

## PRESENTACION MURAL

### Análisis de las distribuciones espectrales de energía de núcleos pre-estelares

H. P. Saldaño<sup>1</sup>, M. Gómez<sup>1</sup>

(1) Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba

**Abstract.** In this contribution we present the Spectral Energy Distributions (SEDs) modeling of 4 massive stellar objects, in their initial evolutionary stages, obtained from the 1.2 mm catalogue of Beltrán et al. (2006, A&A, 447, 221). The Herschel images at 70 - 500  $\mu\text{m}$ , combined with those obtained by WISE, allow us to build the SEDs. We use the code of Whitney et al. (2003, AJ, 591, 1049) to model them. For the youngest objects, instead, we apply a simple modified black body model. We estimate the envelope circumstellar parameters which characterize these massive stars and identify the evolutionary stage of each object according to the sequence proposed by Chambers et al. (2009, AJSS, 181, 360).

**Resumen.** En esta contribución presentamos el modelado de las Distribuciones Espectrales de Energía (SEDs) de 4 objetos estelares masivos, en su etapas evolutivas iniciales, obtenidos del catálogo de fuentes en 1.2 mm de Beltrán et al. (2006, A&A, 447, 221). Las imágenes en 70 - 500  $\mu\text{m}$  de Herschel, en combinación con aquellas obtenidas por WISE, nos permitieron construir las SEDs. Para el modelado de las mismas empleamos el código de Whitney et al. (2003, AJ, 591, 1049) y un modelo simple de cuerpo negro modificado para los objetos más jóvenes. Estimamos parámetros de la envoltente circunestelar que los caracteriza e identificamos las etapas evolutivas de los mismos de acuerdo a la secuencia propuesta por Chambers et al. (2009, AJSS, 181, 360).

## 1. Introducción

Los estados evolutivos más tempranos de las protoestrellas masivas se encuentran en nubes estelares muy densas ( $n \sim 10^3 - 10^5 \text{ cm}^{-3}$ ), frías ( $T < 30 \text{ K}$ ) y masivas (10 - 1000  $M_{\odot}$ ), conocidas como “*clump*” o grumos y “*cores*” o núcleos pre-estelares (Garay et al. 2004). Los *clumps* están definidos como regiones de formación de protocúmulos estelares y los *cores* como lugares donde se forman las estrellas individuales o sistemas binarios (Kennicutt & Evans II 2012). Chambers et al. (2009) propusieron una secuencia evolutiva de los núcleos pre-estelares. La primera etapa estaría dada por Núcleos Inactivos, sin ninguna estrella en su interior, comunmente conocidas como “*starless cores*”, los cuales no presentarían actividad en el infrarrojo medio (no detectados en la banda E(21.3  $\mu\text{m}$ ) del telescopio MSX) y tendrían una distribución de densidad casi uniforme. La siguiente

etapa se conoce como Núcleos Activos, los cuales serían detectados en el infrarrojo medio debido a que uno o más embriones estelares comenzarían a calentar su envoltura de gas y polvo. La última etapa se la define como Núcleos Rojos, núcleos más calientes que presentarían emisiones de moléculas trazadoras tales como el CS, máseres de CO y H<sub>2</sub>O, PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*) y emisiones de regiones HII ultra compactas.

En este trabajo presentamos las SEDs de cuatro de los seis objetos detectados por Beltrán et al. (2006) en 1.2 mm, los cuales se encuentran asociados a la fuente IRAS08563–4225 y están definidos como *clumps* por estos autores. El *clump* más intenso en 1.2 mm (definido como *clump 1* en este trabajo, ver Fig.1) presenta líneas de emisión de la molécula C<sub>2</sub>O, comunmente observada en regiones de formaciones de estrellas masivas (Beuther et al. 2008).

## 2. Imágenes de Herschel y WISE

En las imágenes de la Fig. 1 presentamos la región de la fuente IRAS08563–4225 observada por Herschel (70  $\mu\text{m}$ ) y WISE (22  $\mu\text{m}$ ). Con líneas continuas en azul mostramos los contornos de emisión en 1.2 mm de Beltrán et al. (2006). Con líneas verdes de trazos presentamos los contornos del cociente de las imágenes de PACS (70 $\mu\text{m}$ /160 $\mu\text{m}$ ). Estas últimas líneas pertenecen al cociente de las densidades de flujos (Jy/pixel):  $F_{70}/F_{160} < 1$ , los cuales estarían asociados con trazadores de regiones de formación estelar (Bendo 2012). Estos contornos están completamente correlacionadas con las líneas en el milimétrico de Beltrán et al. (2006). En el panel derecho de la Fig. 1 superpusimos los contornos en 70  $\mu\text{m}$ , en verde, sobre la imagen de WISE. Podemos ver que los *clumps 1 y 2* son detectados en 22  $\mu\text{m}$ , otros no presentan emisión apreciable en esta longitud de onda (*clumps 4 y 5*), mientras que los *clumps 3 y 6* no son detectados en las bandas en 70 y 160  $\mu\text{m}$  de Herschel. Estos últimos cuatro *clumps* son candidatos a *starless cores*.

