

NUEVOS OBJETOS CON EL FENÓMENO B[e] EN LA NUBE MAYOR DE MAGALLANES

Hugo Levato¹ – Anatoly Miroshnichenko² – Carlos Saffe¹

1) ICATE (CONICET-UNSJ)

2) North Carolina University at Greensboro



PROPOSITO

- El propósito de este trabajo es muy directo: descubrir nuevos objetos que tengan el fenómeno B[e] en la Nube Mayor de Magallanes



El fenómeno B[e]

- La clase de objetos polvorientos más grande conocida que tienen una estrella caliente son los que tienen el fenómeno B[e].
- Este fenómeno fue descubierto por Allen & Swings por 1976 en estrellas B que tenían en sus espectros líneas prohibidas de [O I], [Fe II] y N[II] y líneas de emisión permitidas de por ejemplo de H y Fe II.
- Además tienen un gran exceso infrarrojo debido al polvo circum estelar.
- Hay varios grupos que participan del fenómeno B[e]. Son grupos en diferentes estados evolutivos pero con las mismas condiciones en sus envolturas circum estelares. Entre esos grupos está el de las supergigantes.



Las B[e] supergigantes

- ▶ El origen de las B[e] supergigantes no está claro aún.
- ▶ La mayoría de los objetos galácticos de esta clase se encuentran en binarias (ver por ejemplo Wang et al. 2012), y sugiere que la interacción entre las componentes puede producir la formación de los discos CS.
- ▶ Las propiedades de las B[e] supergigantes son similares a las de las LBV (e.g., intensas líneas de emisión y exceso IR, ubicación bastante similar en el diagrama de Hertzsprung-Russell). Algunos creen que estos grupos están conectados evolutivamente (e.g., Clark et al. 2013).

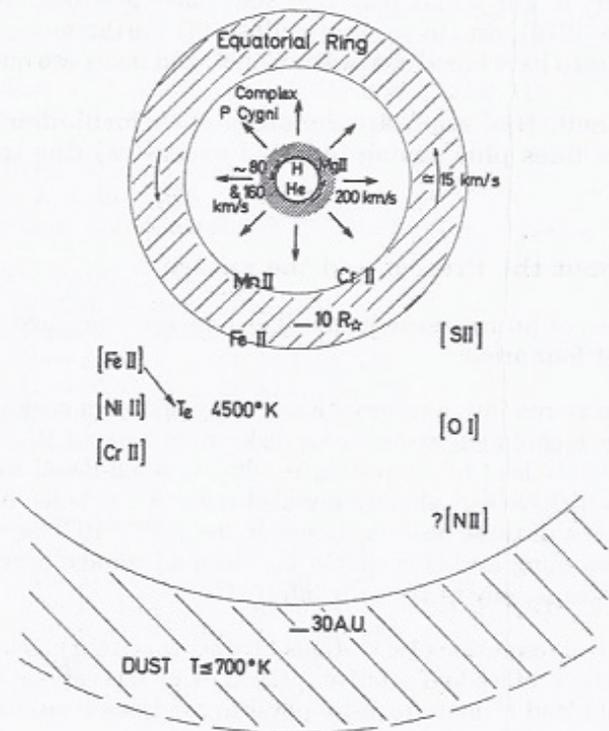


Figure 4. A model ? "Pole-on" projection of the suspected zones around the B2 IV[e] star HD 45677 in which the various absorptions and emissions are believed to take place preferentially (see text; figure from J.P. Swings 1976).



¿**Por qué buscar más?** Ante ciertas incertezas sobre estos objetos es importante buscar más objetos del grupo.

- Buscamos candidatos correlacionando la posición de los objetos del catálogo fotométrico de la LMC de Zaritsky et al. (2004) y el 2MASS (Cutri et al. 2003).
- Los criterios de selección incluyeron índices de color algo enrojecidos de estrellas B e índices de color en el IR $(J - H) \geq 0.3 \text{ mag}$ y $(H - K) \geq 0.7 \text{ mag}$ (Zickgraf et al. 1986).
- Los objetos encontrados con estos criterios fueron identificados en el catálogo NOMAD1 (Zacharias et al. 2005).
- Resultados iniciales de esta búsqueda fueron publicados en Miroshnichenko et al. (2011) y contienen una lista de 10 objetos cuyas posiciones ópticas e IR estaban separadas por menos de $3''$.

