

## PRESENTACIÓN MURAL

### HDE 269896: UNA SUPERGIGANTE ESPECIAL DE LA NUBE MAYOR DE MAGALLANES

Mariela A. Corti<sup>1,2</sup>, Nolan R. Walborn<sup>3</sup>

(1) *Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), (CCT-La Plata) CONICET, Villa Elisa, Argentina.*

(2) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - UNLaPlata, Argentina.*

(3) *Space Telescope Science Institute, Baltimore, MD 21218, USA.*

**Abstract.** The star HDE 269896, a hypergiant in the Large Magellanic Cloud, with spectral type ON9.7 Ia<sup>+</sup>, is a special case within the known OB Zoo. We have discovered strong emission from the N II 5000 Å complex in its spectrum, and the previously known He II λ4686 emission, with an anomalous strength for the spectral type, has also been observed. Comparing HDE 269896 with other objects that show N II emission lines, such as WN10 and WN11 types, we find that this star is highly evolved, albeit less so than the latter stars. Thus, it is reasonable to propose that HDE 269896 should be in an immediate pre-WNVL (Very Late WN) state. Another characteristic of this star is the unusually wide range of ionization present in its extended atmosphere. Subsequent analysis of its spectrum will permit a better understanding of both the relevant atomic physics and the structure of this unusual atmosphere.

**Resumen.** La estrella HDE 269896, hipergigante de la Nube Mayor de Magallanes, con tipo espectral ON9.7 Ia<sup>+</sup>, es un caso particular dentro del zoológico OB conocido. Hemos encontrado en su espectro, una intensa emisión del complejo N II 5000 Å y se ha observado también una emisión de He II λ4686, la cual por su intensidad, resulta anómala para su tipo espectral. Comparando a HDE 269896 con otros objetos que muestran líneas de emisión de N II, como ser WN10 y WN11, resulta evidente que HDE 269896 es un objeto altamente evolucionado, aunque lo es menos que las estrellas WN10 y WN11. Por esto, resulta razonable proponer que HDE 269896 debe hallarse en un estado inmediato de pre-WNVL (*Very Late WN*). Otra particularidad presente en HDE 269896, es el inusualmente amplio rango de ionización que tiene lugar en su atmósfera extendida. Análisis posteriores de su espectro permitirán comprender mejor tanto la física atómica involucrada como la estructura de esta atmósfera inusual.

## 1. Introducción

La estrella HDE 269896 (Sanduleak (Sk) −68° 135;  $\alpha = 05:38:15$ ,  $\delta = -68:55:04$ , J2000) es una estrella OB considerada uno de los miembros más brillantes que

tiene la Nube Mayor de Magallanes. Su espectro despliega dos características inusuales: la línea en emisión de He II  $\lambda 4686$  con una intensidad no esperada para su tipo espectral relativamente tardío, y las líneas de CNO con intensidades relativas anómalas que definen a la clase supergigante ON. En los tipos espectrales muy tempranos, la emisión en  $\lambda 4686$  (Of) es una indicadora de luminosidad (Walborn & Fitzpatrick, 1990). La presencia de la misma en el espectro de HDE 269896, fue interpretada como un efecto de superluminosidad ( $M_V = -8.1$ ). La relación He II  $\lambda 4541 = \text{Si III } \lambda 4552$ , define al tipo espectral O9.7. Es por esto que este espectro ha sido clasificado por Walborn (1977) como ON9.7 Ia+.

## 2. Observaciones

Las observaciones de HDE 269896 y las estrellas de comparación mostradas en la Figura 1, fueron obtenidas con el telescopio “Jorge Sahade” 2.15 m del CASLEO, San Juan. Se emplearon el espectrógrafo REOSC con una ranura de 200 - 300  $\mu$  de ancho, la red de 600 l  $\text{mm}^{-1}$  y un CCD Tek 1024 x 1024 con pixel de 24  $\mu$ , cubriendo un rango de 3700 - 5600  $\text{\AA}$  con una dispersión recíproca de  $\sim 1.64 \text{ \AA pix}^{-1}$  y relación S/N de 150 - 200. Los tiempos de exposición variaron de 20 s para  $\mu$ Normae a 600 s para HDE 269896 ( $V = 11.36$ ,  $(B-V) = 0.00$ ). Los datos fueron reducidos con las rutinas IRAF.

