

Análisis del comportamiento espectroscópico de largo período de las estrellas Be

Ligia del Carmen Aréas Zavala*

RESUMEN

Las estrellas Be son objetos tempranos con líneas en emisión que muestran variabilidad espectroscópica en diversas escalas de tiempo asociadas con diferentes fenómenos que tienen lugar en sus envolturas extendidas. La complejidad de estos objetos hace que aún estén en debate las condiciones físicas y dinámicas del material circunestelar que los rodea. Con el fin de aportar información acerca de la estructura y evolución de las envolturas extendidas de las estrellas Be, analizamos las variaciones espectroscópicas de dos objetos Be, 48 Lib y 66 Oph, cuya compleja fenomenología resulta difícil de ser explicada por los modelos de envoltura existentes. Para nuestro análisis utilizamos material recopilado de la literatura y espectros obtenidos en CASLEO. Estudiamos, en particular, el comportamiento de la línea H del hidrógeno, cuyo perfil resulta sensible a los cambios físicos ocurridos en la envoltura. Describimos, para ambos objetos, las variaciones temporales cíclicas de largo período de los valores medidos de velocidades radiales, anchos equivalentes e intensidades del ala roja y el ala violeta del perfil de H. En lo que respecta a 48 Lib, completamos el análisis del material espectroscópico que ya había sido publicado por Áreas y Cidale en 2006, agregando nuevos datos. Para 66 Oph observamos que la intensidad de la emisión en la línea H α comienza a decaer en 1996 indicando una dilución de la envoltura y el comienzo de una fase B normal. Cabe destacar la importancia de continuar con un seguimiento temporal de este objeto para detectar el inicio de una nueva fase de actividad estelar.

Palabras Clave: *estrellas variables, envoltura circunestelar, línea de emisión*

ABSTRACT

Be stars are early-type objects with emission lines, that display spectroscopic variability in many timescales. This variability is associated with different

* Ligia del Carmen Aréas Zavala, ligiareas@yahoo.com
Facultad de Ciencias Espaciales, Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

phenomena taking place in their extended atmospheres. Due to the complexity of these objects the physical conditions and dynamics of their circumstellar environment are still under debate. In this work, we analyze the spectroscopic variations of two Be stars, 48 Lib and 66 Oph, whose complex phenomenology has not been explained by any of the existing envelope models. With our analysis we aim to give information on the structure and evolution of their circumstellar material. We based our study on spectroscopic observations obtained at CASLEO and material gathered from the literature. We study, in particular, the behavior of the H α line, whose profile is sensitive to structural changes taking place in the envelope. We describe the cyclic long term variations of the measured values of equivalent widths, radial velocities and intensities of the red and blue emission peaks. For 48 Lib we add more data to the variability analysis already done by Áreas and Cidale in 2006. For 66 Oph we found that the intensity of the emission in the line H α weakens from 1996, indicating a possible dilution of its gaseous envelope and thus, a beginning of a normal B phase. Since it is expected that a new phase of stellar activity begins in the near future, it would be desirable to continue following this object.

Key words: *Variables stars, circumsetellar envelope, emission line.*

INTRODUCCIÓN

Las estrellas Be se caracterizan por presentar extensas envolturas circumestelares que son sede de numerosos procesos eruptivos y variables. Los modelos teóricos tradicionales explican los corrimientos de velocidad en las líneas y la relación V/R considerando la rotación kepleriana de un anillo ecuatorial elíptico en torno a las líneas de los áspides. Este modelo fue desarrollado por Huang (1972; 1973 y por Albert & Huang 1974). Posteriormente Okazaki (1991; 2000) incorporó la presencia de oscilaciones globales. Si bien este esquema logra un buen acuerdo con algunas observaciones, no contempla la presencia de elementos súper-ionizados, componentes discretos, el cambio de fase B, Be y Be/shell, dado que aún no se conoce con certeza dónde y cómo se producen estos fenómenos.

Surge, entonces, la necesidad de investigar las propiedades de la envoltura extendida de las estrellas Be. En particular analizaremos las variaciones que presenta un mismo objeto Be en distintas épocas. Para ello utilizaremos las líneas espectrales que son sensibles a los cambios físicos ocurridos en la atmósfera. Trataremos de explicar esta fenomenología utilizando espectros tomados desde Tierra, además de la información bibliográfica existente.

