

Discos y jets en la formación de sistemas estelares múltiples

Autora: Ana Karla Díaz Rodríguez

(ana.diazrodriguez@manchester.ac.uk)

Tesis doctoral dirigida por: Guillem Anglada Pons

Centro: Instituto de Astrofísica de Andalucía

Fecha de lectura: 10 de febrero de 2021

Nuestro objetivo general es estudiar las primeras etapas del proceso de formación estelar en sistemas múltiples. Para ello analizamos dos aspectos complementarios de la formación múltiple de estrellas: la formación simultánea de protoestrellas en un cúmulo, y la formación de un sistema binario individual.

En primer lugar, presentamos observaciones multibanda (0,7-5 cm) y multiépoca (1994-2015) del VLA hacia la región que contiene las fuentes de IR lejano FIR 3 (HOPS 370) y FIR 4 (HOPS 108) en la Nube Molecular de Orión 2 (OMC-2). Reportamos la detección de diez fuentes de radio, siete de ellas identificadas como objetos estelares jóvenes (YSOs). Obtenemos la imagen del radio *jet* muy bien colimado (VLA 11) con emisión térmica libre-libre en su núcleo, asociado con la protoestrella de Clase I HOPS 370, de masa intermedia. El *jet* presenta varios nudos de emisión no térmica (probablemente sincrotrón debido al choque de electrones relativistas) a distancias de ~7500-12500 unidades astronómicas (au) de la protoestrella, en una región donde otros trazadores de choque han sido previamente identificados. Mostramos que estos nudos se están alejando de la protoestrella HOPS 370 a ~100 km/s. La protoestrella de Clase 0 HOPS 108, que detectamos como una fuente de radio independiente, cinemáticamente desacoplada del *jet*, cae en el camino de estos nudos no térmicos. Estos resultados favorecen el escenario propuesto anteriormente donde la formación de HOPS 108 ha sido desencadenada por el impacto del *jet* de HOPS 370 con el material denso a su alrededor. Sin embargo, HOPS 108 presenta una velocidad de movimiento propia aparente de ~30 km/s, similar a la de otras estrellas "fugitivas" en Orión, cuyo origen es desconcertante.

Más adelante, ampliamos nuestro estudio a todo el campo de visión de esas observaciones, una porción de 12,5' de longitud del Filamento con Forma de Integral (ISF) que contiene todo OMC-2 y los 2,5' más al sur de OMC-3. Reportamos 47 fuentes de radio adicionales, 23 de las cuales se presentan aquí por primera vez. Para estas 47 fuentes de radio, reportamos sus posiciones, densidades de flujo e índices espectrales. Discutimos su naturaleza analizando su índice espectral de radio, morfología, emisión a otras longitudes de onda, posición relativa al ISF y asociación con condensaciones de polvo. Concluimos que, del total de 57 fuentes de radio en el campo de visión, 41 (72%) están muy probablemente asociadas con la

El sistema protobinario SVS 13 visto con ALMA a 0,9 mm. Los dos picos de emisión están asociados con las fuentes centimétricas previamente identificadas VLA 4A y VLA 4B, y están rodeados por emisión extendida en forma de espirales. La imagen se ha realizado con pesado Briggs, con robust = 0,5. Los contornos son -6, 6, 12, 24, 40, 56, 72, 88, 120, 200, 400, 800 y 1200 veces 0.075 mJy haz⁻¹, el valor del rms de la imagen. El haz sintetizado (0.170" × 0.084", PA = -2.3°) se muestra en la esquina inferior izquierda de la imagen. La imagen está corregida por la respuesta del haz primario de la antena.

región de formación estelar, seis son fuentes de fondo extragalácticas, y no estamos seguros de la asociación con la región de las diez fuentes restantes. De las 41 fuentes asociadas con la región de formación estelar, 36 están trazando la posición de YSOs, tres están trazando la emisión no térmica de los nudos de un *jet*, una está trazando la pared ionizada por choques de una cavidad y una podría ser un YSO o un nudo de un *jet*. Identificamos de forma clara la emisión de radio continuo de las fuentes impulsoras de los nueve chorros moleculares previamente reportados en nuestro campo de visión. Para cuatro de estas fuentes resolvemos claramente su morfología alargada característica de los radio *jets*. Detectamos emisión térmica libre-libre proveniente de dos YSOs de Clase III que podría estar trazando sus discos fotoevaporados. Encontramos signos de variabilidad en trece fuentes de radio, siete de las cuales también son variables en longitudes de onda más cortas (infrarrojo cercano/óptico/rayos X). Encontramos siete pares de fuentes de radio con una separación proyectada <3000 au, que constituyen potenciales sistemas binarios; teniendo en cuenta fuentes adicionales detectadas a otras longitudes de onda, identificamos un total de 17 potenciales sistemas múltiples en nuestro campo de visión en ese rango de separación.

Finalmente, estudiamos con ALMA el sistema binario cerrado SVS 13, con componentes separadas 90 au. Detectamos al menos dos discos circunestelares de polvo y gas, y un disco circumbinario con prominentes brazos espirales que parece estar en las primeras etapas de formación. La emisión de polvo parece más intensa y compacta hacia la componente VLA 4B, mientras que la VLA 4A parece estar asociada con una mayor cantidad de polvo y con transiciones moleculares más intensas. Estimamos temperaturas rotacionales y densidades de columnas moleculares, indicando altas temperaturas y una rica química. Las transiciones moleculares típicas de los *corinos* calientes se detectan hacia las dos componentes VLA 4A y VLA 4B. A partir de la emisión de polvo observada y la información cinemática estimamos la orientación del sistema, las masas estelares y las de sus discos asociados. Nuestro análisis de los movimientos propios y la cinemática de los discos sugiere que hasta cuatro objetos estelares, uno de ellos una estrella visible, podrían estar presentes dentro de una región de tamaño <100 au. En resumen, SVS 13 parece ser un excelente caso de estudio con el que contrastar simulaciones numéricas de las primeras etapas de la formación de sistemas binarios y múltiples.

