M., and Rivinius, T. 2003, PASP, 115, 1153
- [3] Martayan, C., Rivinius, T., Baade, D., Hubert, A-M., Zorec, J. 2011, in IAU Symp. 272, Active OB stars: structure, evolution, mass loss and critical limits, edited by C. Neiner, G. Wade, G. Meynet, and G. Peters, 242
- [4] Stee, Ph., Meilland, A., Vannier, M., Milour, F., Domiicanod de Souza, A., Malbet, F., Martayan, C., Petrov, R., Spang, A. 2006, in SF2A-2006: Semaine de l'Astrophysique Francaise, edited by D. Barret, F. Casoli, G. Lagache, A. Lecavelier, and L. Pagani, 507
- [5] Rivinius, T., Carciofi, A.C., and Martayan, C. 2013, A&ARv, 21, 69
- [6] De Wit, W. J., Lamers, H. J. G. L. M., Marquette, J. B., Beaulieu, J. P. 2006, A&A, 456, 1027
- [7] Mennickent, R. E., Pietrzynski, G., Gieren, W., Szewczyk, O. 2002, A&A, 393, 887
- [8] Porjmański, G., 1997, AcA, 47, 467P
- [9] Sabogal, B. E., García-Varela, A. and Mennickent, R. E., 2014, PASP, 126, 219S
- [10] Bresolin, F., Urbaneja, M. A., Gieren, W., Pietrzynski, G., Kudritzki, R-P. 2007, ApJ, 671, 2028
- [11] Martayan, C., Baade, D., and Fabregat, J. 2010, A&A, 509, A11
- [12] Keller, S. C., Wood, P. R., Bessell, M. S. 1999, A&AS, 134, 489