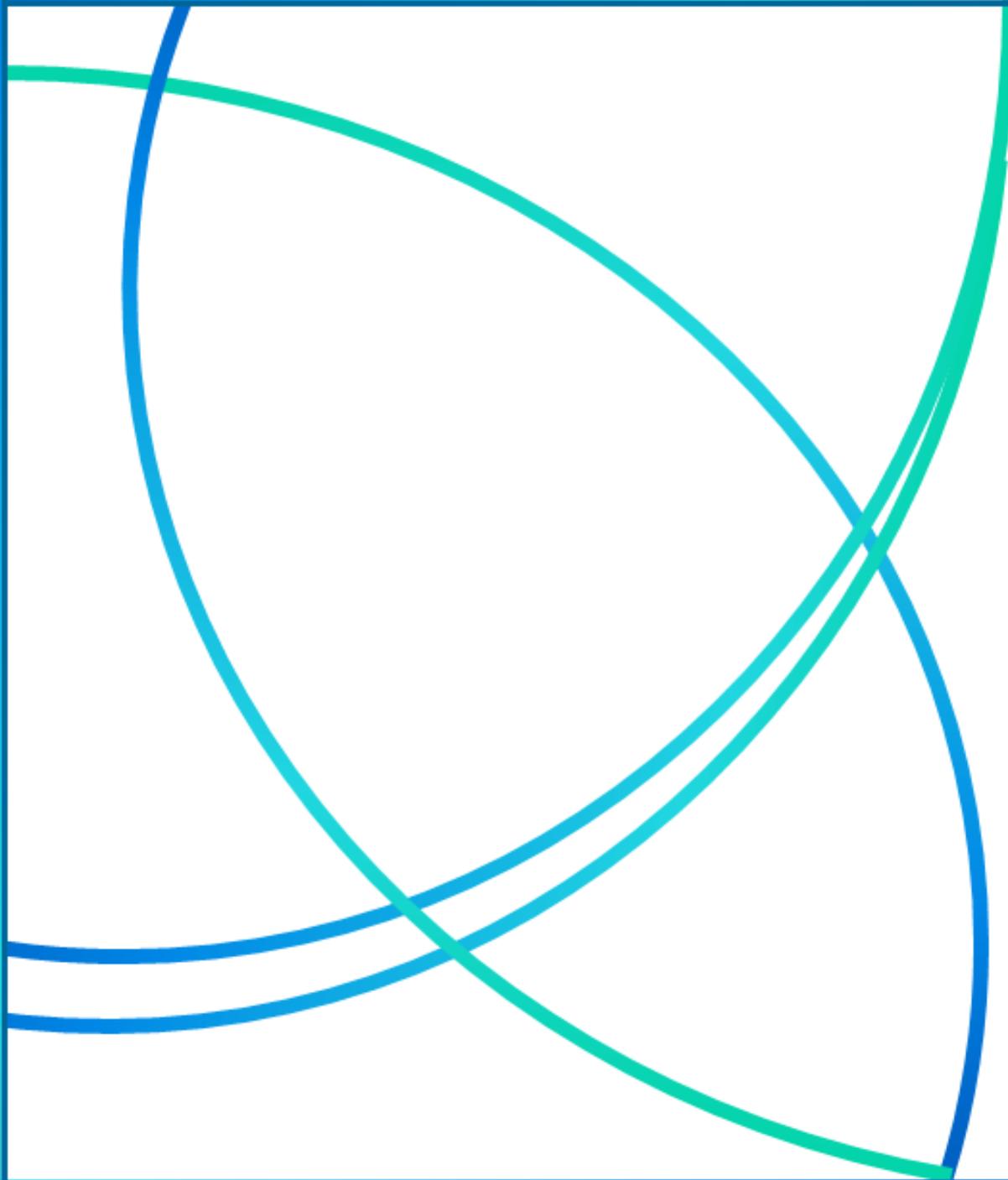




Depósito Legal ppi 201502ZU4668

**Vol. 24, N° 2**  
**Abril – Junio 2016**

# CIENTÍFICA



Esta publicación científica en  
formato digital es continuidad de  
la revista impresa  
Depósito Legal: pp 199302ZU47  
ISSN:1315-2076

**An International Refereed Scientific Journal  
of the Facultad Experimental de Ciencias  
at the Universidad del Zulia**

CIENCIA 24(2), 95-103, 2016  
Maracaibo, Venezuela

## **Análisis de observaciones espectroscópicas de dos estrellas post-AGB: Determinación de la velocidad radial**

**Patricia Rosenzweig L.<sup>1,\*</sup>, Gabriela García Lugo<sup>1</sup>, José A. Meléndez F.<sup>1</sup>,  
Wilmer Useche<sup>1</sup>, María-Teresa Celis<sup>2</sup> y Dan Pooley<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Grupo de Astrofísica Teórica (GAT), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

