



Espectroscopía infrarroja de estrellas masivas en fases de transición

M.L. Arias^{1,2}, A.F. Torres^{1,2}, L. Cidale^{1,2} & M. Kraus^{3,4}

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

² Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina

³ Tartu Observatoorium, Tõravere, Estonia

⁴ Astronomický ústav, Akademie věd České republiky, Ondřejov, República Checa

Contacto / mlaura@fcaglp.unlp.edu.ar

Resumen / Presentamos espectros en la banda K del infrarrojo de una muestra de estrellas con estado evolutivo ambiguo, candidatas a B[e] supergigantes o a LBVs. Reportamos las principales características presentes en sus espectros.

Abstract / We present K -band spectra of a sample of unclassified stars which are candidates to B[e] supergiants or LBV stars. We report the main features present in their spectra.

Keywords / stars: early-type — circumstellar matter — stars: peculiar

1. Introducción

Las estrellas masivas, a lo largo de su evolución, pasan por fases cortas tales como la de variables luminosas azules (LBVs, por sus siglas en inglés) o la de supergigantes B[e], durante las cuales sufren fuertes episodios de pérdida de masa. En consecuencia, estas estrellas generan a su alrededor gran cantidad de material circunestelar, cuyas condiciones de densidad y temperatura dan lugar a la formación de moléculas y polvo. Muchos de estos objetos son peculiares y muestran espectros complejos, en los cuales las características fotosféricas están veladas por el material circunestelar. Resulta así difícil asignarles tipos espectrales y determinar su estado evolutivo. Sin embargo, el material circunestelar revela información sobre la cinemática y la historia de pérdida de masa de la estrella, a través de las líneas en emisión de hidrógeno y las líneas moleculares presentes en la región del infrarrojo. Para contribuir al estudio del material circunestelar y a su vez, aportar elementos para discutir el estado evolutivo de estos objetos, hemos comenzado a recolectar observaciones espectroscópicas infrarrojas. Presentamos, en este trabajo, espectros de la banda K de una muestra de candidatas a estrellas LBV o B[e]. Analizamos las principales características de los espectros y discutimos sobre el posible estado evolutivo del objeto central.

2. Observaciones

En la Tabla 1 se listan las estrellas de la muestra. Los espectros infrarrojos se obtuvieron con el espectrógrafo GNIRS/GEMINI montado en Gemini Norte bajo los programas: GN-2013A-Q-78, GN-2014A-Q36 y GN-2015B-Q-89. La configuración instrumental usada fue: modo de ranura larga, cámara corta, red de 110 l mm^{-1}

y ranura de 0.3 arcsec . El poder resolvente medio obtenido fue de $R = 5000$ y el rango espectral observado de $2.29 \text{ } \mu\text{m}$ a $2.47 \text{ } \mu\text{m}$.

3. Resultados

[GKF2010] MN108: Presenta una nebulosa asociada descubierta con imágenes de *Spitzer* (Gvaramadze et al., 2010a). Es candidata a supergigante azul. Su espectro en la banda K no muestra características destacadas, excepto una emisión no identificada alrededor de los $2.43 \text{ } \mu\text{m}$, que podría atribuirse a Si IV $2.427 \text{ } \mu\text{m}$. El rango $2.34\text{--}2.38 \text{ } \mu\text{m}$ está contaminado con residuos de la corrección por líneas telúricas.

XX Oph: Es un sistema binario o múltiple, con una estrella Be como primaria y una compañera M6 III. Se supone que está localizado en una densa nube molecular cerca de la región de formación estelar ρ Oph (Cool et al., 2005). En la banda K se revelan líneas correspondientes a la compañera tardía. Están presentes las cabezas de banda en absorción de las moléculas de ^{12}CO y ^{13}CO en la región de los $2.3 \text{ } \mu\text{m}$. Este espectro resulta similar al presentado por Howell et al. (2009).

