

NGC3503 y su entorno molecular

N. U. Duronea¹, J. Vasquez^{1,2}, C. E. Cappa^{1,2}, M. Corti^{1,2}, M.E. Arnal^{1,2}

1- Instituto Argentino de Radioastronomía 2- Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, La Plata, Argentina

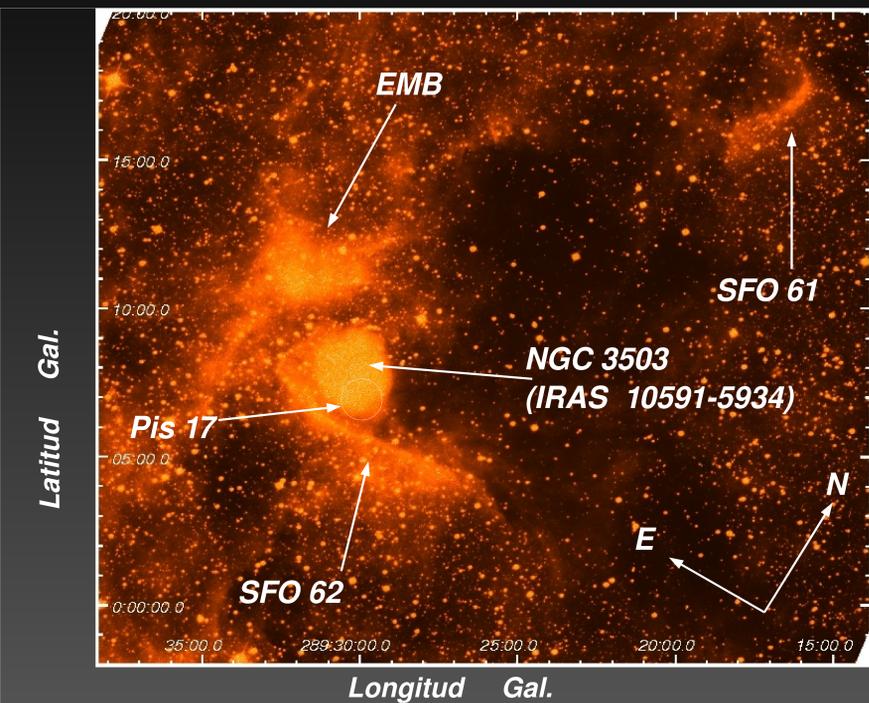


Figura 1: Imagen H alfa obtenida del relevamiento SuperCOSMOS en los entornos de NGC 3503.

NGC 3503 es una pequeña y brillante región HII ionizada por el cúmulo abierto Pis 17 (Pinheiro et al 2010). La fuente puntual IRAS 10591-5934 está asociada a esta nebulosa. NGC 3503 fue asociada al bright-rimmed cloud (BRC) SFO 62 (Sugitani & Ogura, 1994). En la Figura 1 se presenta una imagen H alfa de la región correspondiente a NGC 3503, obtenida del relevamiento SuperCOSMOS, donde están indicados los principales objetos estelares y no estelares de la región. La estructura extendida de moderado brillo que se encuentra hacia el noreste de NGC 3503 será referida como EMB.

Thompson et al (2004) y Urquhart et al. (2009) investigaron la posibilidad de que el proceso de formación estelar inducido conocido como RDI pudiera estar llevándose a cabo en SFO 62 y NGC 3503. En el primer trabajo los autores concluyeron que SFO 62 está asociado a un cúmulo estelar que está a punto de romper su nube molecular original, mientras que en el segundo los autores llegaron a la conclusión de que el proceso RDI no está llevándose a cabo en la zona. En este último trabajo, los autores detectaron, mediante un único apuntamiento, la emisión de 12CO y 13CO en la dirección de NGC 3503 a velocidades +20 km/seg y -25.6 km/seg, respectivamente.