<sup>2</sup>Laboratorio de Polímeros y Coloides, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

<sup>3</sup>Department of Physics and Astronomy, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand

Recibido: 18-01-16 Aceptado: 28-04-16

### **Resumen**

Se analizaron los espectros en alta resolución de las estrellas post-AGB, HD 133656 y HD 114855, obtenidos en el año 2003, utilizando el espectrógrafo HERCULES, del telescopio reflector de 1-m del Observatorio Mt. John, de la Universidad de Canterbury (Nueva Zelanda); cubriendo la región  $\lambda \sim 4.500 - 7.160 \text{ \AA}$ , con  $R = 41.000$  y una dispersión  $\sim 2 \text{ \AA/mm}$ . Utilizando criterios estándares de selección para líneas fotosféricas, con corrección heliocéntrica, se calcularon las velocidades radiales individuales para cada línea. Se identificaron 46 líneas para HD 133656 y 151 líneas para HD 114855, obteniendo velocidades radiales de  $(-9,5 \pm 0,9) \text{ km/s}$  y  $(-3,6 \pm 0,5) \text{ km/s}$ , respectivamente. Además, se observaron las líneas de la serie de Balmer ( $H\alpha$  y  $H\beta$ ). Las velocidades radiales calculadas para HD 133656 son  $-17,4 \text{ km/s}$  y  $-5,3 \text{ km/s}$ , y en el caso de HD 114855,  $-10,6 \text{ km/s}$  y  $-10,5 \text{ km/s}$ , para  $H\alpha$  y  $H\beta$  respectivamente. Se concluye que las diferencias entre la velocidad radial de las líneas fotosféricas y la velocidad radial de las líneas de la serie de Balmer, de ambas estrellas, indica la presencia de movimientos turbulentos en sus atmósferas, confirmando que ambas estrellas están en la fase post-AGB.

**Palabras clave:** estrellas post-AGB, velocidad radial, líneas fotosféricas. Estrellas Individuales: HD 133656, HD 114855.

### **Analysis of spectroscopic observations of two post-AGB stars: Determination of their radial velocity**

#### **Abstract**

High resolution spectra of two post-AGB stars, HD 133656 and HD 114855, obtained in 2003 with the 1-m reflector telescope of Mt. John Observatory at the University of Canterbury (New Zealand), were analyzed. These spectra cover the region  $\lambda \sim 4.500 - 7.160 \text{ \AA}$ , with  $R = 41.000$  and a dispersion of  $\sim 2 \text{ \AA/mm}$ .

Applying standard selection criteria for the photospheric lines, with a heliocentric correction, the individual radial velocities of each line were calculated. With the identification of a total of 46 lines for HD 133656 and 151 for HD 114855, the radial velocities derived are  $(- 9.5 \pm 0.9)$  km/s and  $(- 3.6 \pm 0.5)$  km/s, respectively. Moreover, the Balmer series lines ( $H\alpha$  and  $H\beta$ ) were observed. The calculated radial velocities for HD 133656 are  $- 17.4$  km/s and  $- 5.3$  km/s, and for HD 114855 are  $- 10.6$  km/s and  $- 10.5$  km/s, for  $H\alpha$  and  $H\beta$  respectively. These differences, between the radial velocities of the photospheric lines and the radial velocities of the Balmer series lines, indicate turbulent movements in their atmospheres, which is expected for post-AGB stars.

**Keywords:** post-AGB stars, radial velocity, photospheric lines. Individual Stars: HD 13356, HD 114855.

## 1. Introducción

Las estrellas post-AGB se encuentran en la última etapa de la evolución de las estrellas de masa baja e intermedia, ubicándose así entre las etapas AGB y Nebulosa Planetaria (Planetary Nebulae, PN). Se caracterizan por poseer una  $M < 9 M_{\odot}$  (1) y son conocidas como PPN (Proto-Planetary Nebulae), o post-AGB. Dado que al final de la etapa de evolución AGB, la mayor parte de la envoltura exterior de estas estrellas ha sido expulsada, es común observar conchas circunestelares a su alrededor.

Luego de sufrir fuertes cambios, estas estrellas dejan un núcleo cuya masa es  $M < 1,44 M_{\odot}$ , valor que está por debajo del límite de Chandrasekhar (2). Es decir, estas estrellas culminarán su evolución como estrellas Enanas Blancas.

Las estrellas post-AGB, se caracterizan por la presencia de vientos estelares fuertes y una expulsión de masa  $\sim 10^{-7}$  a  $10^{-4} M_{\odot}/\text{año}$  (1). Además, poseen un material circunestelar que luego se ioniza para originar una Nebulosa Planetaria; posteriormente, se enfrían y convierten en Enanas Blancas (1).