Selección de miembros

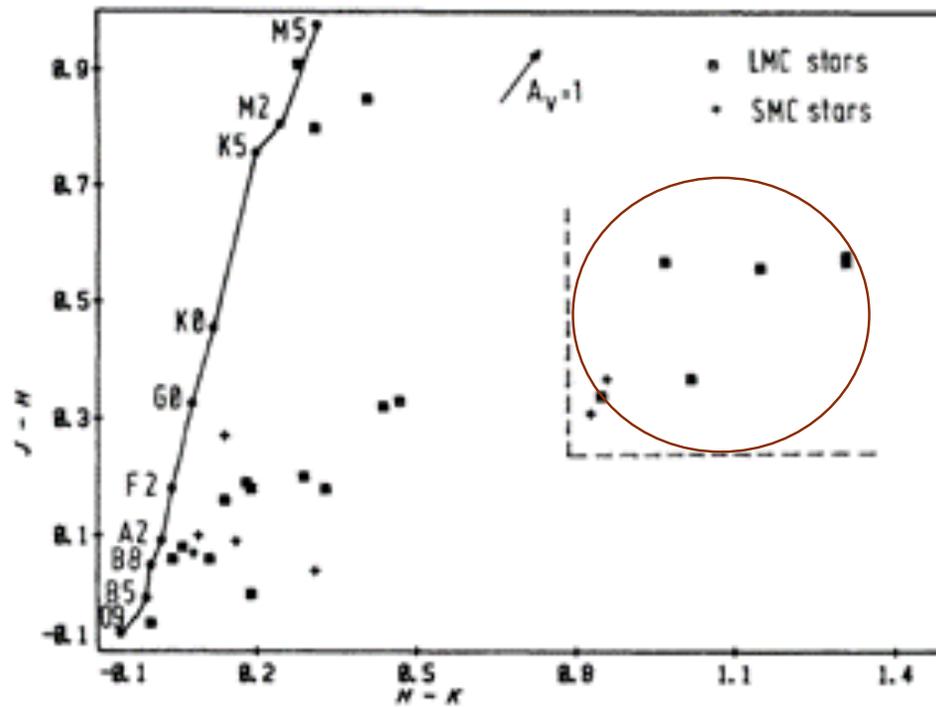


Fig. 1. $(J - H)$ - $(H - K)$ -diagram of emission-line stars in the MCs. The B[e]-supergiants are located to the right of and above the dashed line and obviously form a well separated homogeneous group



Historia previa

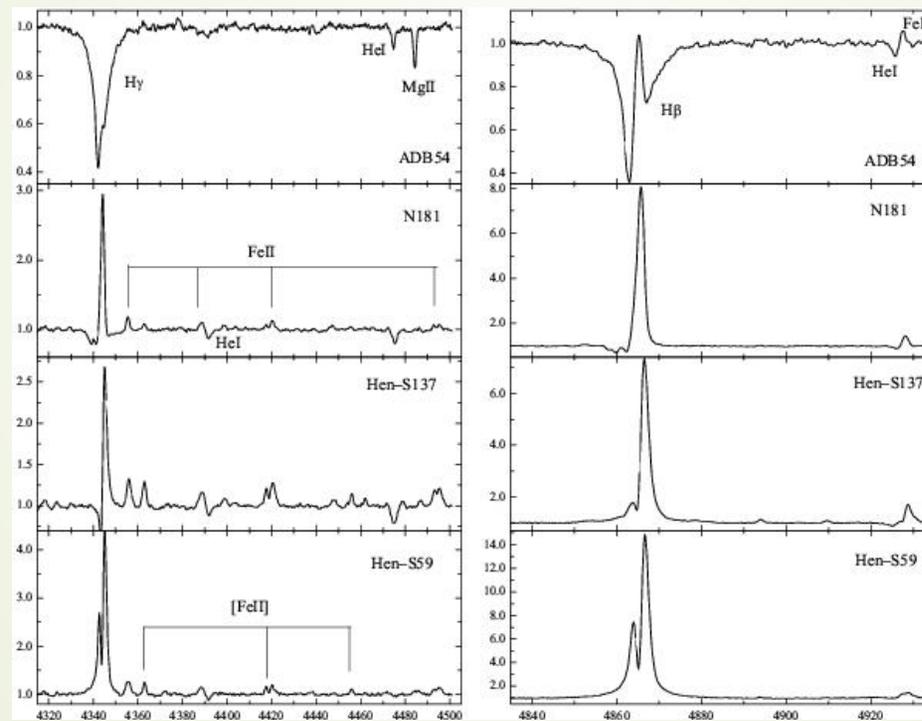
- ❖ El primer objeto en las nubes con el fenómeno B[e] fue R 126) fue reportado por Zickgraf et al. (1985).
- ❖ Siete objetos más fueron encontrados por Zickgraf et al. (1986),
- ❖ Tres más encontrados por Stahl et al. (1989) and Zickgraf et al. (1989, 1992), y cuatro más por Gummersbach et al. (1995).
- ❖ Once objetos en total fueron reportados en la Nube Mayor de Magallanes y cuatro en la Menor .
- ❖ Todos están ubicados más allá de la secuencia principal y tienen Fuertes excesos IR debidos a la radiación del polvo circun estelar.
- ❖ Zickgraf (2006) publicó una revisión sobre estos objetos.
- ❖ Graus et al. (2012) encontró 3 supergiantes con el fenómeno B[e] en la SMC pero con menos polvo. No se han encontrado hasta ahora objetos tipo FSCMa .