Copetti et al. (2000) realizaron un estudio de las líneas de [SII] 6716/6731 en NGC 3503 y encontraron que la densidad electrónica era dependiente de la posición dentro de la nebulosa. Esta dependencia fue interpretada como un "gradiente radial" y fue atribuida por los autores al efecto conocido como "champagne flow". Georgelin et al. (2000) estudiaron la emisión de la línea H alfa en NGC 3503 y obtuvieron una velocidad radial de -21 km/seg. Usando observaciones de la línea 13CO (J=1-0) obtenidas con el radiotelescopio japonés NANTEN, realizadas con un muestreo de 4', Yamaguchi et al. (1999), estudiaron el gas en la dirección de 23 regiones HII asociadas a 43 BRC catalogados por Sugitani & Ogura (1994), y encontraron una nube molecular a una velocidad de -24.9 km/seg en la dirección de SFO 62 y NGC 3503. Adoptando una distancia de 2.9 kpc, la masa de esta nube es de aproximadamente 500 masas solares.

El estudio del gas molecular es esencial para comprender la interacción entre las regiones HII y su entorno. Con esta motivación, se realizó un análisis del gas molecular en los entornos de NGC 3503, utilizando observaciones de la línea rotacional J=1-0 de la molécula de 12CO, realizadas con el radiotelescopio NANTEN (HPBW=2'.7), en una zona cuadrada de 35' alrededor de la nebulosa, con un espaciado de 2'.7. La distancia considerada para NGC 3503 en este trabajo es de 2.9 +/- 0.4 kpc (Pinheiro et al. 2010). Las observaciones moleculares fueron complementadas con observaciones de continuo de radio en 4800 y 8640 MHz obtenidas con ATCA, y observaciones infrarrojas MSX, IRAC-GLIMPSE, IRAS y MIPS, obtenidas de bases de datos públicas vía internet.

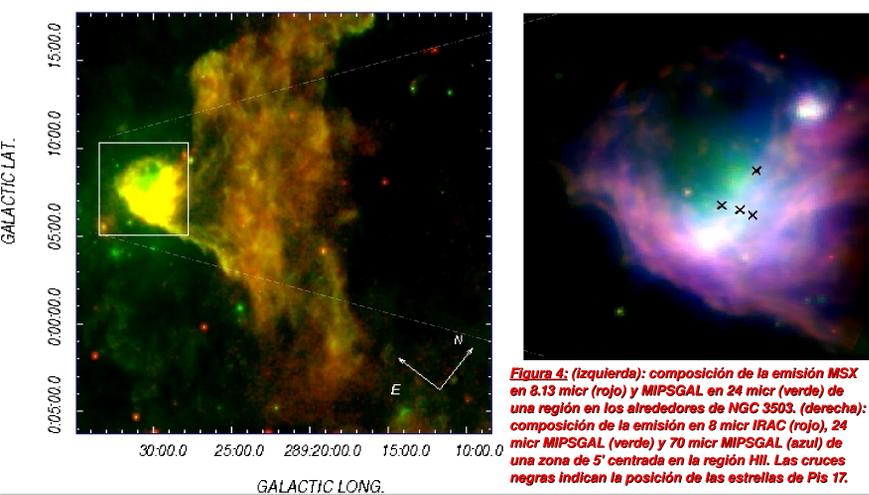


Figura 4: (izquierda): composición de la emisión MSX en 8.13 micr (rojo) y MIPS GAL en 24 micr (verde) de una región en los alrededores de NGC 3503. (derecha): composición de la emisión en 8 micr IRAC (rojo), 24 micr MIPS GAL (verde) y 70 micr MIPS GAL (azul) de una zona de 5' centrada en la región HII. Las cruces negras indican la posición de las estrellas de Pis 17.

Emisión infrarroja

La distribución de la emisión infrarroja muestra la existencia de dos estructuras asociadas a NGC 3503 y su entorno. La más pequeña de ellas (también la más intensa; ver Figure 4, derecha) corresponde a la contraparte infrarroja de la región HII y consiste en una estructura que en la emisión en 8 micrones posee forma de arco, rodeando, a las estrellas del cúmulo Pis 17. Esta estructura parece indicar la existencia de una región de fotodisociación (PDR) entre NGC 3503 y el clump A. La existencia de emisión en 24 micrones en la región central indica la presencia de polvo caliente en el centro de NGC 3503. La temperatura y masa del polvo, obtenidas a partir de imágenes del satélite IRAS, es de 37 K y 3 masas solares, respectivamente.