Estas características hacen que estas estrellas presenten variabilidades que se manifiestan en sus parámetros estelares básicos, tal como la velocidad radial. En este trabajo se analizan los espectros de alta resolución de dos estrellas post-AGB (HD 133656 y HD 114855), con el fin de derivar sus velocidades radiales, como parte de un extenso estudio de este importante parámetro físico (3; 4 y 5); y basado en la necesidad de crear una base de datos completa, homogénea y precisa de velocidades radiales de estrellas tipo post-AGB.

### 1.1.- Caso HD 133656

La estrella post-AGB HD 133656 (SAO 225457 e IRAS 15039-4806), tiene coordenadas celestes [ $\alpha$  (2000) =  $15^{\text{h}} 07^{\text{m}} 27^{\text{s}}, 44$ ;  $\delta$  (2000) =  $- 48^{\circ} 17' 53'' ,87$ ] y coordenadas galácticas  $b = 8^{\circ} 65'$ ;  $l = 325^{\circ} 04'$ , su latitud galáctica la coloca a más de 1.500 pc sobre el plano galáctico, como si se tratara de una verdadera estrella supergigante masiva (6).

Por otra parte, hay aún controversias sobre el tipo espectral de esta estrella y sobre sus parámetros básicos. Efectivamente, Humphreys (7) la clasifica como una estrella tipo A2 Iab; en cambio, según Olsen (8), es una estrella tipo cA0p.

Mas aún Kennedy (1977), citado en Olsen (8), afirma que es A5 Iab y A2 Iab. Por su parte, van Winckel et al. (6) afirman que es tipo espectral F y Parthasarathy et al. (9) reportan que es una A3 I.

Respecto a la temperatura efectiva (Teff) y la gravedad superficial (g) de esta estrella, van Winckel et al. (6) reportan valores  $T_{\text{eff}} = 8.000 \text{ K}$  y  $\log(g) = 1$ ; en cambio, Monier y Parthasarath (10), obtienen los siguientes valores:  $T_{\text{eff}} = 8.750 \text{ K}$  y  $\log(g) = 2,5$ .

Además, Winckel et al. (6) y Monier y Parthasarath (10), calcularon la metalicidad de esta estrella siendo  $[\text{Fe}/\text{H}] = -1$ . van Winckel (1) señala que este valor de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  es de manera significativa bajo para una estrella post-AGB e indica que esto se debe a una deficiencia en metales. Por otro lado, los valores obtenidos de la magnitud visual aparente de esta estrella se encuentra en el rango  $7,509 < V < 7,534$  (6) y  $V = 7,51$  (7), indicando que es una estrella brillante. Además, HD 133656 muestra un exceso en el infrarrojo, tiene una densidad del material circunestelar de  $\rho = 3 \text{ gr/cm}^3$  y con pérdida de masa  $\sim 5 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{año}$  (6).

Una peculiaridad interesante de esta estrella hace referencia a la línea H $\alpha$ . Según van Winckel et al. (6), a partir de espectros normalizados de HD 133656, obtenidos entre 1993 y 1995, se muestra la variabilidad de las componentes roja y azul de la línea H $\alpha$ , en una escala de tiempo menor que un mes. Este comportamiento del perfil de H $\alpha$  es observado en las supergigantes de tipo F de altas latitudes galácticas.

Por último, para el principal propósito del presente trabajo, es relevante señalar que, únicamente se pudo encontrar un estudio sobre la velocidad radial de HD 133656 (11), con

un valor  $V_r \sim -10 \text{ km/s}$ , inferido de un espectro de baja resolución, obtenido mediante el espectrómetro CORAVEL, acoplado al telescopio Swiss en el Observatorio de Haute-Provence.

## 1.2.- Caso HD 114855

La estrella HD 114855 [ $\alpha$  (2000) =  $13^{\text{h}}14^{\text{m}}08^{\text{s}},269$ ;  $\delta$  (2000) =  $-54^{\circ} 41' 34'',63$ ] ha sido objeto de muy pocos estudios, enfocándose la mayoría de ellos en análisis fotométricos y muy pocos reportan observaciones espectroscópicas y señalan los valores derivados de su velocidad radial (12, 13 y 14).

Se trata de una estrella pulsante semiregular, con una temperatura efectiva y una gravedad superficial de  $6.000 \text{ K}$  y  $\log(g) = 0,5$  (14). Su abundancia química, muestra una gran cantidad de Fe I, Fe II, Cr I, Ni I, Si I, destacando el hecho de que aparecen líneas fuertes de C I y N I que son clara evidencia del proceso CNO en la estrella, concluyendo que es candidata a estrella post-AGB (14).

