

Star Formation in Cluster Environments at Mm and Submm Wavelengths

Resultados más importantes

En este trabajo se han estudiado cuatro regiones de formación estelar en modo de cúmulo a longitudes de onda milimétricas (mm) y submilimétricas (submm) con alta resolución angular y alta sensibilidad, con el objetivo de caracterizar, en las etapas más tempranas de la formación de los cúmulos, la naturaleza de sus miembros y la interacción entre ellos. Para ello, se ha observado con interferómetros mm/submm (SMA, BIMA, PdBI) el continuo a dichas longitudes de onda, así como moléculas trazadoras de gas denso (N_2H^+ , NH_3 , CS) y de flujos moleculares (SiO, CO).

Para llevar a cabo el proceso de selección, se observaron previamente ocho regiones con el VLA y el IRAM 30 m. Las cuatro regiones seleccionadas son HH 211, IRAS 00117+6412, IRAS 20343+4129 e IRAS 20293+3952, cuyo objeto de mayor luminosidad bolométrica es de 250, 1300, 3200, y 6300 L_\odot , respectivamente. Para las cuatro regiones estudiadas se han encontrado objetos que parecen estar en diferentes estados evolutivos, desde núcleos pre-protoestelares hasta objetos Clase II/III, y eso sugiere que la formación estelar en los cúmulos tiene lugar de forma continuada. En cuanto a la interacción entre los miembros, encontramos evidencias para el caso de IRAS 20343+4129, donde el objeto más masivo crea una cavidad a su alrededor y acumula masa en sus paredes, e IRAS 20293+3952, donde el objeto más masivo parece estar calentando su entorno e incrementando la abundancia de moléculas como el CN, mientras que uno de los objetos de masa intermedia/baja parece estar impulsando un flujo molecular que a su vez impacta contra un núcleo denso. Otro resultado relevante en esta región es la diferenciación química encontrada en la nube de gas denso a través del cociente NH_3/N_2H^+ . Además, la alta resolución angular ha permitido estudiar en detalle el flujo molecular asociado a HH 211 mm, y se ha encontrado que el mecanismo que impulsa dicho flujo parece ser un viento de ángulo ancho.

Con estos datos nuevos y otros recogidos de la literatura, se ha compilado una tabla de 5 regiones con objetos de masa alta muy jóvenes observados a longitudes de onda mm/submm con alta resolución angular y sensibilidades mejores que $1 M_\odot$, y se ha encontrado que el número de fuentes mm alrededor del objeto joven masivo es menor que el número de fuentes infrarojas alrededor de estrellas masivas, lo cual parece indicar que la escala de tiempo en que un objeto estelar joven es brillante en el mm es menor que la escala de tiempo en que un objeto estelar joven es brillante en el infrarojo. Así mismo, se ha encontrado una escala espacial típica de 0.1–0.3 pc asociada a un estado evolutivo particular. Para acabar, aunque no se puede descartar que la formación estelar haya sido inducida en algunos casos particulares, únicamente la inducción no puede explicar la distribución espacial de los objetos estelares jóvenes de las regiones, y se sugiere que dicha distribución debe quedar esencialmente determinada por las condiciones iniciales de la nube molecular original.

Posible impacto

- Éste es el primer trabajo en el que se ha compilado una lista de regiones de formación estelar de masa intermedia/alta observadas a longitudes de onda mm/submm con alta resolución angular y con sensibilidades mejores que $\sim 1 M_\odot$. La lista compilada en este trabajo, completada con las nuevas regiones que han aparecido en la literatura (e.g., Beltrán et al. 2006; Zhang et al. 2007; Beuther et al. 2007) permite buscar una correlación (como la encontrada en el infrarojo por Hillenbrand 1995 y Testi et al. 1998) entre el número de fuentes mm y la luminosidad bolométrica de la estrella más masiva del cúmulo (Palau et al. 2008a). La búsqueda de dicha correlación en una etapa tan temprana de la formación del cúmulo puede sugerir ideas clave para entender la formación estelar alrededor de estrellas de alta masa y la influencia de éstas en su entorno.
- Este estudio abre la posibilidad de que el cociente NH_3/N_2H^+ sea un indicador del estado evolutivo de los diferentes núcleos densos no sólo en regiones de masa baja (e.g., Hotzel et al. 2004) sino también en regiones de masa alta.
- Gracias a este trabajo se ha desarrollado un método de construcción de mapas de parámetros físicos (temperatura, densidad columnar) derivados a partir de espectros, que ha resultado exitoso para indentificar las zonas de interacción en el cúmulo (calentamiento, dispersión de velocidades alta), así como para asociar objetos infrarojos con la nube de gas denso (Palau et al. 2007a; Busquet et al. 2008b, en prep.).
- Actualmente no está claro cuál es el mecanismo que impulsa los flujos moleculares, que puede ser un viento estelar de ángulo ancho o un chorro colimado. Nuestro estudio de alta resolución angular muestra que, para el caso de HH 211 mm, el mecanismo impulsor del flujo parece ser un viento estelar de ángulo ancho (Palau et al. 2006).