OBSERVACIÓN

Los espectros de las estrellas Be fueron tomados con el telescopio reflector Cassegrain de 2.15 m. del Complejo Astronómico el Leoncito (CASLEO) San Juan, Argentina, utilizando un espectrógrafo échelle en modo de dispersión cruzada. La configuración instrumental seleccionada fue la siguiente: una cámara CCD Tek de 1024x1024 píxeles y una red de 400 líneas por mm, con diferentes ángulos, cubriendo un rango espectral entre 3400 y 8200 Å. Las imágenes obtenidas fueron procesadas y calibradas con el software IRAF (Image Reduction and Analysis Facility, versión V2.11).

A partir de una serie de espectros de alta resolución hemos analizado la envoltura circumestelar de las estrellas 66 Oph y 48 Lib. Las imágenes estudiadas de 66 Oph fueron de los años 1996 al 2008 y para la estrella 48 Lib desde 1996 al 2008.

RESULTADOS

66 oph

A partir de una recopilación de datos bibliográficos (Floquet, M. et al. 1974,

Hanuschik et al. 1995, Hummel, W, & Vrancken, 1995, y con la información de datos de la página web¹ y nuestras observaciones logramos analizar el comportamiento espectroscópico de la línea H) y nuestra observación graficamos las variaciones de la intensidad de emisión del ala azul y del ala roja desde 1989 hasta el 2008 (ver figuras 1 y 2). La emisión en el azul más intensa tiene un valor de 7.15 y en el rojo fue de 7.20 mientras que la mínima intensidad fue registrada en septiembre de 2008 con un valor de 0.43 para el azul y 0.50 para el rojo. Entre 1989 y 2008 la variación V/R fue casi constante oscilando entre 0.85 a 1.15. Además se observa que entre los años 1989 y 1996 las variaciones de los anchos equivalentes oscilaron entre 35.1 y 59.7 (ver figura 3). En la figura 4 se muestra las variaciones del perfil H α con el tiempo. Observamos que 66 Oph presentó una fase estable entre los años 1989 y 1996. A partir de dicha fecha la línea H α comenzó a perder su emisión en forma lenta y monótona. Podríamos calificar que la estrella está ingresando a una fase B normal. Este comportamiento puede ser interpretado en términos de la dilución de la envoltura circumestelar. Es importante continuar con una campaña de observación de este objeto para detectar el inicio de una nueva fase de actividad estelar.

48 Lib

Aréas, L. & Cidale, L. (2006) realizaron un estudio espectroscópico del comportamiento que manifestó la estrella Be 48 Lib entre los años 1990 y 2005. En base a una recopilación exhaustiva de material bibliográfico, permitió reconstruir la curva de la velocidad radial y variaciones V/R a partir de 1904. Se encontró que las variaciones en las líneas espectrales (anchos equivalentes, intensidades y velocidades radiales), observadas entre 1990 y 2005, fueron similares a la de los ciclos anteriores pero la duración de este último ciclo fue de 14 años.

En el presente trabajo damos continuidad al estudio espectroscópico en forma periódica, dado que las observaciones sobre largos lapsos de tiempo nos permitirán revelar la evolución de los discos de las estrellas Be.

Las variaciones de los máximos de intensidad de la emisión en el azul como en el rojo se muestran en las figuras 5 y 6. Actualmente el perfil de la línea H α presenta una relación V/R > 1 (siendo la máxima intensidad en el azul de 5.40 y en el rojo fue de 4.22) en claro contraste con la observación de la línea realizada en 1996 donde la mínima intensidad en el azul fue de 1.61 y en el rojo fue de 0.36. Se observa además que el perfil de H α presenta un desplazamiento en velocidad radial. La figura 7 muestra las variaciones del perfil H α versus tiempo. En la figura 8 se muestra el comportamiento en velocidad radial de las líneas metálicas y miembros altos de la

serie de Balmer, el cual presenta un movimiento cíclico de amplitud variable. Comienza a observarse un desplazamiento sistemático de las líneas hacia el observador.

CONCLUSIONES

Entre 1989 y 1996, 66 Oph presentó una fase estable. A partir de 1996 la línea H comenzó a perder su emisión lentamente y sostenida. Este comportamiento puede ser interpretado en términos de la dilución de la envoltura circumestelar. Concluimos en consecuencia que la estrella está ingresando a una fase B normal. Es importante continuar con una campaña de observación de este objeto para detectar el inicio de una nueva fase de actividad estelar.