Un aspecto resaltante de HD 114855 es su estado evolutivo; de hecho, Walker y Wolstencroft (15) propusieron que este objeto estelar es un candidato a sistema proto planetario debido a su exceso en el infrarrojo, específicamente en la banda  $60 \mu\text{m}$ . Más tarde, Oudmaijer (16) asevera que es una estrella muy similar a una post-AGB, debido a su característica como supergigante (F5 Ia/Iab, según Houk et al. (17)). Algunos trabajos hacen referencia a la variabilidad en su magnitud; sin embargo, Oudmaijer (16) establece que dicha variabilidad es incierta. Por su parte, Makarov et al. (18) establecen que es una estrella variable con  $V_{\text{max}} \sim 8,59$  y  $V_{\text{min}} \sim 9,15$ .

Por otro lado, la velocidad radial de HD 114855 ha sido calculada en varias ocasiones. De hecho De Medeiros et al.

(12), obtuvieron un espectro con los espectrómetros CORAVEL, colocados en el telescopio Swiss de 1-m ubicado en el observatorio Haute - Provence, Saint Michel (Francia) y en el telescopio Danish de 1,54 m del ESO, La Silla (Chile).

La velocidad radial fue obtenida por correlación de este espectro con una plantilla física binaria (0,1), construida a partir del espectro de una estrella tipo K2III (Arcturus) e incorporada en los espectrómetros. El tiempo de integración típico fue de 5 min y la reducción de los datos se realizó con los procedimientos estándares (19; 20 y 21). El error para la velocidad radial fue derivado de un error instrumental añadido a los errores producidos por el S/N, los cuales son estimados a partir de los parámetros de las observaciones.

Según De Medeiros et al. (12), HD 114855 tiene una velocidad radial de  $(-5,58 \pm 0,34)$  km/s y de acuerdo a Gontcharov (13) es  $(5,4 \pm 0,4)$  km/s. Por su parte, Giridhar et al. (14) calculan la velocidad radial a partir de observaciones realizadas entre 2006 y 2009, obteniendo los siguientes valores:  $(-3,3; -2,6; +73,0; -13,6; +2,5)$  km/s. Giridhar et al. (14) resaltan el hecho de que su estudio se enfocó en la composición química de estrellas candidatas a post-AGB. Es relevante indicar que el estudio realizado por estos autores se basa en espectros de menor resolución que el espectro del presente estudio ( $R = 24.000$  y  $R = 28.000$ ). El resultado obtenido en el presente trabajo, aunado a la evidente variabilidad asociada a esta estrella, permitiría dilucidar en un estudio posterior, si existe una periodicidad en su velocidad radial.

## 2.- Material observacional

Se analizó un espectro de HD 133656, que fue obtenido el 8 de agosto

de 2003 (HJD 2452859,902) con tiempo de exposición  $\sim 20$  minutos; por su parte, HD 114855 fue observada el 9 de agosto de 2003 (HJD 2452860,940) con tiempo de exposición  $\sim 40$  minutos. Ambos espectros fueron obtenidos utilizando un CCD con un arreglo de  $1.024 \times 1.024$  píxeles de 23 micrones, acoplado al espectrógrafo HERCULES (High Efficiency and Resolution Canterbury University Large Echelle Spectrograph) (22) de la Universidad de Canterbury, en el telescopio reflector de 1-m Mclellan de tipo Cassegrain y óptica Dall-Kirkham, del Observatorio Mt John (Nueva Zelanda), cubriendo el rango  $\lambda \sim 4.500 - 7.160 \text{ \AA}$ , distribuidos en 47 órdenes, con  $R = 41.000$  y una dispersión  $\sim 2 \text{ \AA/mm}$ . La estimación del S/N para el continuo es 50:1 en el rojo y 30:1 en el azul, inferida por inspección de ambos espectros. Se emplearon las sub-rutinas de Starlink y el Hercules Reduction Software Package (HRSP), desarrolladas en el Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Canterbury. Se utilizó una lámpara de Th-Ar para la calibración de la longitud de onda.

## 3.- Análisis de los resultados

Mediante las sub-rutinas del Software IRAF (Image Reduction and Analysis Facility), se obtuvo la longitud de onda asociada a cada línea por aproximación gaussiana.

En los espectros analizados, el proceso de selección de las líneas fotosféricas se realizó considerando criterios estándares como: (i) la profundidad del centro de la línea debe ser, por lo menos, el 10% del continuo local para que dicha línea no sea catalogada como ruido; (ii) la línea debe tener un perfil aproximadamente simétrico comparable con la curva de calibración (gaussiana); (iii) el perfil de las líneas debe contener el mínimo de ruido

o de interferencia posible; además, no debe estar contaminado por el perfil de otras líneas espectrales.

En general, a medida de que el espectro sea más ruidoso es necesario seleccionar las líneas más fuertes para el cálculo de la velocidad radial. De modo que como buena aproximación, una línea cuyo centro esté a 3-sigma por debajo del continuo, asegura una buena selección de la misma.