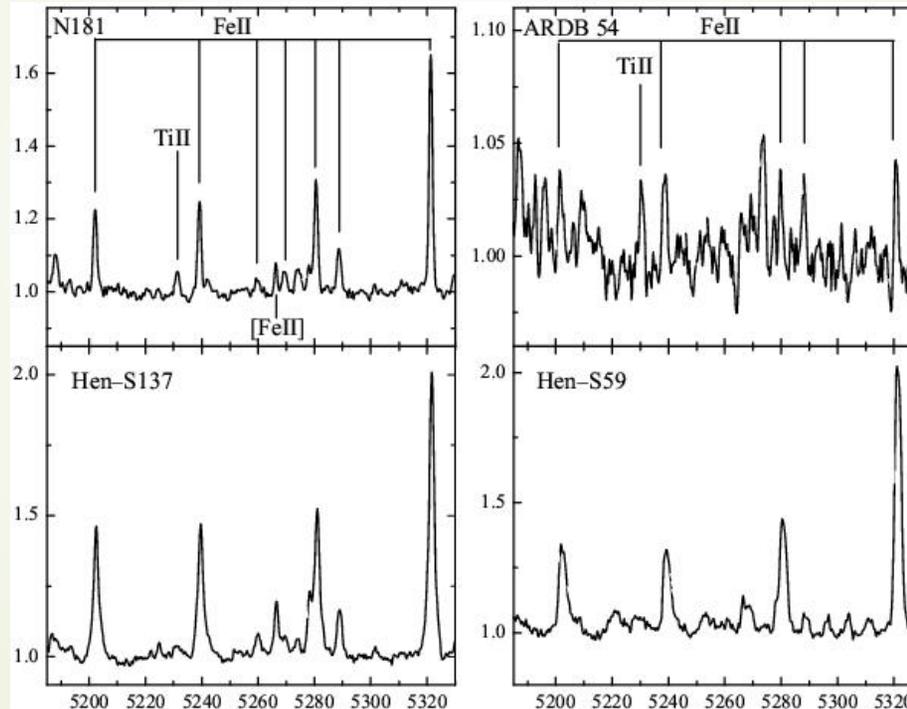
Observaciones

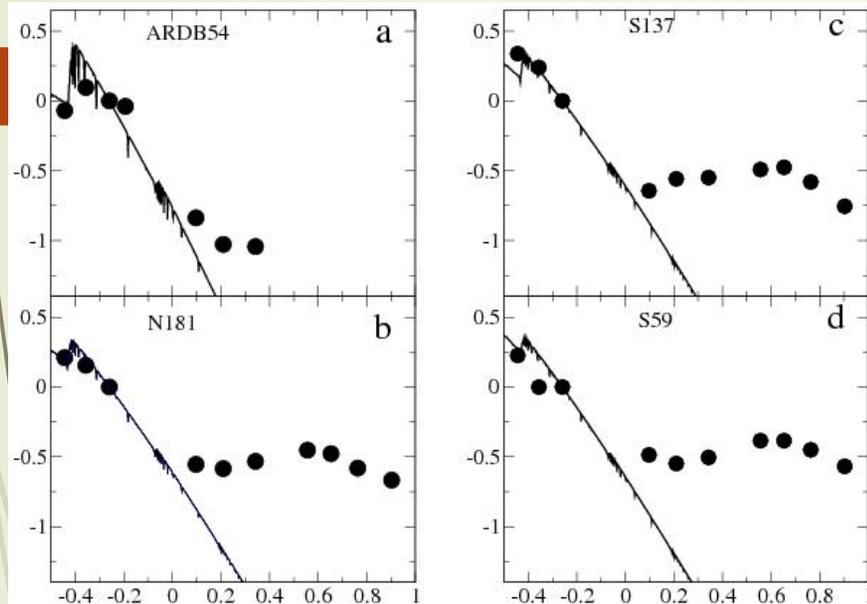
- Los espectros fueron obtenidos con el 8,1m Gemini Sur ubicado en Cerro Pachon (Chile) en las noches del 7 y 8 de octubre de 2011 como parte del Gemini Program ID GS-2011B-Q-81 (PI Hugo Levato – todo tiempo argentino).
- Usamos Gemini Multi-Object Spectrograph (GMOS) en el modo long slit. El detector era una matriz de tres CCD de 2048×4608 EEV con tamaño del pixel $13.5 \times 13.5 \mu\text{m}$. Corriente oscura ~ 3 electrones por hora por pixel medidos a -113°C .
- Usamos red de 1200 l/mm y lámpara de CuAr para la calibración en longitud de onda.
- El poder resolvente de los espectros es de ~ 4400 con un ancho de ranura de $0.5''$ proyectada en el cielo.
- La cobertura espectral es de $\sim 4060\text{--}5570 \text{ \AA}$ con dos intervalos alrededor de $\sim 4530 \text{ \AA}$ and $\sim 5030 \text{ \AA}$ debido a las conexiones entre los chips.