Ups Sgr: Es un sistema binario deficiente en hidrógeno, que consiste en una supergigante A y una compañera más masiva pero menos luminosa (Dudley & Jeffery, 1990). Esta compañera se detecta en el UV pero no es visible en otros rangos espectrales. Koubský et al. (2006) y Kipper & Klochkova (2012) presentaron un estudio espectroscópico detallado en la región del visible y el infrarrojo cercano. Observaron numerosas líneas en emisión y un fuerte exceso infrarrojo. Esto daría evidencias de la presencia de un disco denso, ópticamente opaco alrededor del sistema. Nuestro espectro en la banda K muestra bandas moleculares débiles de ^{12}CO en emisión y líneas en emisión de Mg II $2.4047 \text{ } \mu\text{m}$ y $2.4131 \text{ } \mu\text{m}$. No

Tabla 1: Líneas espectrales (en μm) identificadas en el espectro de la banda K de las estrellas de la muestra y posible clasificación de los objetos. unclB[e] = B[e] no clasificada.

| Objeto | ^{12}CO | ^{13}CO | Mg II $\lambda 2.4047$ $\lambda 2.4131$ | Serie de Pfund | Si IV $\lambda 2.4270$ | He I $\lambda 2.3070$ $\lambda 2.4734$ | N II $\lambda 2.3187$ | Posible clasificación |
|-----------|------------------|------------------|---|-------------------|---------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| MN 108 | – | – | – | – | emis.? | – | – | Sg. azul |
| XX Oph | abs. | abs. | – | – | – | – | – | binaria: B0V+M6III |
| Ups Sgr | emis. | – | emis. | – | – | – | – | binaria |
| MN 109 | – | – | emis. | abs.? | – | – | – | Sg. azul? |
| MN 112 | – | – | emis. | emis. | – | emis. | emis. | LBV? |
| MWC 349 | emis. | emis. | emis. | emis. | – | – | – | unclB[e], binaria |
| MWC 342 | – | – | emis. | emis. | – | – | – | unclB[e] |
| MWC 1055 | – | – | emis.? | emis. | – | – | – | unclB[e] |
| Hen 2-461 | – | – | emis. | emis. | – | – | – | unclB[e] |
| MN 83 | – | – | emis. | emis. | – | – | – | LBV? |

se detectan líneas de hidrógeno de la serie de Pfund. Se observan algunas líneas no identificadas que probablemente corresponden a residuos de la corrección telúrica. [GKF2010] **MN109**: Gvaramadze et al. (2010a), basados en imágenes de *Spitzer* reportaron la existencia de una nebulosa a su alrededor. Es candidata a supergigante azul. Muestra en su espectro infrarrojo líneas de Mg II 2.4047 μm y 2.4131 μm en emisión. En el rango 2.41–2.47 μm parecen insinuarse líneas en absorción débiles y anchas que probablemente correspondan a las líneas de la serie de Pfund del hidrógeno. El rango 2.34–2.38 μm resulta contaminado con residuos de la corrección por líneas telúricas.

[GKF2010] **MN112**: La estrella central tiene un espectro óptico variable, muy similar al de la estrella LBV P Cygni (Gvaramadze et al., 2010b). Este espectro está dominado por intensas líneas en emisión de H I y He I, y numerosas líneas permitidas de N II, Fe III y Si II. Es una candidata a LBV (Stringfellow et al., 2012). Nuestro espectro en la banda K muestra líneas en emisión de la serie de Pfund, y líneas en emisión de Mg II 2.4047 μm y 2.4131 μm . Se observan dos líneas en emisión de He I en 2.3070 μm y 2.4734 μm , que muestran perfiles P Cygni invertidos, similares a los reportados en el rango óptico. La línea observada en 2.3187 μm podría corresponder a N II.