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados y teniendo el valor de la longitud de onda de cada línea espectral, se identificaron los elementos químicos utilizando la Tabla de Multipletes de Moore (23). Luego, aplicando el efecto Doppler a cada una de las líneas medidas de los espectros, se determinó la velocidad radial para cada una de ellas, incorporando la corrección heliocéntrica.

Posteriormente, se obtuvo la velocidad radial promedio, así como la desviación estándar. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1. Para el cálculo de  $V_r$ , no se incluyeron las líneas  $H\alpha$  y  $H\beta$  de la serie de Balmer, las cuales fueron tratadas por separado. Se observa que los valores de la velocidad radial promedio de las estrellas estudiadas, se encuentra en el rango de valores obtenidos en estudios previos.

Tal como se indica en la Tabla 1, algunas especies atómicas identificadas en HD 133656 son, Fe I, Fe II, Ti II, Cr II, Mg I, Mg II y Si II; donde el Fe II representa el 54% del resto de las líneas identificadas. El mismo caso se observa en la estrella HD 114855, donde las especies atómicas identificadas son, Fe I, Fe II, Si I, Si II, Sc II, Cr I, Cr II, siendo el Fe I el de mayor frecuencia con un 60% del total de las líneas identificadas.

### 3.1.-Notas individuales sobre las estrellas

**HD 133656:** Para la línea  $H\alpha$ , se obtuvo una  $V_r = -17,4$  km/s, siendo este valor casi el doble del promedio de la velocidad radial de las líneas fotosféricas. Esta línea no muestra un perfil P-Cygni; en cambio, puede observarse una fuerte absorción en su parte central; mientras que, las componentes azul y roja se encuentran en emisión. Es de notar que, la componente azul es más fuerte que la componente roja (Figura 1). La presencia de estas emisiones y la absorción en la parte central de la línea, son características comunes en estrellas que se encuentran en la etapa post-AGB, indicando la presencia de un material circumestelar (24). La diferencia existente entre las velocidades radiales de las líneas fotosféricas y de la línea  $H\alpha$ , junto con la descripción antes mencionada del perfil  $H\alpha$ , indican que la estrella HD 133656 presenta movimientos turbulentos en su atmósfera.

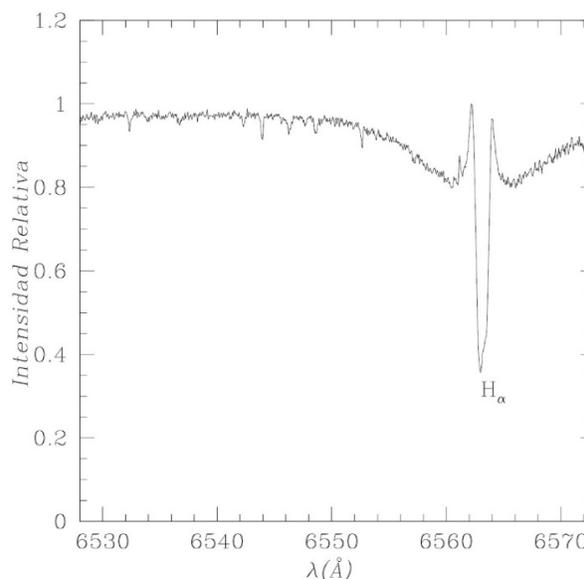


Figura 1: La línea  $H\alpha$  de la estrella HD 133656, observada en el espectro bajo estudio.

Por su parte, la línea H $\beta$  se observa en total absorción; tal como lo confirma Parthasarathy et al. (9). Esta línea presenta un gran ensanchamiento de las alas de su perfil (Figura 2), probablemente debido a la presión electrónica. La velocidad radial derivada para la línea H $\beta$ , indica que existe una diferencia con la velocidad radial promedio de las líneas fotosféricas. Este hecho, aunado al ensanchamiento del perfil de la línea, se suma a lo antes mencionado sobre la existencia de movimientos turbulentos en la atmósfera de HD 133656.

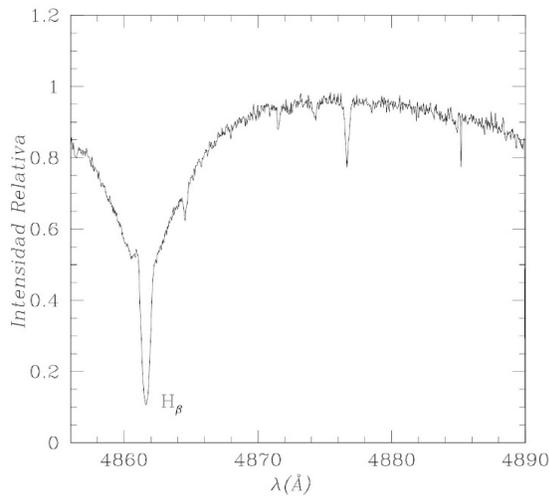


Figura 2: La línea H $\beta$  de la estrella HD 133656, observada en el espectro bajo estudio

**HD 114855:** El valor calculado de la velocidad radial de HD 114855 (Tabla 1), se encuentra en el rango de valores de velocidades radiales obtenidas anteriormente (12; 13 y 14) y demuestra una evidente variabilidad de la velocidad radial de la estrella.