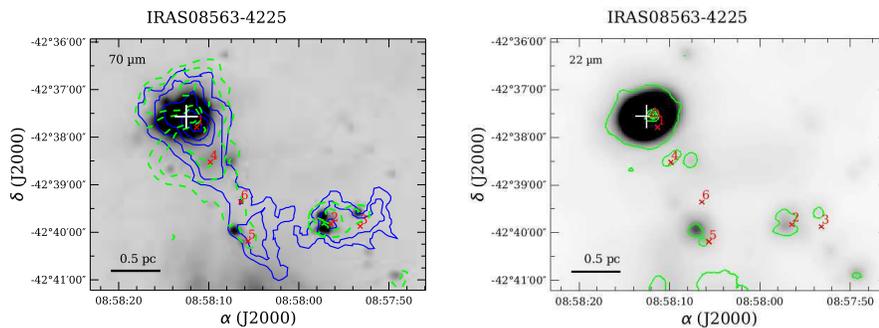


Figura 1. En el panel izquierdo presentamos en azul las líneas de contornos en 1.2 mm sobre la imagen en 70  $\mu\text{m}$  de Herschel. En verde, los contornos del cociente de las imágenes 70/160  $\mu\text{m}$ . En el panel derecho, sobre la imagen en 22  $\mu\text{m}$  de WISE, superpusimos las líneas de contornos en 70  $\mu\text{m}$  (verde). Con el símbolo “+” indicamos la posición de la fuente IRAS, y con el símbolo “x” las posiciones de los *clumps* detectado por Beltrán et al. (2006).

### 3. Análisis de las SEDs y resultados

A continuación presentamos las SEDs de 4 *clumps* asociados a la fuente IRAS 08563–4225. Realizamos una fotometría de apertura para extraer los flujos en las cinco bandas de Herschel<sup>1</sup>. En primera instancia, para modelar las SEDs usamos la grilla de Robitaille et al. (2006) para obtener sistemáticamente un primer ajuste y luego utilizamos el código de Whitney et al. (2003) para refinar los parámetros de éste. El mejor modelo se presenta en línea continua azul. La línea de puntos en el infrarrojo lejano representa a un cuerpo negro modificado y la línea de puntos en el infrarrojo cercano la emisión de la estrella central si ésta no estuviera afectada por la envoltente de polvo (Kurucz 1994). Los flujos observados y considerados en el modelado se representan con rombos llenos. El rombo vacío en la gráfica del *clump 5* corresponde al flujo en 70  $\mu\text{m}$ , el cual presenta un error considerable, resultando poco confiables su valor.

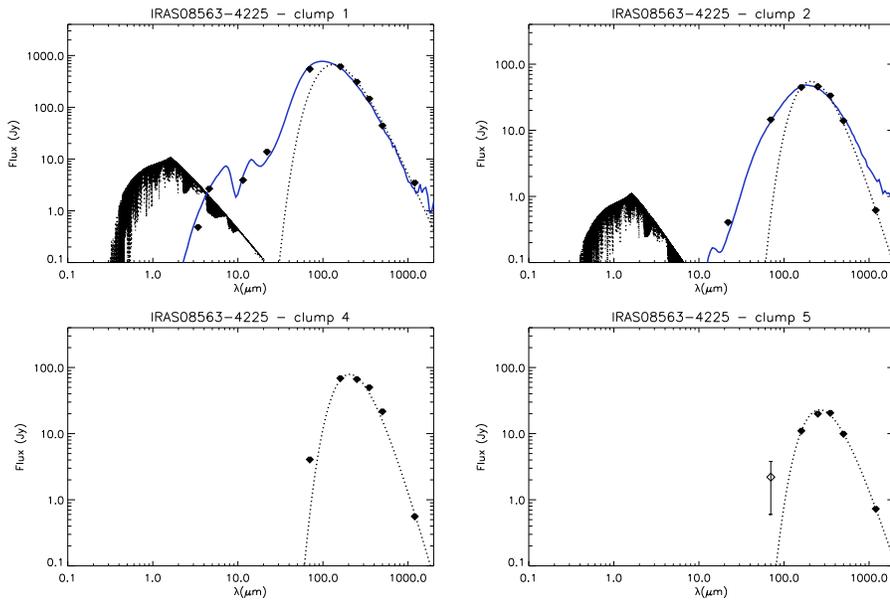


Figura 2. SEDs de *clumps* asociados a la fuente IRAS08563–4225. En los paneles superiores, en azul, mostramos el mejor ajuste con el código de Whitney et al. (2003). En línea de puntos en el infrarrojo cercano la emisión de atmósfera de Kurucz. En los paneles inferior graficamos los candidatos a *starless cores* modelados con un cuerpo negro modificado. Los valores de los errores correspondientes a los flujos indicados con rombos llenos son menores que el tamaño de los símbolos.