MWC 349A: Es parte de un sistema binario, formado por una primaria B[e] y una compañera B0 III, que ha sido muy estudiado (Året et al., 2016). Sin embargo, su estado evolutivo es aún incierto. Fue propuesta como un objeto de presecuencia principal, una B[e] supergigante o una estrella LBV. Nuestro espectro muestra líneas en emisión delgadas de la serie de Pfund y líneas en emisión de Mg II 2.4047 μm y 2.4131 μm . Se observa una línea en emisión no identificada alrededor de los 2.35 μm , superpuesta con la línea de Pfund en 2.3492 μm , similar a la encontrada en Hen 2-461. Se observa emisión molecular de ^{12}CO alrededor de 2.3 μm , previamente reportada por Kraus et al. (2000). También se revela la presencia de líneas moleculares débiles de ^{13}CO .

Las siguientes estrellas muestran espectros similares en la banda K, con líneas en emisión de la serie de Pfund y de Mg II 2.4047 μm y 2.4131 μm , y ausencia de emisión o absorción molecular de CO.

MWC 342: Lamers et al. (1998) la incluyeron en la lista de estrellas B[e] no clasificadas. Miroschnichenko & Copron (1999) sugieren que es un sistema binario, con un objeto compacto. Kučerová et al. (2013) estudiaron la variabilidad espectral en la región de H α . Encontraron variaciones importantes en las líneas de He I $\lambda 6678$, que mostraba perfiles P Cygni, dando evidencias de la existencia de un viento. Por otra parte en algunas épocas la línea de He I $\lambda 6678$ mostró perfiles P Cygni invertidos. La línea H α también es variable.

MWC 1055: Es una estrella B[e] no clasificada. No se ha detectado emisión extendida de hidrógeno a su alrededor (Marston & McCollum, 2008). Fue propuesta como posible miembro de las FS CMA (Miroschnichenko et al., 2007).

Hen 2-461: Es una estrella B[e] no clasificada. Fue erróneamente clasificada como nebulosa planetaria (Kohoutek, 2001). Marston & McCollum (2008) reportaron una nebulosa en H α cuya naturaleza aún no se conoce. La línea H α muestra un perfil tipo *shell*. Cabe destacar que alrededor de los 2.35 μm se observa una línea en emisión similar a la encontrada en el espectro de MWC 349 que no ha podido ser identificada

[GKF2010] **MN83**: Es un objeto poco estudiado, candidato a LBV. Gvaramadze et al. (2010a) reportó una nebulosa alrededor de MN83 en base a observaciones de *Spitzer*. La no detección de CO en la región observada, aporta evidencia a favor de su clasificación como LBV (Oksala et al., 2013).

Agradecimientos: MK agradece financiamiento de GA ĆR (14-21373S) y RVO:67985815. LC agradece financiamiento del Programa Bilateral de Cooperación: 1403 CONICET-AVCR.

Referencias

- Året A., Kraus M., Šlechta M., 2016, MNRAS, 456, 1424
 Cool R. J., et al., 2005, PASP, 117, 462
 Dudley R. E., Jeffery C. S., 1990, MNRAS, 247, 400
 Gvaramadze V. V., et al., 2010a, MNRAS, 405, 520
 Gvaramadze V. V., Kniazev A. Y., Fabrika S., 2010b, MNRAS, 405, 1047
 Howell S. B., Johnson K. J., Adamson A. J., 2009, PASP, 121, 16