Las líneas H $\alpha$  y H $\beta$  de la serie de Balmer de esta estrella, presentan un perfil en absorción (Figuras 3 y 4, respectivamente). Sin embargo, para H $\alpha$  se observa un pequeño ensanchamiento cerca de sus alas.

Los valores de la velocidad radial derivados para estas líneas, se pueden observar en la Tabla 1. Al igual que para HD 133656, la marcada diferencia de estas velocidades radiales con la velocidad radial de las líneas fotosféricas, evidencia movimientos fuertes en la atmósfera de HD 114855.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos para las velocidades radiales promedios de las estrellas estudiadas y la velocidad radial de las líneas de la serie de Balmer.

Estrella	Total de Líneas Fotosféricas Identificadas	Velocidad Radial Promedio (km/s)	Velocidad Radial de las Líneas de la Serie de Balmer (km/s)		Especies atómicas	Corrección Heliocéntrica (km/s)
			H $\alpha$	H $\beta$		
HD 133656	46	-9,5 $\pm$ 0,9	-17,4	-5,3	Fe II, Fe I, Ti II, Cr II, Mg I y Si II	-25,1
HD 114855	151	-3,6 $\pm$ 0,5	6,3	2,6	Fe I, Fe II, Si I, Si II, Sc II, Cr I, Cr II	-21,7

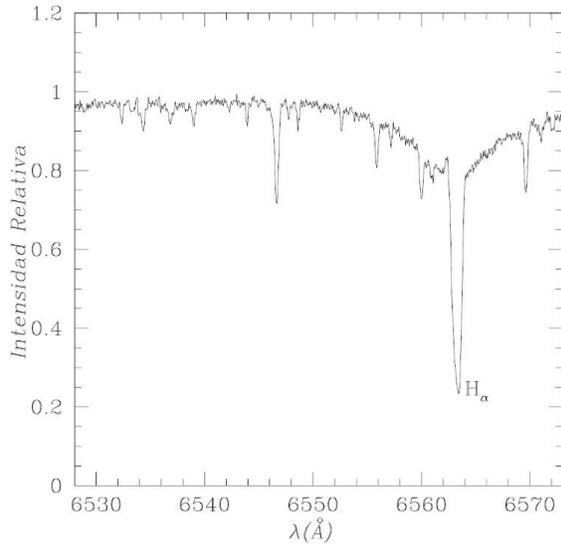


Figura 3: La línea H $\alpha$  de la estrella HD 114855, observada en el espectro bajo estudio

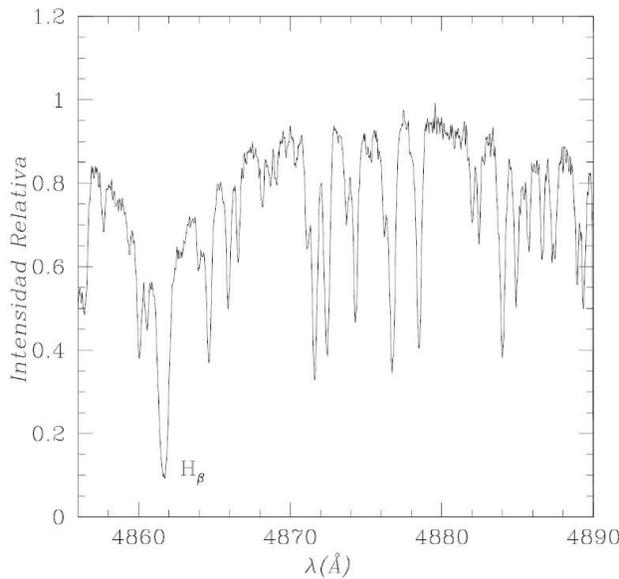


Figura 4: La línea H $\beta$  de la estrella HD 114855, observada en el espectro bajo estudio

### 3.2.- Velocidad radial de las líneas del doblete de Na I

En el espectro de ambas estrellas se alcanza a observar, por primera vez, el

doblete de Na I (Figura 5). Sin embargo, es de hacer notar que las líneas del doblete de Na I son muy profundas; por lo que, probablemente son de origen interestelar, lo cual es normal para estrellas distantes de tipo temprano. Debido a esto, puede inferirse que la velocidad radial del medio interestelar involucrado, es diferente a la velocidad radial de la estrella; por ello, para el análisis de la velocidad radial de HD 133656 y HD 114855, no se han calculado las velocidades radiales del doblete de Na I.