Espectros de las 4 estrellas super gigantes B[e] observadas en las regions de $H\gamma$ (izquierda) y $H\beta$ (derecha). Las longitudes de onda son geocéntricas y las intensidades están normalizadas al continuo



Las porciones de los 4 espectros con las longitudes de onda más largas. Las líneas que se muestran son o del Fe II o [Fe II], excepto en aquellos casos en que se indican.

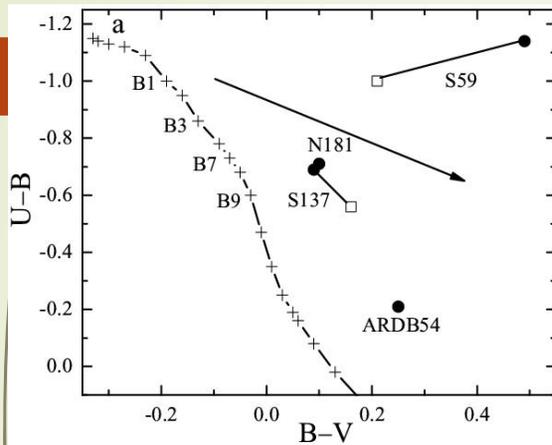




SEDs de las 4 B[e] supergiantes. Panel a): ARDB 54, panel b): N181, panel c): HenS-137, y panel d): HenS-59.

Los flujos están corregidos por enrojecimiento. Las líneas sólidas representan las SEDs teóricas de Kurucz (1993). Supusimos T_{eff} de 10000 K para ARDB 54, 16000 K para N181 y HenS-137, y 19000 K para HenS-59. Los flujos están normalizados al filtro V, y están representados en escala logarítmica contra los logaritmos de la longitud de onda en micrones.