La SED del *clump 1* correspondería a un objeto muy joven, el cual sería definido como un núcleo activo siguiendo la definición de Chambers et al. (2009), ya que éste presenta emisiones débiles en el infrarrojo medio. Mientras que la SED del *clump 2*, por ser mucho más débil en el infrarrojo medio que en el caso anterior,

<sup>1</sup>Para ello se empleó el procedimiento indicado en HIPE (“*Herschel Interactive Processing Environment*”, <http://herschel.esac.esa.int/>).

sería considerada como un núcleo inactivo entrando a la fase activa, además de que esta SED no puede ser ajustada con la distribución de un cuerpo negro modificado. Se estima que esta fuente tiene  $A_V \sim 100$  mag. Las SEDs de los *clumps* 4 y 5 corresponderían a núcleos inactivos debido a que ambos son muy débiles en  $70 \mu\text{m}$ . Estas últimas SEDs sólo fueron ajustadas con la distribución de un cuerpo negro modificado.

En la Tabla 1, presentamos los parámetros de las envolturas de estos objetos obtenidos a través del modelado de sus respectivas SEDs. Los parámetros del *clump* 1 se corresponden con los de tipo núcleos activos. Los del *clump* 2 a los de las fuentes del tipo núcleos inactivos. Notar que los parámetros de la envoltura  $M_{\text{env}}$  y  $R_{\text{env}}$  (masa y radio externo), son relativamente grandes, en tanto que parámetros, tales como la masa del disco ( $M_{\text{d}}$ ), las tasas de acreción del disco ( $\dot{M}_{\text{d}}$ ) y de la envoltura ( $\dot{M}_{\text{env}}$ ), tienen valores muy pequeños, indicios de que los objetos analizados se encuentran en las primeras etapas evolutivas, comenzando la fase de acreción. Estos objetos presentan valores de extinción  $\gtrsim 100$  mag. En el caso de los *clumps* 4 y 5 sólo fue posible estimar las temperaturas de la envoltura ( $T_{\text{env}}$ ), mediante un modelo de cuerpo negro modificado. Esto indica que se encuentran en una etapa aún más temprana de la evolución.

Tabla 1. Parámetros de los *clumps* asociados a la fuente IRAS08563–4225

Parámetros	<i>Clump</i> 1	<i>Clump</i> 2	<i>Clump</i> 4	<i>Clump</i> 5
$T_{\text{env}}$ (K)			15.6	10.7
$M_{\text{d}}$ ( $M_{\odot}$ )	$3.7 \times 10^{-2}$	$1.9 \times 10^{-3}$		
$\dot{M}_{\text{d}}$ ( $M_{\odot}/\text{yr}$ )	$8.1 \times 10^{-7}$	$2.9 \times 10^{-8}$		
$R_{\text{ext env}}$ (AU)	$10^5$	$4 \times 10^4$		
$\dot{M}_{\text{env}}$ ( $M_{\odot}/\text{yr}$ )	$1.7 \times 10^{-3}$	$6.9 \times 10^{-3}$		
$M_{\text{env}}$ ( $M_{\odot}$ )	943	433		

En este trabajo se presentaron resultados iniciales sobre el modelado de las SEDs de 4 *clumps* asociados con la fuente IRAS08563–4225. Uno de ellos se encuentra en la etapa de núcleo activo, otro en la fase de núcleo inactivo entrando a la fase activa y los dos restantes en plena fase de núcleos inactivos, de acuerdo al esquema evolutivo de Chambers et al. (2009). Se continuará con el modelado de otras fuentes del catálogo de Beltrán et al. (2006) de características similares.

## Referencias

- Beltrán M. T., et al., 2006, A&A, 447, 221  
 Bendo G. J., 2012, IAU Symposium, 284, 97  
 Beuther H., et al., 2008, AJ, 675, 33  
 Chambers E. T., et al., 2009, AJSS, 181, 360  
 Garay g., et al., 2004, AJ, 610, 313  
 Kennicutt R. C., Evans II N. J., 2012, ARA&A, 50, 531  
 Kurucz R. L., 1994, IAUS, 154, 523  
 Robitaille T. P., et al., 2006, AJSS, 167, 256  
 Whitney B. A., et al., 2003, AJ, 591, 1049