

Determinación de parámetros físicos y geométricos de núcleos pre-estelares de gran masa

Hugo Saldaño y Mercedes Gómez¹
Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

En esta contribución presentamos el modelado de los perfiles de intensidad de 10 objetos jóvenes de gran masa (clumps), seleccionados del catálogo de Beltrán et al. (2006) y del trabajo de Crimier et al. (2010). Estos perfiles son obtenidos de imágenes del instrumento PACS del telescopio espacial Herschel en las bandas de 70 y 160 μm . Para cada objeto, el modelado del perfil de intensidad es complementado por el correspondiente a la Distribución Espectral de Energía (SED) lo cual permite estimar los parámetros de cada fuente joven. Ambos modelos son calculados mediante el código DUSTY de Ivezić et al. (1997). Para la construcción de las SEDs se usan los datos de WISE y Herschel.

Introducción

Las estrellas masivas se formarían en regiones muy densas ($n \sim 10^{3-6} \text{ cm}^{-3}$), muy frías ($T < 30 \text{ K}$) y de gran masa ($M \sim 8 - 1000 M_{\text{sol}}$), conocidas como “clumps” o grumos y “cores” o núcleos pre-estelares. Muchos de estos objetos, en sus estados evolutivos muy tempranos, son fuentes muy intensas en el infrarrojo lejano ($\geq 100 \text{ Jys}$ cerca de los $100 \mu\text{m}$), muy débiles o casi imperceptibles en el infrarrojo medio, y de simetría casi esférica. En este trabajo presentamos el análisis de las distribuciones espectrales de energías (SEDs) y de sus perfiles de intensidad en 70 y 160 μm de Herschel de diez de estos tipos de objetos de gas y polvo, los cuales estarían albergando por lo menos una protoestrella de alta masa.

Muestra y Observaciones

Seleccionamos dos fuentes del trabajo de Crimier et al. (2010) y ocho fuentes IRAS del catálogo de Beltrán et al. (2006), las cuales fueron observados en el 1.2 mm. Algunas de ellas están asociados con más de un clump denso y masivo. Las SEDs de los clumps (ver Figura 1) fueron construidas con los flujos obtenidos de las imágenes de los telescopios espaciales Herschel y WISE. Los flujos del telescopio Herschel fueron determinados a través de la fotometría de apertura usando el software HIPE. También, con este software, determinamos los perfiles de intensidad radiales normalizados en las bandas de PACS (Figura 1). Por otro lado, los flujos de WISE fueron tomados de la base de datos de este telescopio.

Método

Las SEDs y los perfiles de intensidad normalizados fueron modelados con el código DUSTY. Este código resuelve la ecuación de transferencia radiativa 1-D en un medio de polvo que encierra una estrella central, la cual emite como un cuerpo negro, cuya radiación es absorbida, dispersada y re-emitida por el polvo de la envoltente. Esta envoltente tiene una densidad que sigue una ley de potencia cuyo exponente es p , un tamaño relativo dado por $Y = r_{\text{ext}}/r_1$ y un camino óptico total en $100 \mu\text{m}$, τ_{100} . Para ajustar los datos observados construimos una grilla o librería de ~ 48000 modelos, cuyo set de parámetros de estrada se resumen en la Tabla 1. La temperatura de la fuente central y la temperatura del radio interno de la envoltente son parámetros considerados fijos, ambos con valores de 15000 y 300 K, respectivamente. Variaciones en estos parámetros no introducen cambios considerables en los resultados (Crimier et al. 2010). En estos casos, donde las fuentes son muy jóvenes, consideramos que las partículas de polvo de la envoltente están envueltas por una capa de hielo. Esto se refleja en la opacidad del polvo, el cual es tomado del trabajo de Ossenkopf and Henning (1994).

Tabla 1. Rangos de los parámetros de entrada de DUSTY

| Parámetros | Rangos | Pasos |
|--|------------|-------|
| Índice de potencia, p | 0.0 – 3.0 | 0.1 |
| Tamaño relativo de la envoltente, $Y = r_{\text{ext}}/r_1$ | 100 - 3100 | 100 |
| Camino óptico en $100 \mu\text{m}$, τ_{100} | 0.1 - 5.0 | 0.1 |

Resultados

A continuación presentamos los mejores ajustes realizados en las SEDs y en los perfiles de intensidad de las fuentes de la muestra, junto con la Tabla 2, en donde se presentan los parámetros obtenidos en el ajuste.