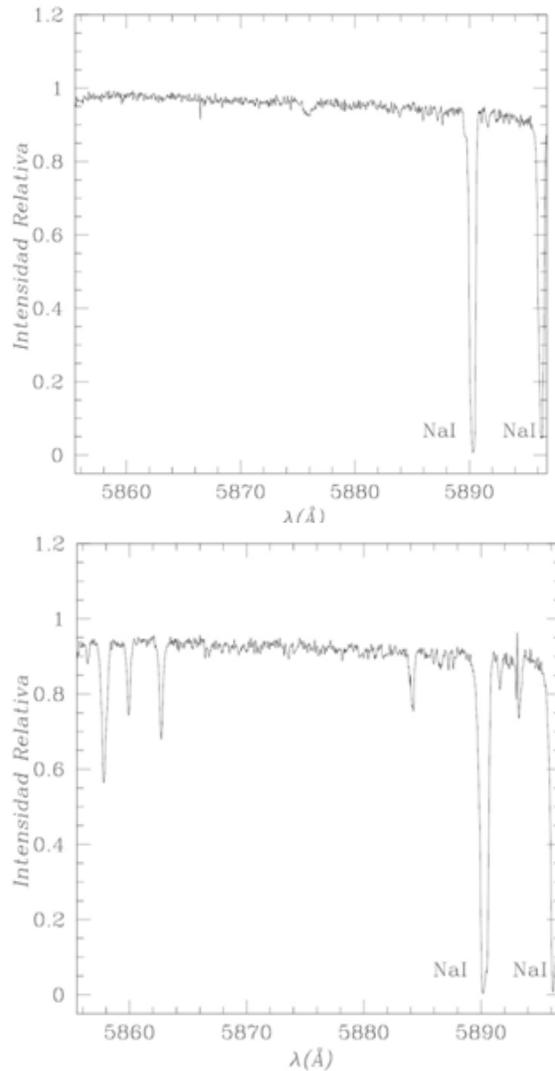


Figura 5: Dobletes de Na I de las estrellas HD 133656 y HD 114855, observados en los espectros bajo estudio. Probablemente, son de origen interestelar

#### 4.- Conclusiones

Se identificó un número significativo de líneas fotosféricas para ambas estrellas (46 y 151 para HD 133656 y HD 114855, respectivamente). Se observa que el valor de la velocidad radial promedio calculado, para cada una de las estrellas, es más exacto. Dichos valores se encuentran dentro del rango de valores reportados por estudios previos, cuyo material observacional utilizado fue con espectros de menor resolución.

Las velocidades radiales de las líneas H $\alpha$  y H $\beta$  de la serie de Balmer para las dos estrellas, arrojan valores diferentes de la velocidad radial de las líneas fotosféricas, para cada caso. Esta diferencia de valores, comparada con la  $V_r$  promedio de las líneas fotosféricas, evidencian la existencia de movimientos turbulentos en sus atmósferas, típico de estrellas post-AGB; sin embargo, la ausencia de líneas de emisión y perfiles P-Cygni, en el rango espectral estudiado, indica que todavía estos movimientos no son tan violentos.

En el rango del espectro analizado de HD 133656, no se encontraron líneas con perfil P-Cygni, ni en emisión; excepto la línea H $\alpha$  que muestra sus componentes en emisión y su parte central en absorción. Esta es una característica común en estrellas post-AGB con material circumestelar.

La línea H $\beta$  de la estrella HD 133656 se encuentra completamente en absorción, con un ensanchamiento debido probablemente a la presión electrónica.

El presente trabajo representa una contribución a la base de datos de las velocidades radiales de las estrellas supergigantes analizadas.

#### Agradecimientos

Los autores agradecemos el apoyo financiero a través de los proyectos del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes: C-1682-09-05-F y C-1707-10-05-F. Además, por las acertadas observaciones de los árbitros.

#### Referencias bibliográficas

1. VAN WINCKEL H. *ARA&A* 41: 391 - 427. 2003.
2. VILLAVÉR E., GARCÍA SEGURA G., MANCHADO A. *Rev Mex AA* 22: 140 - 143. 2004.
3. GARCÍA G., DÍAZ F., ROSENZWEIG P., GUZMÁN E., PORRAS L., BARILLAS O., HEARNshaw J., POOLEY D., STEINHauer A. *RMF* 49, **Suplemento** 3: 73. 2003.
4. GUZMÁN E., ROSENZWEIG P., CASTILLO A., RODRÍGUEZ R., HEARNshaw J., POOLEY D. *Ciencia* 16 (2): 186. 2008.
5. ROSENZWEIG P., GARCÍA LUGO G., PEÑA L., BURGOS J., HEARNshaw J. *Ciencia*, 20(4): 241 - 247. 2012.
6. VAN WINCKEL H., OUDMAIJER R., TRAMS, N. *A&A* 312: 553 - 559. 1996.
7. HUMPHREYS R. *A&A* 19: 243 - 247. 1975.
8. OLSEN E.H. *A&AS* 37: 367 - 396. 1979.
9. PARTHASARATHY M., DRILLING J.S., VIJAPURKAR J., TAKEDA Y. *Publ. Astron. Soc. Japan* 64: 57. 2012.
10. MONIER R., PARTHASARATHY M. *A&SS* 255: 487 - 488. 1998.
11. VAN WINCKEL H. *A&A* 319: 561 - 577. 1997.
12. DE MEDEIROS J.R., UDRY S., BURKY G., MAYOR M. *A&A* 395: 97 - 98. 2002.