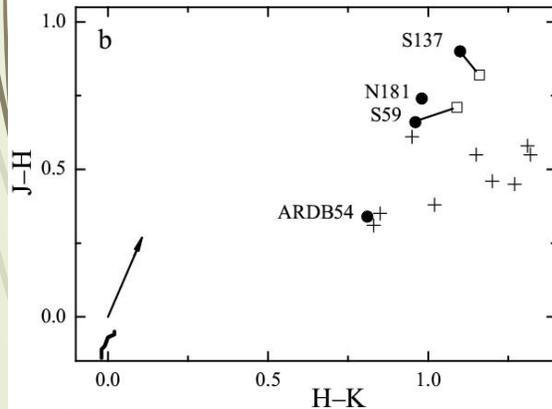
Fotometría UBV para N181, HenS-59, y HenS-137 es de Zaritsky et al. (2004); UBVR para ARDB 54 es de Massey (2002), la fotometría JHK es del catálogo 2MASS y la de 3.6 a 8.0 μm es del Spitzer (los últimos 4 puntos de longitud de onda más larga) son de la survey SAGE (Whitney et al. 2008).



Panel a): Diagrama $(U - B) \sim (B - V)$. La línea sólida con + muestra la relación standard para supergigantes de nuestra galaxia (Straizhys 1977).

Los índice de color de Zaritsky et al. (2004) se indican con círculos llenos y los de Gummersbach et al. (1995) son los cuadrados sin rellenar.

La línea con punta de flecha es el vector de enrojecimiento interestelar para $E(U - B)/E(B - V) = 0.65$, típico para nuestra galaxia y la LMC.



Panel b): Diagrama $(J - H) \sim (H - K)$ para las supergigantes conocidas que muestran el fenómeno B[e] en la LMC (+) y los objetos de la Tabla anterior con los mismos símbolos que el panel a. La línea sólida abajo a la izquierda representa los colores intrínsecos para las supergigantes tipo B y la línea sólida con punta de flecha representa el enrojecimiento interestelar para $E(J - H)/E(H - K) = 2.5$ (Wegner 1994).

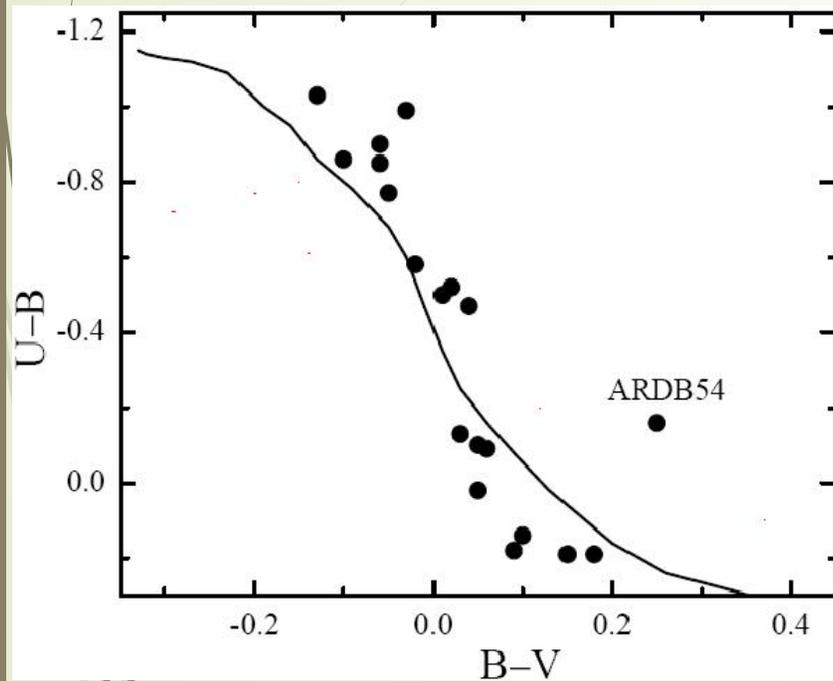


Diagrama $(U - B) \sim (B - V)$ para una region de la LMC dentro de los 20' alrededor de ARDB 54. Los datos fotométricos están tomados de Massey (2002). La línea sólida representa los colores intrínsecos para las supergigantes galácticas.