Futuras líneas de investigación

- Ampliación de la lista de regiones de formación estelar de masa alta observadas a longitudes de onda mm/submm con alta resolución angular y alta sensibilidad, con el objetivo de mejorar la estadística del número de fuentes mm alrededor de una estrella joven masiva y buscar una posible correlación con la luminosidad bolométrica (Palau et al. 2008a, en prep.).
- Estudio del gas denso y las interacciones, así como del cociente NH_3/N_2H^+ para otras regiones de formación estelar de masa alta, y desarrollo de modelos químicos para explicar las observaciones (de este resultado ha surgido una colaboración con el grupo de Serena Viti en la University College London, Busquet et al. 2008a, en prep.; Palau et al. 2008b, en prep.).
- Estudio de una posible secuencia evolutiva para la etapa de transición entre cúmulo profundamente sumergido en la nube original y cúmulo libre de gas y polvo (Sánchez-Monge et al. 2008).

Publicaciones derivadas de la tesis

Publicadas

- Lee, C.-F., Ho, P. T. P., Palau, A., Hirano, N., Bourke, T. L., Shang, Hsien, & Zhang, Q. 2007, *Submillimeter Arcsecond-Resolution Mapping of the Highly Collimated Protostellar Jet HH 211*, ApJ, 670, 1188
- Palau, A., Estalella, R., Girart, J. M., Ho, P. T. P., Zhang, Q., & Beuther, H. 2007a, *Star formation in a clustered environment around an UCHII region in IRAS 20293+3952*, A&A, 465, 219
- Palau, A., Estalella, R., Ho, P. T. P., Beuther, H., & Beltrán, M. T. 2007b, *Unveiling the nature and interaction of the intermediate/high-mass YSOs in IRAS 20343+4129*, A&A, 474, 911
- Palau, A., Ho, P. T. P., Zhang, Q., Estalella, R., Hirano, N., Shang, H., Lee, C.-F., Bourke, T. L., Beuther, H., & Kuan, Y.-J. 2006, *Submillimeter Emission from the Hot Molecular Jet HH 211*, ApJ, 636, 137

Enviadas

- Sánchez-Monge, Á., Palau, A., Estalella, R., Beltrán, M. T., & Girart, J. M. 2008, *Survey of intermediate/high-mass star-forming regions at centimeter and millimeter wavelengths*, A&A, enviado

En preparación

- Busquet, G., Estalella, R., Palau, A., & Zhang, Q. 2008a, *The NH_3/N_2H^+ abundance ratio in AFGL 5142*, en prep.
- Busquet, G., Palau, A. et al. 2008b, *A study of the low-mass star-forming region IRAS 00213+6530 (I)*, en prep.
- Palau, A., Busquet, G., et al. 2008a, *A statistical study of the mm sources forming around high-mass YSOs*, en prep.
- Palau, A., Sánchez-Monge, Á., Busquet, G., Estalella, R. et al. 2008b, *Intermediate and low-mass protostars forming around the UCHII region in IRAS 00117+6412*, en prep.

Referencias

- Beltrán, M. T., Girart, J. M., Estalella, R. 2006, A&A, 457, 865
Beuther, H., Leurini, S., Schilke, P. et al. 2007, A&A, 466, 1065
Hillenbrand, L. A. 1995, PhD Thesis, University of Massachusetts
Hotzel, S., Harju, J., Walmsley, C. M. 2004, A&A, 415, 1065
Testi, L., Palla, F., Natta, A. 1998, A&AS, 133, 81
Zhang, Q., Hunter, T. R., Beuther, H., et al. 2007, ApJ, 658, 1152