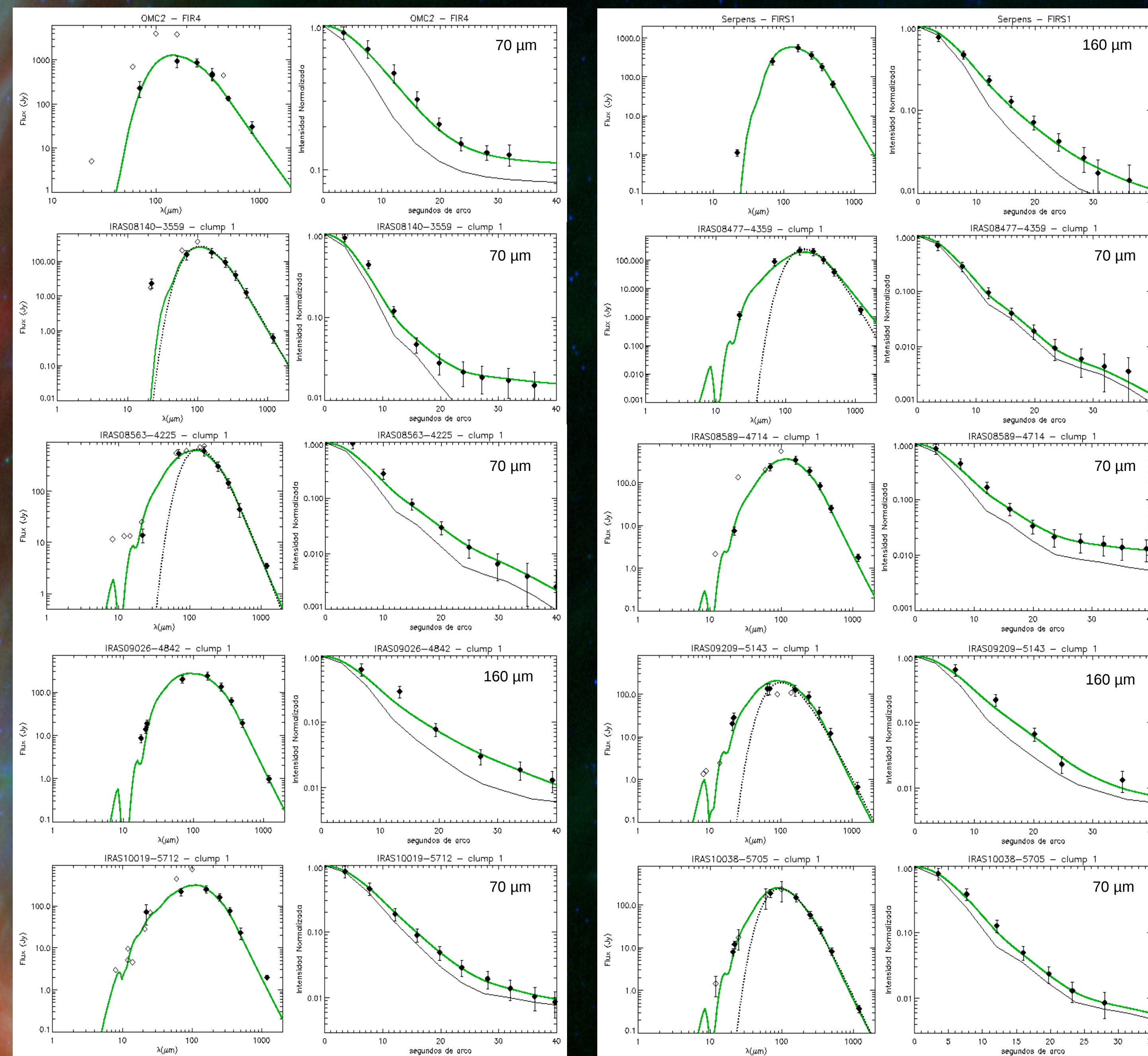


Figura 1. Ajuste de las SEDs y perfiles de intensidad en 70 y 160 μm de diez fuentes jóvenes y masivas. En las SEDs, los rombo llenos corresponden a los datos usados en el modelado, mientras que en rombos vacíos presentamos a flujos considerados como cotas mayores o menores, y no fueron usados en el ajuste. Algunas SEDs tienen el ajuste del modelo de un cuerpo negro modificado en líneas de puntos en la región del infrarrojo lejano. En los perfiles de intensidad, la línea negra continua corresponde al perfil instrumental usado en la convolución.

Tabla 2. Parámetro usados y determinados en el ajuste simultaneo de las SEDs y en los perfiles de intensidad

| Parámetros Fijos de Entrada | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Temperatura Estelar | 15000 K | | | | | | | | | |
| Temperatura del Polvo en r_1 | 300 K | | | | | | | | | |
| Opacidad del polvo en $100 \mu\text{m}$, K_{100} | 86.5 cm^2/g | | | | | | | | | |
| Parámetros de los mejores ajustes | | | | | | | | | | |
| Fuentes | OMC2 FIR4 | Serpens FIRS1 | IRAS08140-3559 clump 1 | IRAS08477-4359 clump 1 | IRAS08563-4225 clump 1 | IRAS08589-4714 clump 1 | IRAS09026-4842 clump 1 | IRAS09209-5143 clump 1 | IRAS10019-5712 clump 1 | IRAS10038-5705 clump 1 |
| Distancia, (pc) | 437 | 230 | 3800 | 1800 | 1700 | 1500 | 1900 | 6400 | 1800 | 6000 |
| Luminosidad, (L_{sed}) | 180 | 32.5 | 4000 | 650 | 3100 | 1200 | 2000 | 17000 | 2210 | 15000 |
| Camino Óptico, τ_{100} | 2.0 | 1.6 | 1.0 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| Índice de potencia, p | 0.0 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 0.0 |