Para la estrella Be 48 Lib, actualmente el perfil de la línea H presenta una relación $V/R > 1$ (siendo la máxima intensidad en el azul de 5.40 y en el rojo fue de 4.22) en claro contraste con la observación de la línea realizada en 1996 donde la mínima intensidad en el azul fue de 1.61 y en el rojo fue de 0.36. Además el perfil de H presenta un desplazamiento en velocidad radial.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Lydia Cidale por sus orientaciones técnicas y científicas.

A la Dra. María Pineda de Carías, que por sus efectivas gestiones ante la DICU-UNAH logró conseguir fondos para cubrir los gastos en que se incurrió para la elaboración del presente proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert, E. & Huang, S. Profiles of emission lines in Be stars. III. Further study of the long-period V/R variation. *The Astrophysical Journal*. 1974; (189): 479-483.
- Aréas, Zavala, L, Cidale, L, Zorec, J & Chauville, J. The Behaviour of the Circumstellar of HR 5941. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Conference Series*. 2006; (26): 166.
- Floquet, M, Neiner, C, Briot, D, Chauville, J, Hubert, A. M, & Ballereau, D. Pulsations in 66 Oph: Multiperiodicity in He I 6678. *ASP Conference Series*. 2000; (214): 256-259.
- Hanuschik, R. W, Stefl, S, Hummel, W, and Vrancken. M, Observation of a V=R

Transition in the Be Star 66 Oph. Information Bulletin on Variable Stars. 1995; 4174: 1.

Huang, S. S. Profiles of Emission Lines in Be Stars. Astrophysical Journal. 1972; (171): 549-564.

Huang, S. Profiles of emission lines in Be stars. II. Interpretation of the long-period V/R variation. Astrophysical Journal. 1973; (183): 541-554.

Hummel, W. & Vrancken, M. Non-axisymmetric Be star circumstellar disks. Astronomy and Astrophysics. 1995; (302): 751-764.

Okazaki, A. T. Long-term V/R variations of Be stars due to global one-armed oscillations of equatorial disks. Astronomical Society of Japan; 1991; (43): 75-94.

Okazaki, A. T. Theory of Global Disk Oscillations. ASP Conference Series. 2000; (214): 409-421.

[Http://www.astrosurf.com/buil/us/becat.htm](http://www.astrosurf.com/buil/us/becat.htm)

ANEXOS

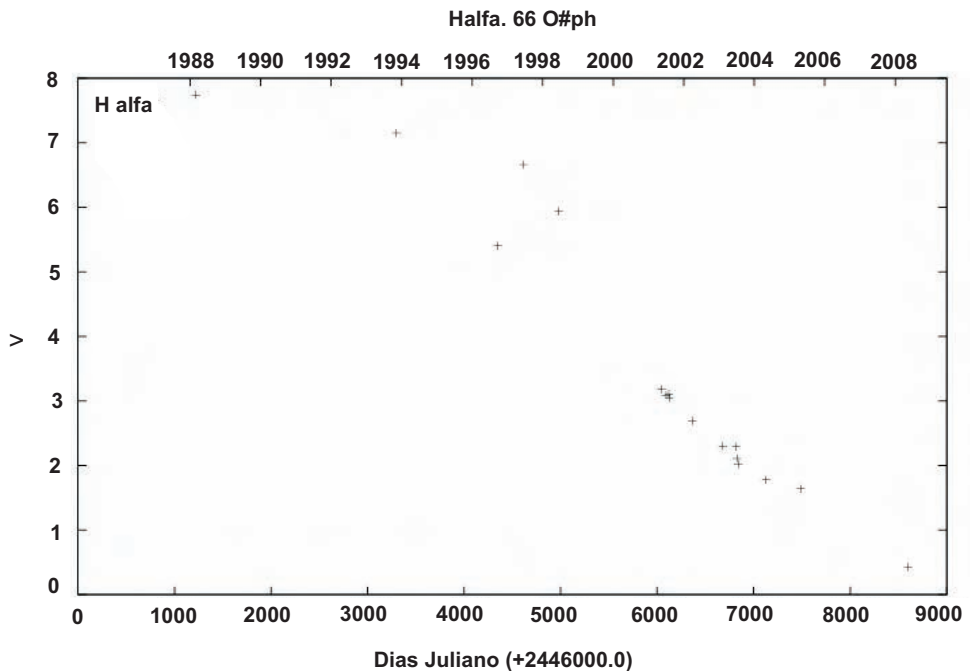


Figura 1: 66 Oph. Variación de la intensidad de emisión del ala azul en la línea de emisión de H