13. GONTCHAROV G.A.  
***Astronomical and Astrophysical Transactions***  
25: 145 - 148. 2006.
14. GIRIDHAR S., MOLINA R.,  
ARELLANO A., SELVAKUMAR  
G. ***MNRAS*** 406: 290 - 306. 2010.
15. WALKER H.J., WOLSTENCROFT  
R. D. ***PASP***, 100: 1509 - 1521.  
1988.
16. OUDMAIJER R. D. ***A&A*** 306:  
823 - 836. 1996.
17. HOUK N., COWLEY A.P.  
University of Michigan Catalogue  
of two - ***Dimensional spectral  
types for the HD stars.***  
Volume I. Michigan (USA). 1975.
18. MAKAROV V., BASTIAN U., HOG  
E., GROSSMANN V., WICENEC,  
A., ***IAU Inform. Bull. Var.  
Stars*** 4118: 1. 1994.
19. DUQUENNOY A. ***A&A*** 178: 114 -  
130. 1987.
20. DUQUENNOY A., MAYOR M.,  
HALBAWACHS J.L. ***Astron.  
Astrophys. Suppl.*** 88: 281 -  
324. 1991.
21. DE MEDEIROS J.R., MAYOR M.  
***Astron. Astrophys. Suppl.***  
139: 433 - 460. 1999.
22. HEARNshaw J.B., BARNES S.I.,  
KERSHAW G.M., FROST N.,  
GRAHAM G., RITCHIE R.,  
NANKIVELL G.R.,  
***Experimental Astron.***13: 59 -  
76. 2002.
23. MOORE C.A ***Multiplet Table of  
Astrophysical Interest,***  
Revised Edition. Washington:  
NSRDS. 1972.
24. TRAMS N., WATERS L.,  
WAEKENS C., LAMERS H.,  
VAN DER VEEN W. ***A&A*** 218: L1  
- L4. 1989.



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA

---

## CIENCIA

*Vol. 24, N° 2 (2016)*

Esta revista fue producida y editada en formato digital en marzo de 2016,  
por el personal de la **Revista CIENCIA**, Oficina de Publicaciones Científicas  
de la Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia.

Maracaibo - Venezuela

[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)  
[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)  
[produccioncientifica.luz.edu.ve](http://produccioncientifica.luz.edu.ve)

**BIOLOGÍA/BIOLOGY**

Mejoramiento microbiológico de ratones convencionales BIOU:NMRI usando la técnica de Histerectomía

**Microbiological improvement of BIOU:NMRI conventional mice by Technology of Hysterectomy**

Adán Galúe y Rosa De Jesús  
(Mérida, Venezuela)

71

Constituyentes químicos y actividad antiinflamatoria de *Marcetia taxifoliade Marcetia taxifolia*

**Chemical constituents and anti-inflammatory activity of *Marcetiataxifolia***

Jani Baptista, Katuska Chávez, Fátima Torrico, Ernesto Trejo, Carmen C. Garcia, Jensaida Urbina, José Carrasco, Antonieta Taddei, Stephen Tillett y Alírica I. Suárez (Caracas , Venezuela)

82

**FÍSICA/ PHYSICS**

Análisis de observaciones espectroscópicas de dos estrellas post-AGB: Determinación de la velocidad radial

**Analysis of spectroscopic observations of two post-AGB stars: Determination of their radial velocity**

Patricia Rosenzweig L, Gabriela García Lugo, José A. Meléndez F., Wilmer Useche, María-Teresa Celis y Dan Pooley  
(Mérida, Venezuela)

95

**QUÍMICA/ CHEMISTRY**

Validation of a GC-MS method for the simultaneous determination of five coumarins derivatives in natural soil samples

**Validación de un método por CG-EM para la determinación simultanea de cinco derivados de cumarina en muestras de suelo natural**

Alberto de J. Oliveros-Bastidas, Luiz Claudio de Almeida Barbosa and Antonio J. Demuner  
(Caracas, Venezuela)

104

Especiación del fósforo en sedimentos de un río tropical venezolano y su posible impacto sobre el ecosistema

**Phosphorus speciation in sediments of a Venezuelan tropical river and its posible impacto n the ecosystem**

Aristide Márquez, Ángel González, William Senior y Antonio Benítez  
(Cumaná, Venezuela)

121