| Ancho de rel. $Y = r_{\text{ext}}/r_1$ | 100 | 300 | 100 | 600 | 300 | 200 | 300 | 200 | 300 | 100 |
| Parámetros Físicos | | | | | | | | | | |
| Radio interno, r_1 (UA) | 37.8 | 22.5 | 208 | 66.4 | 151 | 90.6 | 133 | 364 | 124 | 323 |
| Radio externo, r_{ext} (UA) | 3779 | 6750 | 20809 | 39840 | 45300 | 18120 | 39900 | 72800 | 37200 | 32265 |
| Temp. del polvo en r_{ext} (K) | 20 | 13 | 21 | 12 | 17 | 19 | 17 | 20 | 19 | 26 |
| Masa de la envolv. (M_{dust}) | 16 | 4.6 | 91 | 260 | 124 | 36 | 54 | 240 | 48 | 114 |

Discusión

Este trabajo muestra el ajuste de las SEDs y los perfiles de intensidad de una muestra de fuentes jóvenes y masivas. En este ajuste encontramos que las cantidades físicas determinadas están en bastante acuerdo con algunos parámetros determinados por Beltrán et al. (2006) y Crimier et al. (2010). En un futuro próximo esperamos refinar la grilla de modelos para obtener mejores parámetros y ajustar una mayor cantidad de fuentes jóvenes. También, realizaremos un estudio más detallado de la envoltura de cuatro fuentes presentadas en este trabajo a través de observaciones espectrométricas en el radio, obtenidas con el telescopio APEX. El último estudio proveerá información de las condiciones físicas del gas y de la características de los outflows moleculares que estarían presentes en estos objetos jóvenes.

Referencias

- Beltrán M. T., et al., 2006, A&A, 447, 221
Crimier N., Ceccarelli C., Alonso-Albi T., et al., 2010, A&A, 516, A102
Ivezić, A., and Elitzur, M., 1997, MNRA, 287, 799
Ossenkopf V. and Henning Th., 1994, A&A, 291, 943