

PRESENTACION MURAL

Estudio multifrecuencia del flujo bipolar-molecular asociado con la proto-estrella VLA 1623

E. Artur de la Villarmois^{1,2}, D.C. Merlo¹ & M. Gómez^{1,3}

(1) Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC

(2) Facultad de Matemática Astronomía y Física, UNC

(3) CONICET

Abstract. In this work, we present a multi-wavelength study of the bipolar molecular outflow associated with the VLA 1623 proto-star (age $\sim 10^4$ yrs). We analyze images obtained by Spitzer as well as other images from the literature. We identify 32 H₂ (2.12 μm) emission knots and 25 objects predominantly emitting in the [4.5] μm band, usually known as EGOs (*Extended Green Objects*; [Cyganowski et al. 2008](#)). Seven of these emissions are new EGOs candidates; five of which have 2.12 μm counterparts. We compare the morphology of the emissions at 2.12 μm and [4.5] μm with the bipolar molecular outflow detected by ([Dent et al. 1995](#)) finding an excellent agreement. The emissions are quasi-regularly spaced. We determine a dynamical time of ~ 194.3 yrs between consecutive knots, which agrees with the lapse of time between eruptive FU Orionis events. This suggests that events of this type experimented by the central source might be the cause of the intermittency in the detected emissions.

Resumen. En este trabajo se presenta un estudio multi-frecuencia del flujo bipolar molecular asociado con la proto-estrella VLA 1623 (edad $\sim 10^4$ años). Se analizan imágenes obtenidas por Spitzer así como también otras de literatura. Se identificaron 32 nodos con emisión en H₂ (2.12 μm) y 25 objetos con emisión predominante en [4.5] μm , comúnmente conocidos como EGOs (*Extended Green Objects*; [Cyganowski et al. 2008](#)). Siete de estas emisiones son candidatos a nuevos EGOs; cinco de los cuales tienen contra-partes en 2.12 μm . Se compara la morfología de las emisiones detectadas en 2.12 μm y en [4.5] μm con el flujo bipolar molecular observado por ([Dent et al. 1995](#)) y se encuentra un excelente acuerdo. Se observa un espaciamiento cuasi-regular entre las emisiones detectadas. Se determina un valor promedio para la escala de tiempo dinámico entre nodos consecutivos de ~ 194.3 años, lo que concuerda con el intervalo de tiempo entre eventos eruptivos de tipo FU Orionis. Esto sugiere que eventos de este tipo experimentados por la fuente central podrían ser la causa de la intermitencia de las emisiones detectadas.

1. Introducción

El escenario actual de formación de estrellas de baja masa propone que éstas pasan por cuatro etapas evolutivas antes de llegar a la Secuencia Principal, denominadas clase 0, I, II y III, dependiendo de la forma de la Distribución Espectral de Energía de la fuente (Lada 1987; Andre et al. 1993). Las fuentes de clases 0 son las más jóvenes ($\sim 10^4$ años), se encuentra incrustadas en el material de la nube molecular, poseen envoltentes que todavía contienen gran parte de la masa que, posteriormente, será acretaada por el objeto central y están asociadas con flujos bipolares moleculares y/o jets, usualmente altamente colimados. Estos flujos se manifiestan en un amplio rango espectral, desde el óptico hasta el radio.

En particular, las regiones de choque son observadas en el óptico como los llamados objetos HH (Herbig-Haro) y en la línea del H_2 en $2.12 \mu\text{m}$, como los denominados *knots* o nodos en el infrarrojo cercano. Imágenes de la cámara IRAC de Spitzer, en particular aquéllas en la banda $[4.5] \mu\text{m}$, son también empleadas para identificar este tipo de regiones, ya que esta banda abarca varias líneas del H_2 y de CO, usualmente intensas en este tipo de objetos (Smith & Rosen 2005; Reach et al. 2006). Por esta razón, predomina el color verde en las imágenes combinadas de IRAC ($[3.6] \mu\text{m}$ azul, $[4.5] \mu\text{m}$ verde y $[8.0] \mu\text{m}$ rojo). Cyganowski et al. (2008) introdujeron la denominación de "EGOs" (*Extended Green Objects*) para referirse a este tipo de objetos extendidos que presentan emisión intensa en $[4.5] \mu\text{m}$.

En esta contribución se presenta un estudio multifrecuencia del flujo bipolar molecular asociado con la proto-estrella de clase 0, VLA 1623, perteneciente al proto-cúmulo de ρ Ophiuchi. Se emplean imágenes obtenidas por el telescopio Spitzer, así como también imágenes en H_2 de la literatura y observaciones en CO realizadas por otros autores, a fin de comparar detalladamente la morfología del flujo en distintas longitudes de onda.