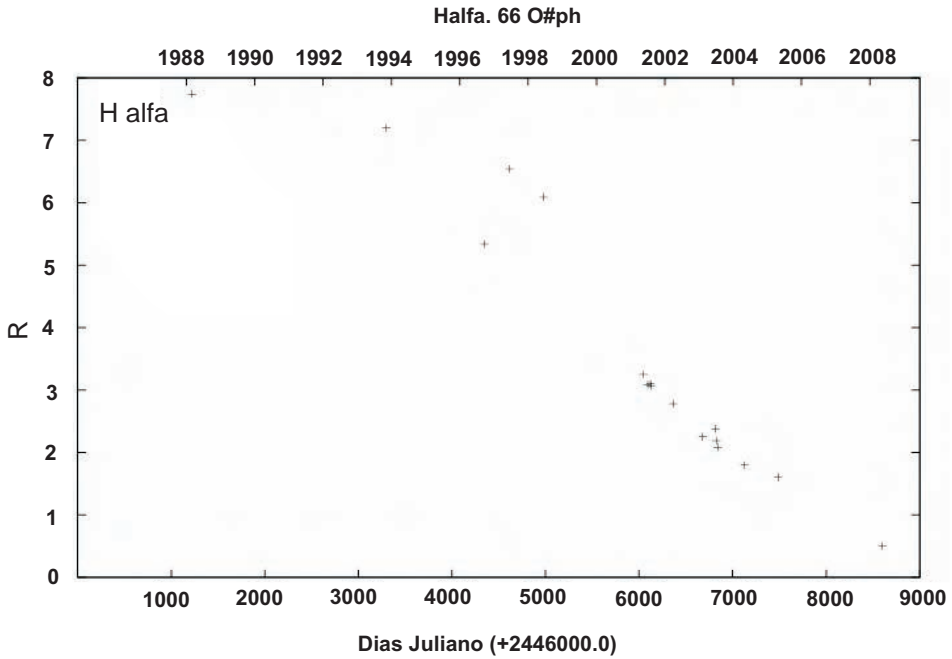


Figura 2: 66 Oph. Variaciones de la intensidad en la emisión roja de H .

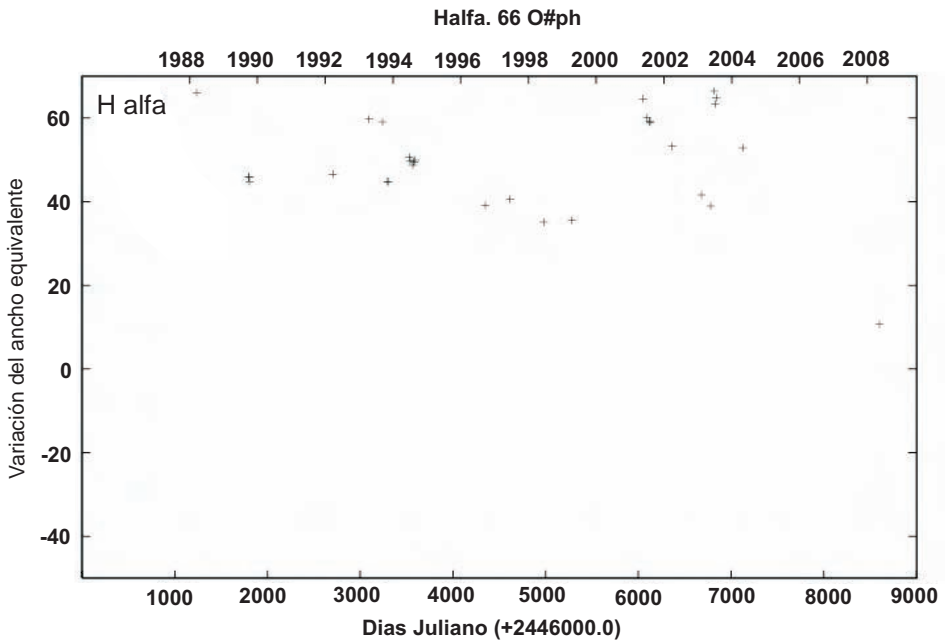


Figura 3: 66 Oph. Variaciones del ancho equivalente de H .