La estructura más grande muestra una excelente correspondencia morfológica con la emisión del gas molecular de la Componente 1 (ver Figura 2). La temperatura de polvo obtenida de las imágenes IRAS para esta componente es aproximadamente 29 K, lo que indica que existen fuentes estelares de ionización o calentamiento dentro de la nube molecular (Componente 1) que están calentando el polvo inmerso en el gas molecular. Sin embargo, una búsqueda de estas fuentes estelares realizada utilizando los catálogos disponibles on-line arrojó resultados negativos. La masa de polvo obtenida para esta estructura es de 7 masas solares.

Referencias

Copetti et al. 2000, A&A, 357, 621	Thompson et al., 2004, A&A, 415, 627
Georgelin et al., A&A, 357, 308	Urquhart et al., 2009, A&A, 497, 789
Pinheiro et al., 2010, A&A, 521, A26	Yamaguchi et al., 1999, PASJ, 51, 791
Sugitani & Ogura, 1994, ApJS, 92, 163	

Emisión de CO

El análisis de las observaciones de NANTEN permitió la detección de tres componentes moleculares en la dirección de NGC 3503. En la componente molecular a velocidades entre -29 y -20 km/seg (Componente 1), la emisión está concentrada en dos condensaciones moleculares indicadas en la Fig 2 como "clump A" y "clump B". La distribución espacial del gas molecular en este intervalo de velocidades muestra una notable similitud con la región de absorción en el rango óptico hacia en N y NO de NGC 3503. La distancia cinemática inferida para esta componente está en excelente acuerdo con la distancia adoptada para NGC 3503 (2.9 kpc), y la velocidad de esta componente molecular es coincidente con la velocidad de la línea H alfa obtenida por Georgelin et al.(2000), por lo que se pudo concluir que esta componente molecular está asociada con NGC 3503 y su entorno. La masa y densidad obtenidas para esta componente molecular es de ~8000 masas solares y ~400 molec/cm3, respectivamente.

Mediante un estudio cinemático de la Componente 1, se encontró un gradiente de velocidad de aproximadamente 0.15 km/seg pc a lo largo del clump A, el cual fue atribuido a una interacción entre el gas molecular y la región HII a causa de una expansión de esta última. Además, la alta temperatura de excitación del 12CO encontrada hacia el centro del clump A indica la presencia de un proceso de calentamiento externo de la región HII, posiblemente asociado a la fotoionización del gas molecular en la superficie de la nube molecular.

Las componentes a velocidades entre -17 a -15.5 km/seg (Componente 2) y 14 a 20 km/seg (Componente 3) no muestran correspondencia morfológica con la emisión en el óptico, por lo que posiblemente no estén asociadas a la región HII. Sin embargo, la velocidad radial de la Componente 2 indica que una relación entre la misma y NGC 3503 no puede ser absolutamente descartada.