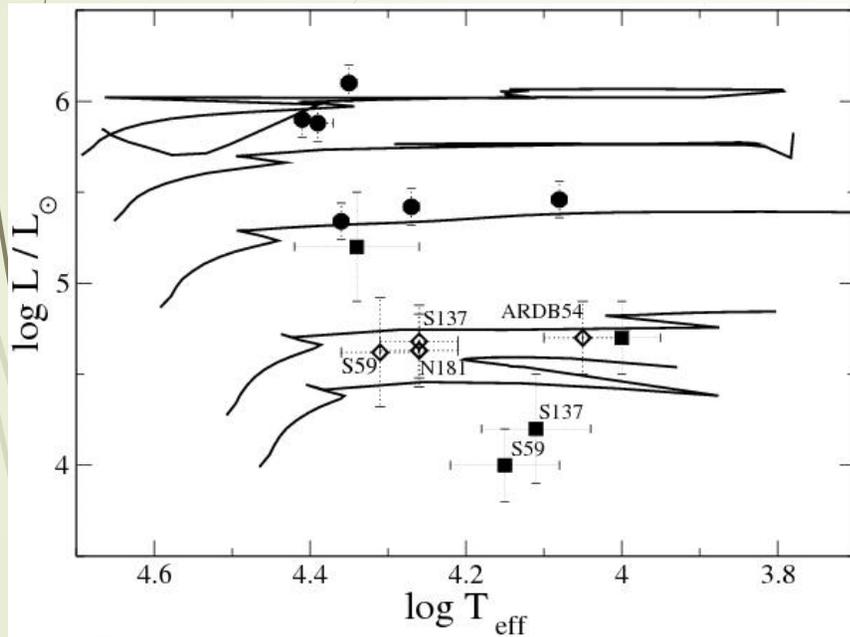


Diagrama de Hertzsprung-Russell para supergigantes con el fenómeno B[e] en la LMC. La línea sólida es la ZAMS y los tracks evolutivos en la LMC para estrellas simples y con la metalicidad de la LMC de Schaerer et al. (1993). Las trayectorias evolutivas se muestran para las masas iniciales de 15, 25, 40, 60, and 80 M_{\odot} . Símbolos: círculos llenos- objetos de Zickgraf et al. (1986), cuadrados llenos- objects de Gummersbach et al. (1995) incluyendo HenS-59 y HenS-137 con parametros fundamentales de ese trabajo, y diamantes sin relleno - objetos de este trabajo



Un ejemplo de objetos interesantes

- ▶ Hen S-59 fue monitoreada como parte del programa OGLE que busca lentes gravitacionales y se encontró una variación periódica de brillo en el filtro I con una amplitud de 0.3 mag y un período de 83.4 días. Soszynski et al. (2009). Esto puede ser una manifestación de binaridad. Además tiene variaciones del índice de color $B - V$ de 0.2 mag (Gummersbach et al. (1995)) aunque Zaritsky et al. (2004) reporte el doble (0.4 mag) y también se han reportado variaciones en la velocidad radial de las líneas de emisión. Este objeto tiene también un fuerte exceso UV ($U - B \sim -1.0$ mag) que puede indicar que la compañera secundaria es más débil pero más caliente.



Conclusiones

- Presentamos espectros de mediana resolución en el rango óptico de 4 estrellas temprana en la LMC. De HenS-59 y HenS-137, los últimos espectros observados datan de hace 20 años. Nuestros espectros confirman el fenómeno B[e] y los espectros muestran una clara variación respecto de los tomados hace dos décadas especialmente en las líneas de Balmer. Los espectros en el rojo presentados aquí son los primeros que existen para estos dos objetos.



Conclusiones

- ▶ Estimamos los parámetros fundamentales de HenS-59 y HenS-137 basándonos en la excitación de las líneas en los espectros ópticos. Se obtuvieron parámetros correspondientes a tipos espectrales más tempranos que los existentes determinados por Gummersbach et al. (1995). En el diagrama HR estos objetos se ubican ahora más cerca de la secuencia principal y la masa inicial debió ser de $\sim 20 M_{\odot}$.
- ▶ Para ARDB 54 and N181 confirmamos los excesos IR y la presencia del fenómeno B[e]. Confirmamos también con ambas supergigantes.



TRABAJO FUTURO

- Son necesarias más observaciones espectroscópicas y observaciones fotométricas actuales para estimar correctamente la contribución circunestelares a las SEDs. Y redefinir sus parámetros fundamentales. Las observaciones de objetos más débiles de la lista de (e.g., Miroshnichenko et al. 2011) son importantes para constreñir el rango de luminosidad de las supergigantes B[e] en las Nubes de Magallanes y buscar objetos con luminosidades menores tipo FS CMa que fueron solo reconocidos en la Vía Láctea hasta ahora.



➤ Gracias