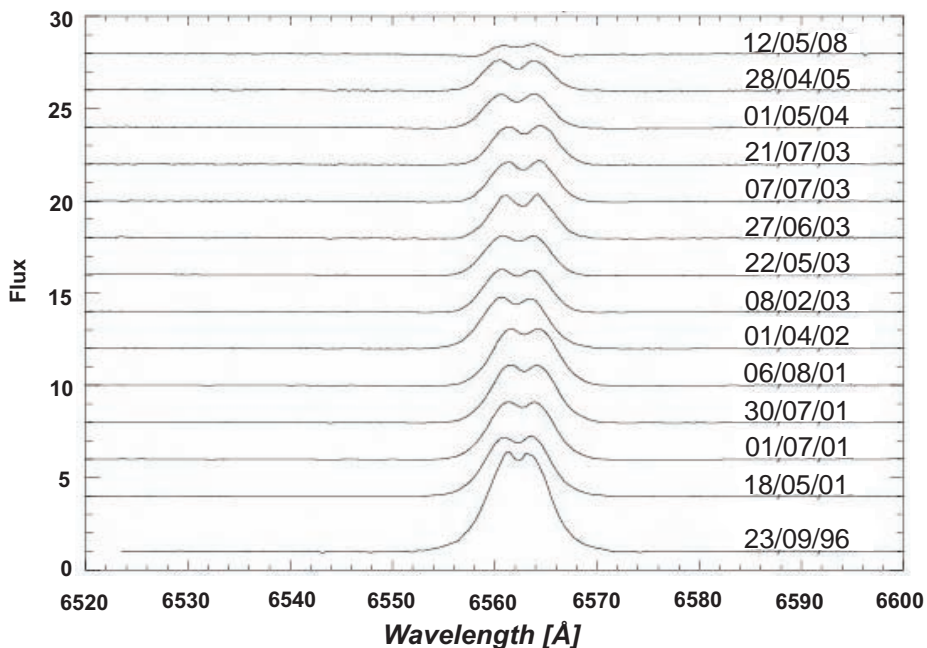


Figura 4: 66 Oph: Variaciones del Perfil H α durante el período 1996 al 2008.

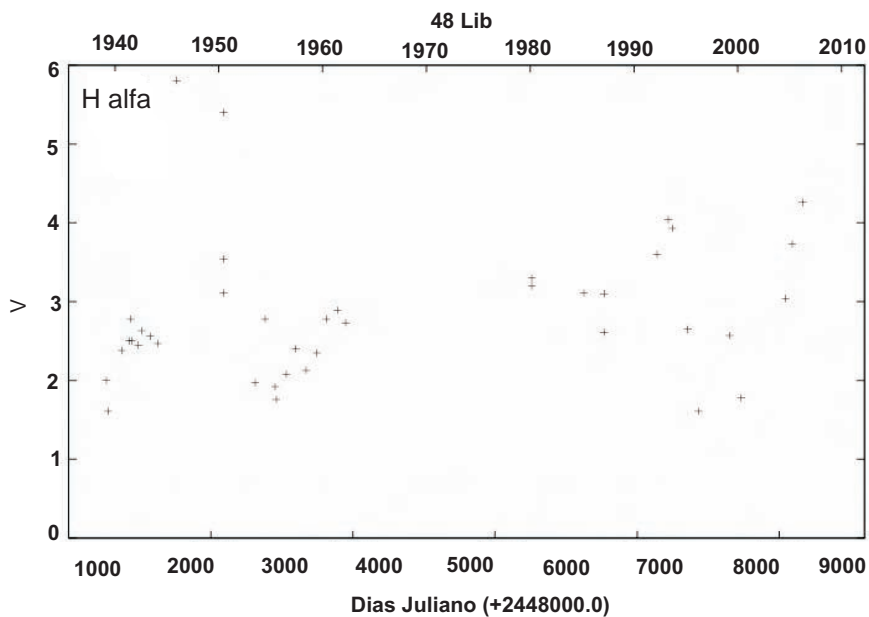


Figura 5: 48 Lib. Variaciones de los máximos de intensidad de la emisión azul del perfil H α durante el período 1938 al 2006