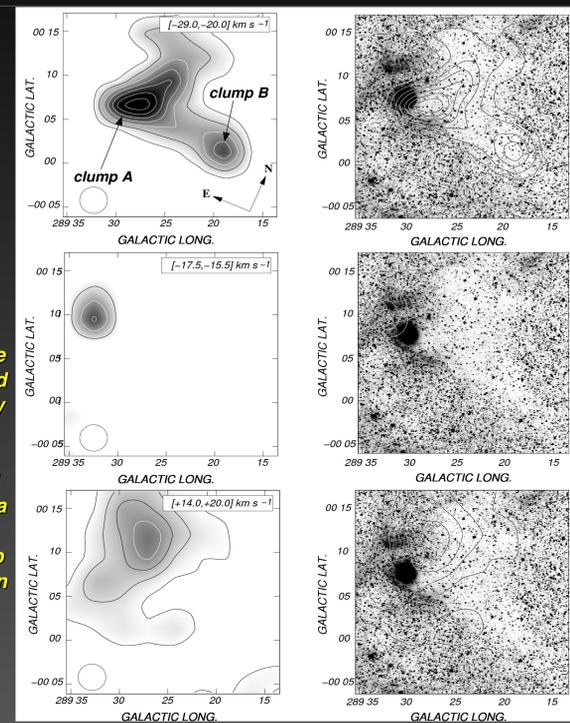


Figura 2: (izquierda): Emisión de CO en los intervalos de velocidad -29 a -20 km/seg (Componente 1), -17 a -15.5 km/seg (Componente 2) y 14 a 20 km/seg (Componente 3). (derecha): La emisión de CO en los intervalos de velocidad mencionados superpuesta con la emisión óptica obtenida del relevamiento DSSR2.

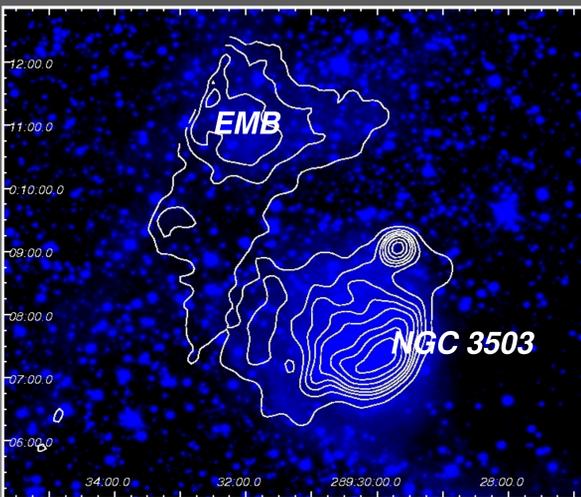
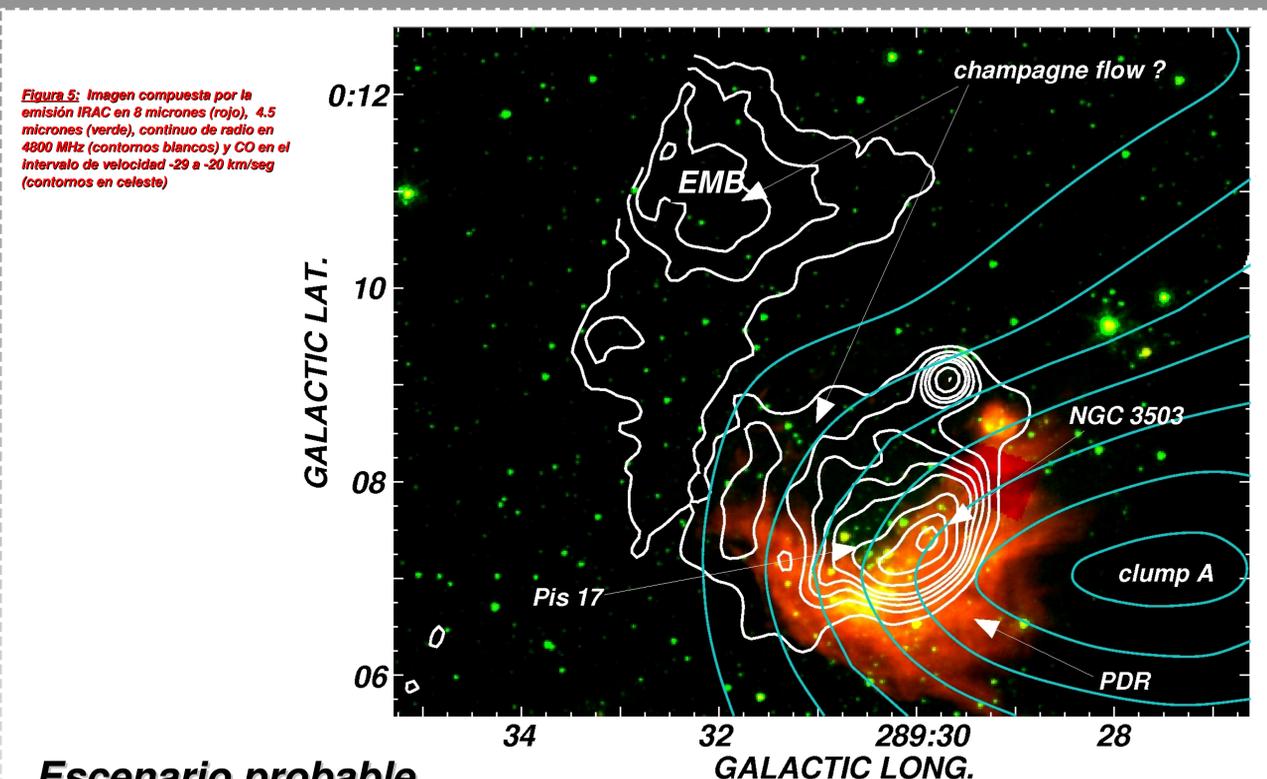


