

Propiedades físicas y geométricas de discos de cuatro nuevas enanas marrones jóvenes

Luciana Gramajo, Mercedes Gómez

Observatorio Astronómico de Córdoba, Argentina.

Introducción

Las estrellas enanas marrones jóvenes son objetos con masas por debajo del límite de combustión del Hidrógeno ($M \sim 0.080-0.015 M_{\text{sol}}$). Durante los últimos años relevamientos espectroscópicos y fotométricos de diversas regiones de formación estelar se han identificado una población creciente de estos objetos subestelares (e.g., Comerón et al. 2004 A&A, 458, 21; Luhman et al. 2005 ApJ, 659, 1629; Monin et al. 2010 A&A, 515, 91; Riaz et al. 2014 MNRAS, 442, 3065). Estas mismas observaciones proporcionan evidencias sólidas que sugieren que las enanas marrones jóvenes (edades de un millón de años) comparten ciertas características con las estrellas de tipo T Tauri, estrellas de baja masa en formación. Un ejemplo de ello es la presencia de discos circunestelares, confirmados a partir de la detección de excesos en el infrarrojo, de la misma manera que se presentan en las estrellas T Tauri (Muench et al. 2001 ApJ, 558, 51; Luhman et al. 2005 ApJ, 659, 1629). La evolución temprana de estos objetos, por lo tanto, se daría de manera análoga a la de estrellas de baja masa o de tipo solar. Aunque observaciones fotométricas y espectroscópicas han mostrado que las enanas marrones pasan por una etapa de acreción similar a la que experimentan las estrellas T Tauri, limitaciones de tipo instrumental dificultan la detección directa, mediante la obtención de imágenes, de discos en estos objetos. Afortunadamente las distribuciones espectrales de energía (SEDs) de las enanas marrones muestran excesos infrarrojos que pueden atribuirse a la presencia de discos. En la actualidad se conocen un total de 80 enanas marrones jóvenes "bonafide" pertenecientes a distintas regiones de formación estelar.

SEDs observacionales

Actualmente se han incorporado 4 nuevas enanas marrones a un grupo de 12 objetos presentados en trabajos anteriores. Los objetos mencionados son: KPNO Tau 12, S Ori 3, SS1102 y 2M1202, pertenecientes a diversas regiones de formación estelar, tales como: Taurus Auriga, TW Hydrae y σ Ori. Las SEDs fueron confeccionadas a partir de datos fotométricos recopilados de la literatura, en el rango de 0.3 a 3000 μm utilizando datos de diversos telescopios, tales como: 2MASS, WISE, SPITZER y Herschel. Cabe mencionar que, especialmente, para longitudes de onda larga ($\lambda > 100\mu\text{m}$) la mayoría de los autores solo han podido determinar límites superiores para los flujos.

Procedimiento

Para realizar el análisis de las SEDs observacionales se utiliza el código desarrollado por Whitney et al. (2003 ApJ, 591, 1049; W03). Este modelo reproduce un sistema protoestelar consistente en una fuente central que emite fotones, un disco circunestelar y una nube de gas y polvo que la rodea. El código se basa en las rutinas Monte Carlo aplicadas al transporte radiativo, mediante las cuales realiza el seguimiento de fotones no polarizados emitidos por la fuente central a medida que son dispersados y absorbidos por las distintas componentes del sistema. Una vez construida la SED observada para cada objeto, a partir de las observaciones recopiladas, se le busca una solución inicial. Para ello se tienen en cuenta los valores de algunos de los parámetros determinados previamente, tales como: la masa de la estrella, así como también el tipo espectral, del cual se puede derivar la temperatura efectiva. Estos valores son empleados como punto de partida en el modelado. De lo contrario se adoptan como valores iniciales a aquellos típicos para las estrellas de muy baja masa o enanas marrones. Se realiza un proceso de ajuste o modelado de la SED observada para lo cual se varían los parámetros listados en la Tabla 1. La SED modelada es comparada con la observada hasta que se logran la aproximación deseada.

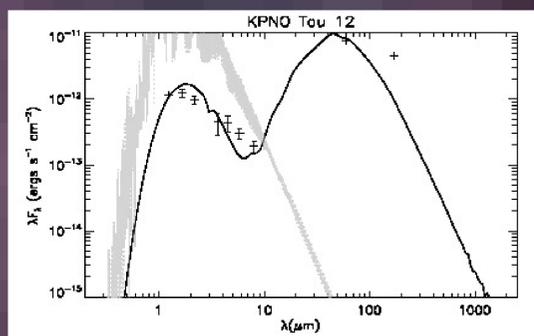


Figura 1: Objeto KPNO Tau 12. En línea continua se grafica la SED modelada, con cruces los datos recopilados de la literatura y a modo de comparación se grafica en línea de puntos la atmósfera de Allard et al. (2003, IAUS, 211, 325), correspondiente a la T_{ef} del objeto central.

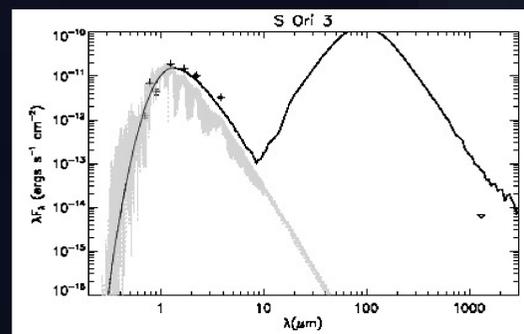


Figura 2: Objeto S Ori 3. En línea continua se grafica la SED modelada, con cruces los datos recopilados de la literatura y a modo de comparación se grafica en línea de puntos la atmósfera de Allard et al. (2003, IAUS, 211, 325), correspondiente a la T_{ef} del objeto central.