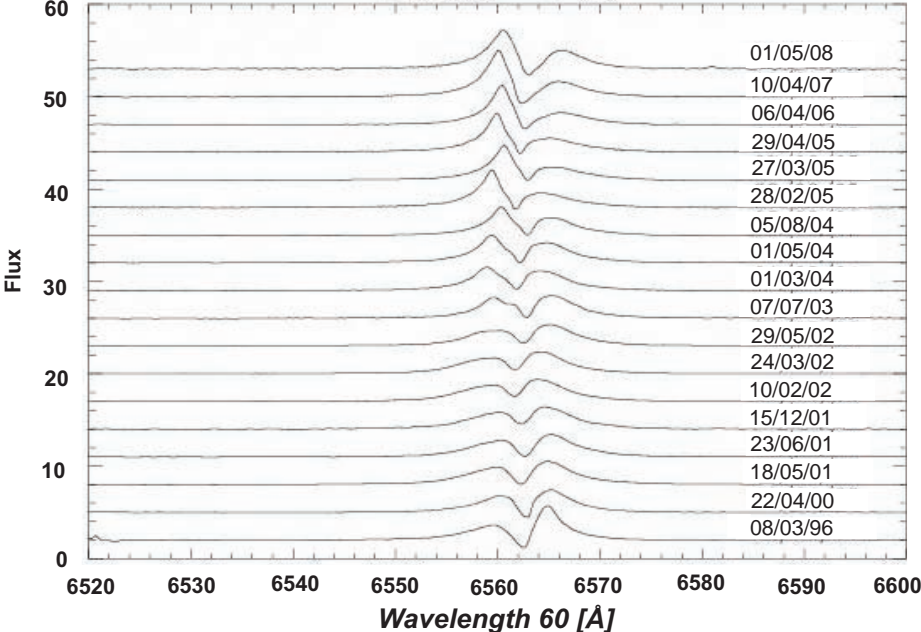


Figura 7: 48 Lib. Variaciones del perfil H durante el periodo 1996 al 2008

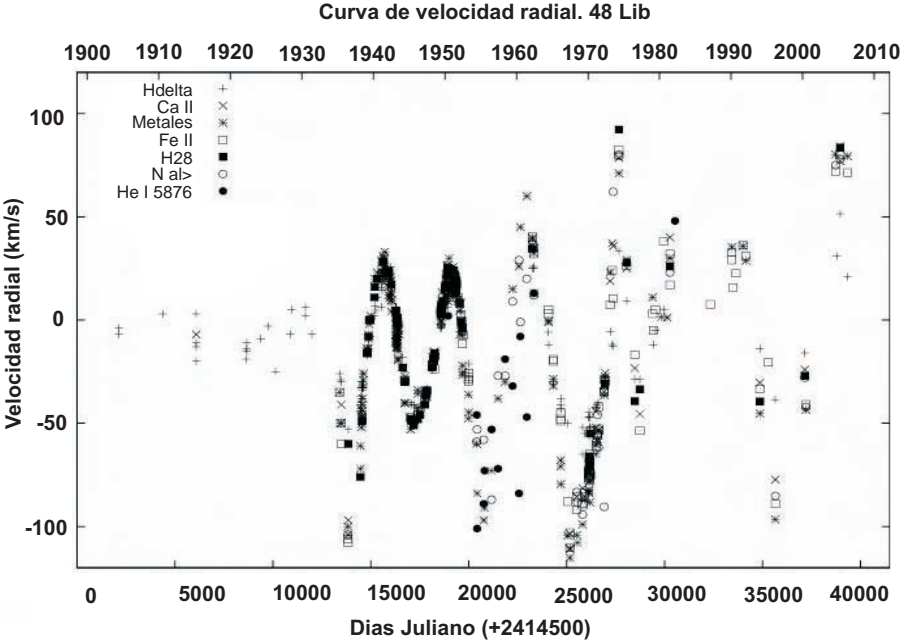


Figura 8: 48 Lib. Comportamientos de las velocidades radiales de las líneas espectrales de 48 Lib., entre los años 1904 y 2006.