Figura 3: Emisión de continuo de radio en 4800 MHz en una región de 8' centrada en NGC 3503 (contornos blanco), superpuesta con la emisión en el óptico obtenida del relevamiento DSSR2 (en tonos de azul)

Emisión de continuo de radio

En la Figura 1 se muestra la emisión de continuo de radio en 4800 MHz obtenida con ATCA en una región de 8' centrada en NGC 3503. La emisión está principalmente concentrada en dos estructuras. La más intensa de ellas es coincidente con la emisión óptica de NGC 3503. Esta estructura presenta una morfología cometaria que indica la presencia de un gradiente de densidad electrónica, corroborando los resultados obtenidos por Copetti et al. (2000). El índice espectral obtenido para NGC 3503 a partir de los flujos medidos en continuo de radio es de -0.12 +/- 0.03. La densidad electrónica del gas ionizado está entre 54 y 75 e-/cm3, y su masa es de aprox. 11 masas solares. Una estrella de tipo espectral B0 V perteneciente a Pis 17 es la principal responsable de la ionización.

La segunda estructura posee una excelente correspondencia morfológica con la estructura óptica denominada EMB. La masa y densidad electrónica inferida para ésta es de 6 masas solares y 33 e-/cm3. No se encontraron fuentes estelares que pudieran ser las responsables de la ionización del EMB, lo que indica una posible asociación entre esta estructura y Pis 17.



Escenario probable

La emisión en 8 micrones, así como también la elevada temperatura de excitación del CO hacia el centro del clump A, indican la existencia de una PDR en la interfase entre NGC 3503 y el clump A. La morfología cometaria de NGC 3503 y existencia de un gradiente de densidad electrónica (con valores de densidad más altos en la dirección del clump A) sugieren que el gas ionizado está siendo expulsado de las regiones más densas de la nube molecular. Esta es una característica de las regiones HII que han sufrido el efecto de "champagne flow" (Tenorio-Tagle 1979). En este contexto, probablemente las estrellas de Pis 17 nacieron dentro del clump A y generaron NGC 3503. Posteriormente (aproximadamente unos 200.000 años después) la región HII alcanzó el borde de la nube molecular original y liberó parte de su gas ionizado al medio interestelar generando el EMB.

El escenario "champagne" permite también interpretar las velocidades observadas en el gas ionizado y molecular. La componente molecular que se encuentra a una velocidad media de -24.7 km/seg (Componente 1) corresponde a la nube molecular original donde Pis 17 y NGC 3503 fueron creadas. El gas molecular a velocidades de ~-27 km/seg corresponde al clump A y esta formado por gas ubicado frente a NGC 3503 que se está moviendo hacia nosotros a causa de la expansión de la región HII. El gas ionizado a -21 km/seg (Georgelin et al. 2000) posiblemente representa al gas ionizado que se aleja a causa del efecto "champagne". Observaciones de líneas de recombinación en radio de alta resolución espectral podrían confirmar este escenario.