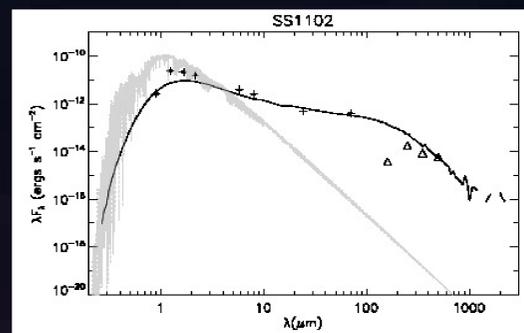


Figura 3: Objeto SS1102. En línea continua se grafica la SED modelada, con cruces los datos recopilados de la literatura y a modo de comparación se grafica en línea de puntos la atmósfera de Allard et al. (2003, IAUS, 211, 325), correspondiente a la T_{ef} del objeto central.

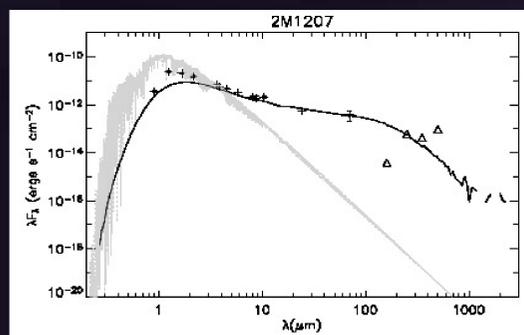


Figura 4: Objeto 2M1207. En línea continua se grafica la SED modelada, con cruces los datos recopilados de la literatura y a modo de comparación se grafica en línea de puntos la atmósfera de Allard et al. (2003, IAUS, 211, 325), correspondiente a la T_{ef} del objeto central.

Resultados iniciales - Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados iniciales del análisis de las SEDs de cuatro nuevas enanas marrones jóvenes (ver Figuras 1--4), además de los derivados anteriormente para las otras 8 fuentes. En general los valores obtenidos están en acuerdo con los publicados por otros autores. El promedio de la masa del disco es de $5.6 \times 10^{-4} M_{\odot}$, y de la tasa de acreción de masa del disco es de $13.6 \times 10^{-10} M_{\odot}/\text{año}$. Los valores típicos de las estrellas tipo T Tauri son de $0.01 M_{\odot}$, y $4.6 \times 10^{-9} M_{\odot}/\text{año}$ para la masa y tasa de acreción de masa del disco, respectivamente (Whitney et al. 2003). Los valores obtenidos para la masa y la temperatura de la fuente central son de $0.04 M_{\odot}$, y 2806K en las enanas marrones, mientras que en las estrellas de clase II son de $0.5 M_{\odot}$, y 4000K respectivamente (ver Whitney et al. 2003). Teniendo en cuenta estos resultados, se puede decir que los discos en las enanas marrones jóvenes resultan una versión escalada (reducida) de aquéllos en las estrellas tipo T Tauri. Por otra parte, los modelos de formación estelar sugieren que es en el disco donde se forman los planetas. El valor promedio de la masa del disco para la muestra analizada es de $\sim 0.0006 M_{\odot}$, lo cual representa $\sim 0.6 M_{\text{J}}$, $\sim 200 M_{\text{Tierra}}$ y $16200 M_{\text{luna}}$. Estos discos cuentan, entonces, con masa suficiente para producir o formar planetas.

Tabla 1: Resultados obtenidos del análisis de las SED del grupo estudiado de enanas marrones.

| Parámetros | IC348 613 | J041411+2811 | KPNO Tau 12 | CFH BD Tau 12 | 2M 0438+2611 | CFH BD Tau 4 | S Ori 3 | SS1102 | Cha Ha 1 | Cha Ha 6 | 2M1202 | ISO Oph 32 |
|--|-----------|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------|---------|--------|----------|----------|--------|------------|
| $M_{\star} (M_{\odot})$ | 0.02 | 0.069 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 |
| $R_{\star} (R_{\odot})$ | 2.50 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 1.26 | 1.32 | 1.05 | 2.30 | 0.90 | 0.80 | 1.80 | 2.3 |
| $T_{\star} (\text{K})$ | 2550 | 2960 | 2400 | 2950 | 2900 | 3000 | 2900 | 2950 | 2770 | 3000 | 2600 | 2700 |
| $\dot{M} (10^{-13} M_{\odot}/\text{año})$ | 1.0 | 0.1 | 5.0 | 3.0 | 50.0 | 10.0 | 3.0 | 0.8 | 0.1 | 1.2 | 0.8 | 0.1 |
| $R_{\text{C}} (\text{UA})$ | 15 | 80 | 150 | 50 | 35 | 10 | 50 | 35 | 35 | 100 | 35 | 60 |
| $R_{\text{mind}} (R_{\star})$ | 2.6 | 2.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 5.0 | 2.0 | 3.0 |
| $M_{\text{disco}} (10^{-4} M_{\odot})$ | 6.0 | 8.5 | 6.0 | 6.0 | 8.0 | 8.0 | 0.8 | 3.5 | 9.0 | 4.0 | 3.5 | 4.0 |
| $\dot{M}_{\text{disco}} (10^{-10} M_{\odot}/\text{año})$ | 60.0 | 1.0 | 70.0 | 5.0 | 1.0 | 10.0 | 1.0 | 5.0 | 5.0 | 0.1 | 4.0 | 1.0 |
| $i (^{\circ})$ | 81 | 21 | 10 | 70 | 60 | 3 | 89 | 20 | 3 | 50 | 15 | 10 |