## 3. Resultados

El espectro de HDE 269896 se muestra en la Figura 1 junto a cuatro supergigantes Galácticas ON, OC y normal. Las características de HDE 269896 son:

(i) Anomalía en las líneas de absorción CNO vista en la razón N III  $\lambda 4640/\text{C III } \lambda 4650$ ; (ii) Intensa emisión en  $H\beta$ ; (iii) Debilitada absorción en  $H\gamma$ ; (iv) Intensa emisión de He II  $\lambda 4686$  e (v) Intensa emisión en el perfil de N II 5000  $\text{\AA}$  presente débilmente en la supergigante ON HD 105056 y completamente ausente en las supergigantes OC y objetos normales.

El perfil de N II 5000  $\text{\AA}$  es un *blend* de cinco líneas, como se muestra en el dato en alta resolución de HD 105056 en la Figura 2 (Walborn 2001). Las características (ii), (iii) y (iv) que aquí se presentan, evidencian muy alta luminosidad en HDE 269896.

## 4. Discusión

Los potenciales de ionización de  $\text{H}^0$ ,  $\text{N}^+$  y  $\text{He}^+$  son 13.6, 29.6 y 54.4 eV respectivamente, por lo cual resulta sorprendente ver perfiles de N II y He II en el mismo espectro. El N II corresponde a un tipo espectral más tardío y el He II a uno más temprano que el tipo espectral asociado a HDE 269896. De este modo, pensamos que este objeto superluminoso debe tener una atmósfera inusualmente extendida con un amplio rango de condiciones de ionización. Otra estrella interesante de la Nube Mayor de Magallanes es Sk  $-66^\circ 169$ , clasificada como O9.7 Ia+ por Fitzpatrick (1991). La misma presenta la emisión de He II  $\lambda 4686$  al igual que HDE 269896, mientras que a diferencia de esta última, el CNO se manifiesta

*morfológicamente* normal. En los trabajos de Crowther et al. (2002) y Evans et al. (2004) se encuentran desarrollados análisis astrofísicos comparativos entre ambas estrellas, los cuales no reproducen la emisión de He II  $\lambda 4686$  ni consideran al perfil de N II  $\lambda 5000$ , esenciales para la comprensión de los parámetros físicos de esta clase de estrellas. Es interesante comparar también a HDE 269896 con otros objetos mostrando la emisión de N II, particularmente las estrellas WN10 y WN11 definidas como tal por Crowther & Smith (1997). Estos objetos tienen un espectro más extenso de líneas de emisión, incluyendo un intenso perfil P Cygni en He I  $\lambda 5016$  que junto al perfil de N II  $\lambda 5000$  forman un *blend* parcial, el cual diagnostica vientos mucho más densos.

## 5. Conclusiones

- La presencia en emisión del *blend* N II  $\lambda 5000$  puede ser un diagnóstico de luminosidad además de abundancia de nitrógeno en las supergigantes O tardías.
- Aún, no se ha conseguido modelar un espectro que reproduzca simultáneamente todos los perfiles observados en HDE 269896. Sin embargo, los mismos modelos mencionados son capaces de producir estas líneas en emisión, y es posible que puedan reproducir este espectro con pequeñas variaciones de los parámetros adoptados, incluyendo una mayor abundancia de helio (Corti, Walborn, & Evans 2009, en prensa).
- Algunas estrellas WNVL corresponden al estado quieto/mínimo de LBV (*Luminous Blue Variables*), como sucede con R127 (Walborn et al. 2008). Es razonable proponer que HDE 269896, deba encontrarse en un estado inmediato de pre-WNVL (*Very Late WN*) y que como tal, durante su evolución, desarrolle vientos más densos y un extenso espectro de líneas de emisión. Es de interés recordar que HDE 269896 (Sk  $-68^\circ 135$ ) está ubicada al norte de 30 Doradus, cerca de la estrella Sk  $-68^\circ 137$  de tipo espectral O2 III(f\*), también una probable progenitora WN (Walborn et al. 2002).

## Referencias

- Corti M.A., Walborn N.R. & Evans C.J. 2009, PASP, en prensa.
- Crowther P.A. & Smith L.J. 1997, A&A, 320, 500.
- Crowther P.A., Hillier D.J., Evans C.J., Fullerton A.W., De Marco O. & Willis A.J. 2002, ApJ, 579, 774.
- Evans C.J., Crowther P.A., Fullerton A.W. & Hillier D.J. 2004, ApJ, 610, 1021.
- Fitzpatrick E.L. 1991, PASP, 103, 1123.
- Walborn N.R. 1977, ApJ, 215, 53.
- Walborn N.R. & Fitzpatrick E.L. 1990, PASP, 102, 379.
- Walborn N.R. 2001, ASPC, 242, 217.
- Walborn N.R., Howarth I.D., Lennon D.J., Massey P., Oey M.S., Moffat A.F.J., Skalkowski G., Morrell N.I., Drissen L. & Parker J.Wm. 2002, AJ, 123, 2754.
- Walborn N.R., Stahl O., Gamen R.C., Szeifert T., Morrell N.I., Smith N., Howarth I.D., Humphreys R.M., Bond H.E. & Lennon D.J. 2008, ApJ, 683, L33.