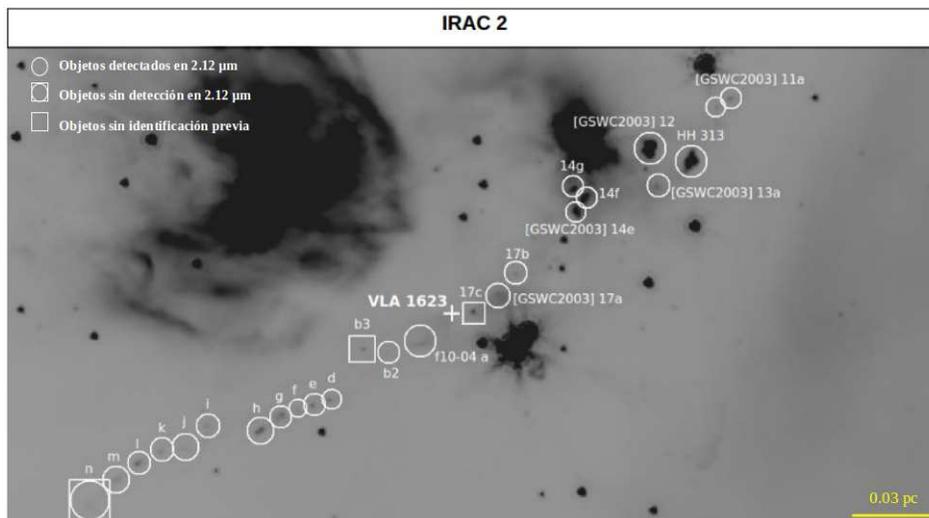


Figura 1. Imagen tomada por IRAC en la banda en $[4.5] \mu\text{m}$ de la región de VLA 1623. Los cuadrados representan posibles candidatos a EGOs sin contra-parte en $2.12 \mu\text{m}$. Campo de $[0.065^\circ \times 0.131^\circ]$.

2. Análisis y Resultados

La Figura 1 muestra la imagen en $[4.5] \mu\text{m}$ tomada por IRAC/Spitzer, donde se indican los 25 EGOs detectados. Dieciocho de éstos fueron identificados por Zhang & Wang (2009), mientras que las coordenadas de los siete objetos restantes se listan en la Tabla 1. Cinco de estos últimos fueron detectados en H_2 (en $2.12 \mu\text{m}$), empleando las imágenes de Gómez et al. (2003), y los dos objetos señalados con cuadrados ([GSWC2003] 17c y f10-04 b3) son nuevos candidatos sin contra-parte en $2.12 \mu\text{m}$. Tanto en la Figura 1 como en la Tabla 1, se adopta la nomenclatura de Gómez et al. (2003) y de Khanzadyan et al. (2004).

En la Figura 1 se evidencia que los nodos señalados presentan una separación cuasi-regular. Se calculó el tiempo dinámico entre nodos consecutivos, obteniendo un valor promedio de 194.3 años, utilizando una velocidad característica de 50 km.s^{-1} . Este valor concuerda con el período de los eventos de tipo FU Orionis (entre 100 y 1000 años; Hartmann & Kenyon 1996) y sugiere una posible conexión entre dichos eventos eruptivos y la cadena de nodos observada (Reipurth et al. 1992). Sin embargo dada la alta extinción en el visual ($A_V \geq 100$; Andre et al. 1993), estos eventos serían de muy difícil detección. Otros jets tales como HH 34 (Heathcote & Reipurth 1992) y HH 111 (Reipurth et al. 1992) presentan similitudes con lo presentado en esta contribución.

Tabla 1. Coordenadas de EGOs sin identificación previa asociados a VLA 1623

Objeto	$\alpha(2000.0)$	$\delta(2000.0)$	contra-parte en H_2
[GSWC2003] 13a	16 26 18.7	-24 23 25	Si
[GSWC2003] 17a	16 26 24.7	-24 24 21	Si
[GSWC2003] 17b	16 26 24.0	-24 24 10	Si
[GSWC2003] 17c	16 26 25.6	-24 24 29	No
f10-04 a	16 26 27.6	-24 24 45	Si
f10-04 b2	16 26 28.8	-24 24 50	Si
f10-04 b3	16 26 29.8	-24 24 48	No

En la Figura 2 se superponen los contornos en CO en 2.7 mm del flujo bipolar molecular detectado por Dent et al. (1995). Los cuadrados verdes indican las emisiones en $[4.5] \mu\text{m}$ y los triángulos magenta aquéllas en $2.12 \mu\text{m}$. Esta figura muestra un alto grado de coincidencia entre las emisiones detectadas en distintas regiones espectrales, sugiriendo una correspondencia muy estrecha entre el flujo en radio y las emisiones en el infrarrojo cercano y medio.

