

Sobre la eyección de materia en el núcleo galáctico

I. F. MIRABEL °

Instituto Argentino de Radioastronomía
Villa Elisa, Argentina.

Abstract: A search of neutral hydrogen in the 21 cm line has been made in the zones near the galactic nucleus for radial velocities range $-250 > V_r > -1000$ Km/sec.

Observations on 100 points reveal that there are not neutral hydrogen at such velocities with brightness temperatures above 0.25°K for the latitude range $|b| < 1^\circ$ and 0.20°K for $|b| \geq 1^\circ$.

I. Introducción

En los últimos años se han acumulado evidencias observacionales sobre la existencia de fenómenos extraordinarios en las cercanías de los núcleos galácticos. En particular, los fenómenos de eyección de materia se han observado no sólo en galaxias peculiares y Seyfert sino también en galaxias ordinarias (Anderson y Kraft, 1969; Becklin y Neugebauer, 1969; Burbidge y Demoulin, 1969).

La consideración de que en el núcleo de nuestra galaxia también ocurren explosiones altamente energéticas que dan lugar a la eyección de materia radica en dos tipos de observaciones. En primer lugar, la presencia de fuentes no térmicas cuyo espec-

tro en el infrarrojo lejano es similar al de un núcleo Seyfert constituye una confirmación directa de tales fenómenos (Becklin y Neugebauer, 1969; Low, Kleinmann, Forbes y Aumann, 1969).

El segundo tipo de evidencia proviene de las observaciones realizadas en la línea de 21 cm del hidrógeno neutro fuera del plano galáctico. Van der Kruit (1970), Sanders y Wrixon (1972) y Mirabel (1973) encontraron en la región central estructuras masivas de hidrógeno neutro con velocidades radiales anómalas que indican un movimiento en dirección opuesta al de la rotación del disco galáctico. Este gas constituye una evidencia indirecta de explosiones ocurridas hace 6 millones de años en el núcleo (Van der Kruit, (1971)), cuyo mecanismo físico es desconocido. En la figura 1 se muestran las isofotas de brillo integrado de las estructuras de hidrógeno neutro más prominentes ubicadas fuera del plano en la región central de la galaxia.

Por otra parte, Van der Kruit (1971) investigó la posibilidad de que las estructuras en expansión en el plano galáctico tal como el brazo de 3 kpc tengan origen en mecanismos explosivos similares ocurridos hace 12 ó 13 millones de años. De la combinación entre los cálculos de órbitas para las nubes expulsadas con modelos de distribución de masas en el núcleo encontró que los movimientos de expansión en el

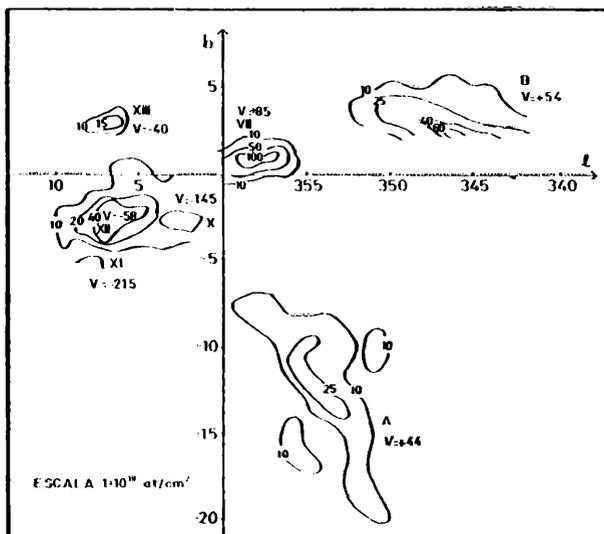


Figura 1

° Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

plano pueden ser explicados como el resultado de la expulsión de masa con muy alta densidad (10^3 ó 10^4 átomos/cm³) desde el núcleo según direcciones que forman ángulos grandes con el plano galáctico y con velocidades iniciales de eyección comparables a las que se encuentran sobre la base de los estudios espectroscópicos en los casos de expulsión de gas en los núcleos Seyfert.

Las búsquedas de hidrógeno neutro realizadas hasta la fecha, sobre la base de la línea de 21 cm en las cercanías del centro galáctico por Rougoor (1964), Kerr (1969) y Van der Kruit (1970) han cubierto rangos de velocidades radiales para $|V_r| < 300$ km/seg.

Teniendo en cuenta que estas hipotéticas explosiones pueden tener un carácter periódico y que deben haber dado al gas eyectado energías cinéticas de 10^{54} ergios para las estructuras ubicadas fuera del plano y 10^{55} ergios a las estructuras en expansión ubicadas en el plano, y velocidades iniciales de eyección mayores que 300 Km/seg, era de interés extender la búsqueda de estructuras de hidrógeno neutro hacia velocidades mayores en los alrededores del centro galáctico con la finalidad de detectar gas con muy altas velocidades recientemente expulsado desde dicha región.

II. Observaciones

Las observaciones fueron realizadas con el radiotelescopio de 30 metros del Instituto Argentino de Radioastronomía, ubicado en el Parque Pereyra Iraola, Provincia de Buenos Aires.

Como estas eran las primeras observaciones a realizar en el Instituto adaptando al sistema receptor un nuevo amplificador paramétrico con un ancho de banda de 10 Mhz y un nuevo banco de 30 filtros anchos de 100 Khz, se debieron realizar numerosas pruebas y modificaciones hasta obtener las condiciones adecuadas de funcionamiento del equipo para la detección de señales de bajo ruido.