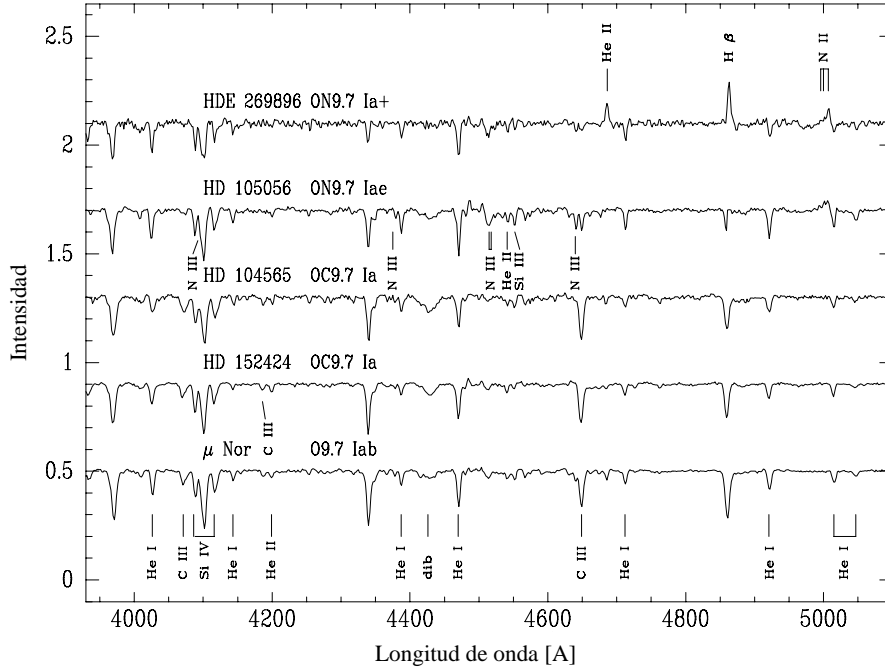


Figura 1. Espectros de HDE 269896 y 4 objetos de comparación. La escala de intensidad está normalizada en unidades del continuo. Las líneas de absorción identificadas debajo son: He I  $\lambda\lambda$ 4026, 4144, 4387, 4471, 4713, 4922, 5016+5048; *blends* C III  $\lambda\lambda$ 4070 y 4650; Si IV  $\lambda\lambda$ 4089+4116; y He II  $\lambda$ 4200. En el espectro de HD 152424, es identificado C III  $\lambda$ 4187; y en HD 105056, N III  $\lambda\lambda$ 4097 (*blend* con H $\delta$ ), 4379 y los *blends* 4511-4514 y 4640-4642; He II  $\lambda$ 4541; y Si III  $\lambda$ 4552. Las líneas de emisión identificadas arriba son He II  $\lambda$ 4686, H $\beta$   $\lambda$ 4861 y el *blend* N II  $\lambda\lambda$  4987-4994-5001-5005-5007.

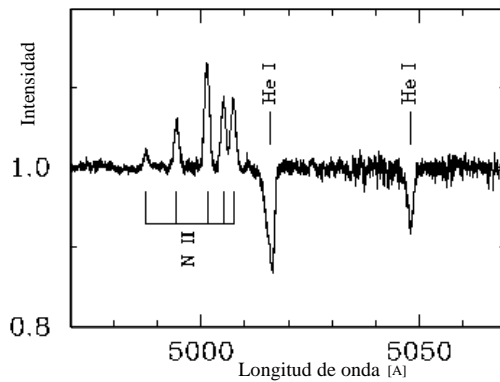


Figura 2. Segmento de un espectro Echelle de HD 105056 (Walborn (2001)). Las líneas de emisión son: N II  $\lambda\lambda$ 4987+4994+5001+5005+5007. Las líneas de absorción son: He I  $\lambda\lambda$ 5016, 5048. Cortesía de Ian Howarth.