3. Conclusiones

En esta contribución se presenta un estudio multi-frecuencia del flujo bipolar molecular asociado a la proto-estrella de clase 0, VLA 1623. Empleando las imágenes de IRAC/Spitzer, en particular aquélla en $[4.5] \mu\text{m}$, se identifican 25 objetos extendidos, que por poseer emisión intensa en esta banda resultan de

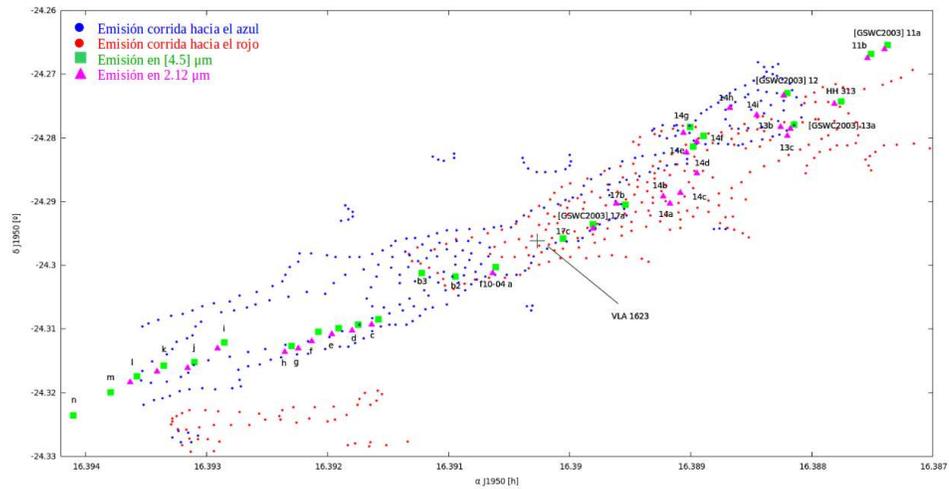


Figura 2. Región de VLA 1623, donde se superponen las emisiones en $2.12 \mu\text{m}$, $[4.5] \mu\text{m}$ y los contornos del flujo bipolar molecular detectado por (Dent et al. 1995).

color verde en las imágenes combinadas y son conocidos como EGOs (*Extended Green Objects*; Cyganowski et al. 2008). Presentamos las coordenadas de siete de ellos, los cuales no fueron previamente identificados por Zhang & Wang (2009). Cinco de estos últimos fueron detectados en $2.12 \mu\text{m}$ y dos son nuevos candidatos a EGOs sin contra-parte en $2.12 \mu\text{m}$. (Gómez et al. 2003; Khanzadyan et al. 2004; Caratti o Garatti et al. 2006). Se encuentra una excelente correspondencia entre las emisiones en $[4.5] \mu\text{m}$, $2.12 \mu\text{m}$ y el flujo molecular detectado por Dent et al. (1995). El espaciamiento cuasi-regular de los nodos detectados y el correspondiente tiempo dinámico entre los mismos (~ 194.3 años), concuerdan con el período de recurrencia de los eventos de tipo FU Orionis.

Referencias

- Andre P., Ward-Thompson D., Barsony M., 1993, ApJ, 406, 122
 Caratti o Garatti A., et al., 2006, A&A, 449, 1077
 Cyganowski C. J., et al., 2008, AJ, 136, 2391
 Dent W. R. F., et al., 1995, MNRAS, 277, L25
 Gómez M., et al., 2003, AJ, 126, 863
 Hartmann L., Kenyon S. J., 1996, ARA&A, 34, 207
 Heathcote S., Reipurth B., 1992, AJ, 104, 2193
 Khanzadyan T., et al., 2004, A&A, 426, 171
 Lada C. J., 1987, in Peimbert M., Jugaku J., eds, Star Forming Regions Vol. 115 of IAU Symposium, Star formation - From OB associations to protostars. pp 1–17
 Reach W. T., et al., 2006, AJ, 131, 1479
 Reipurth B., Heathcote S., Vrba F., 1992, A&A, 256, 225
 Reipurth B., Raga A. C., Heathcote S., 1992, ApJ, 392, 145
 Smith M. D., Rosen A., 2005, MNRAS, 357, 1370
 Zhang M., Wang H., 2009, AJ, 138, 1830