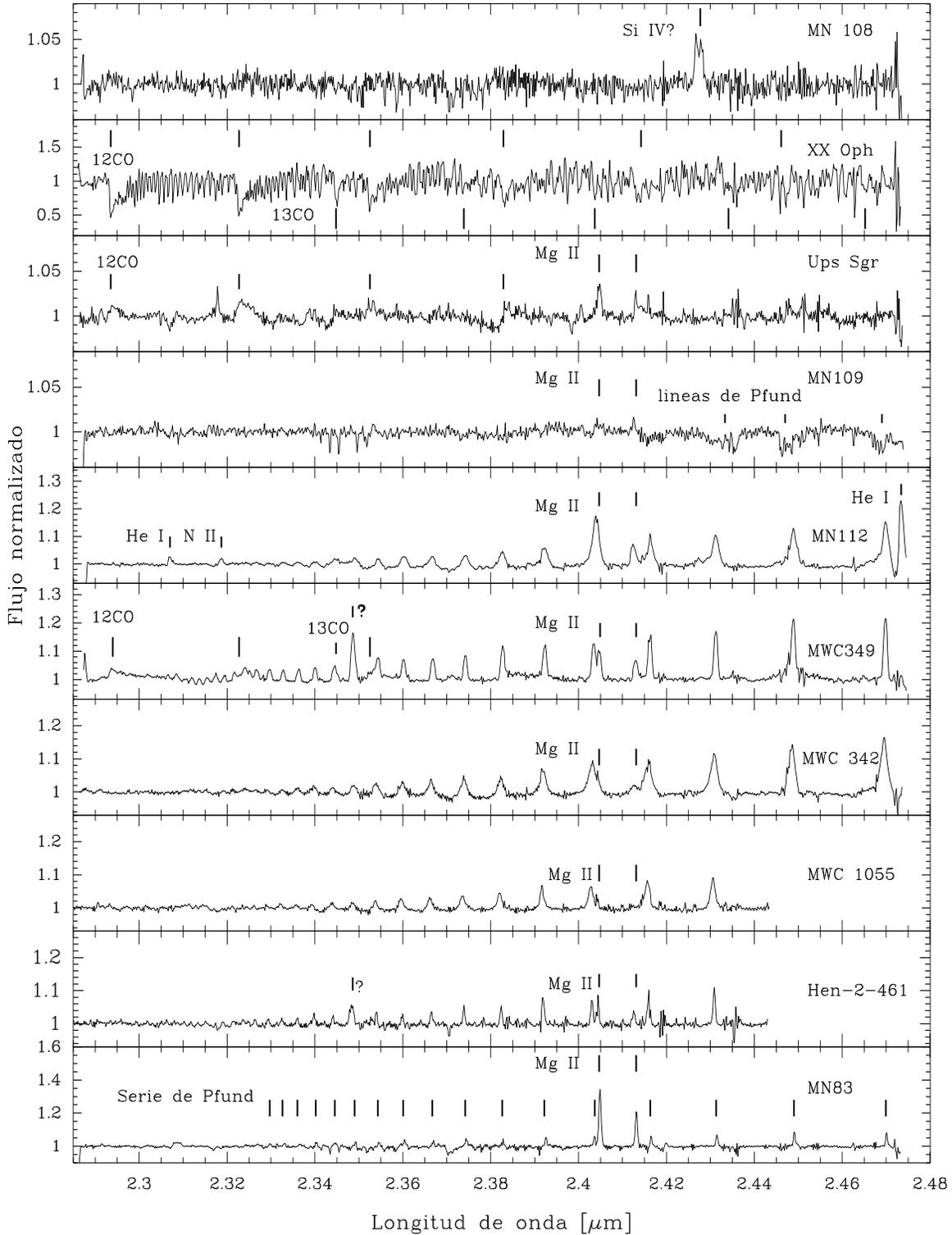


Figura 1: Espectros en la banda K de la muestra de candidatas a B[e] supergigantes o LBVs.

Kipper T., Klochkova V. G., 2012, *Baltic Astronomy*, 21, 219
 Kohoutek L., 2001, *VizieR Online Data Catalog*, 4024
 Koubský P., et al., 2006, *A&A*, 459, 849
 Kraus M., et al., 2000, *A&A*, 362, 158
 Kučerová B., et al., 2013, *A&A*, 554, A143
 Lamers H. J. G. L. M., et al., 1998, *A&A*, 340, 117

Marston A. P., McCollum B., 2008, *A&A*, 477, 193
 Miroshnichenko A., Corporon P., 1999, *A&A*, 349, 126
 Miroshnichenko A. S., et al., 2007, *ApJ*, 671, 828
 Oksala M. E., et al., 2013, *A&A*, 558, A17
 Stringfellow G. S., et al., 2012, p. 514