Con las innovaciones mencionadas cada observación cubre un rango efectivo de velocidades de 750 Km/seg con una resolución en la línea de 21 cm de 25 Km/seg. Las velocidades observadas fueron reducidas al sol y al S.L.R. sustrayendo un movimiento solar de 20 Km/seg hacia $\alpha = 270^\circ$, $\delta = 30^\circ$ (1900.0).

Cada punto fue observado por lo menos dos veces con tiempos de integración totales, iguales o mayores que 12 minutos. Como la temperatura de ruido del sistema es de 250°K, la temperatura mínima detectable teórica por canal es de 0.07°K. Sin embargo, debido a la existencia de inestabilidades de largo período en el sistema receptor que se traducen en una deformación de la línea de base, se ha determinado empíricamente que la temperatura mínima detectable para un tiempo de integración de 12 minutos es 0.20°K fuera del plano galáctico. En los puntos cercanos al plano galáctico, o sea para $|b| < 1^\circ$, debido a las fuertes contribuciones del continuo en esa región, la temperatura mínima detectable para el mismo tiempo de integración es de 0.25°K.

La existencia de inestabilidades de largo período en las ganancias, que se traducen en deformaciones de la línea de base, obligó a tomar calibraciones con intervalos de una hora, con el fin de mantener el nivel de detección anteriormente mencionado. La calibración de temperaturas se realizó con un tubo de ruido de 10°K.

El problema de la curvatura de la línea de base fue resuelto sustrayendo a cada perfil del programa de observaciones el perfil de un punto del cielo tomado arbitrariamente como perfil sin hidrógeno, que fue observado conjuntamente con cada calibración, cada hora. Como puntos sin hidrógeno se tomaron $l = 5^\circ$, $b = -5^\circ$ y $l = 355^\circ$, $b = 5^\circ$. Las observaciones han demostrado que estos puntos no tienen hidrógeno con temperaturas de brillo mayores que 0.20°K en el rango de velocidades que va de -250 a -1000 Km/seg, ya que en caso contrario, en el conjunto de perfiles correspondientes al programa habría aparecido una deflexión sistemática de temperatura negativa.

Se observó un total de 100 puntos en el rango de velocidades radiales comprendido entre -250 y -1000 Km/seg en la región del cielo $-5^\circ \leq l \leq 5^\circ$, $-5^\circ \leq b \leq 5^\circ$ en un reticulado de un grado.

El proyecto inicial de este programa de observaciones era cubrir también las velocidades radiales positivas. Sin embargo, se decidió publicar el resultado de las observaciones ya realizadas en velocidades radiales negativas e interrumpir la segunda parte del programa correspondiente a las

velocidades radiales positivas. Ello se debe al hecho de que se tuvo información que Wrixon y Sanders (1973) simultáneamente estaban realizando con el radiotelescopio de 140 pies de Greenbank un programa de observaciones cuyos resultados aún no han sido publicados con el mismo objetivo que el nuestro, pero con condiciones instrumentales superiores ya que con una temperatura de sistema de 50°K y dos bancos independientes de 192 canales pueden obtener con 5 minutos de integración una temperatura mínima detectable de 0.15°K con una resolución de 5.5 Km/seg cubriendo una velocidad efectiva de 1000 Km/seg.

Resultados

Para el conjunto de 100 puntos observados se encuentra que no existe hidrógeno neutro con velocidades radiales comprendidas entre -300 y -1000 Km/seg con temperatura de brillo mayores que 0.20°K para $|b| \geq 1^\circ$ y 0.25°K para $|b| < 1^\circ$.

Este resultado observacional negativo con respecto a la confirmación indirecta de expulsión de materia del núcleo galáctico en un período muy reciente de actividad se halla en aparente contradicción con las evidencias directas de tal actividad. Ellas son la presencia de radiación continua detectada por Kerr y Sinclair (1966) y el comportamiento en el infrarrojo (Becklin y Neugebauer (1969)) del núcleo galáctico. Los contornos de radiación continua se hallan ubicados a distancias menores que dos grados del centro galáctico y se distribuyen según una estructura de jet que emana de la radiofuente Sgr A y que forma un ángulo de 45° con el plano. El comportamiento del núcleo galáctico en el infrarrojo indica la existencia de una actividad similar a la que se desarrolla en los núcleos Seyfert aunque con energías 10³ veces menores.

El resultado negativo de nuestras observaciones puede entonces ser explicado sobre la base de la hipótesis de que si bien el núcleo de la galaxia está desarrollando una actividad explosiva similar a la que dio lugar a las estructuras de hidrógeno neutro en expansión que se observan en y fuera del plano, el gas más cercano al centro que está saliendo de él se encuentra en su mayor parte ionizado, razón por la cual no puede ser detectado en la línea de 21 cm.

Esta hipótesis es apoyada por los estudios ópticos de gas ionizado en las regiones nucleares de galaxias normales cercanas, como M31, M51, NGC 253 y NGC 4939, los cuales han demostrado la presencia de grandes cantidades de gas ionizado con velocidades no circulares que llegan a ser en muchos casos mayores a la velocidad de escape del centro.

Por otra parte, en la región del centro de nuestra galaxia el grupo del NRAO — MIT ha observado en la línea 109 α la radiofuente Sgr A en el rango de velocidades radiales $|V_r| < 140$ Km/seg. Si bien allí no se detectó emisión, se encontraron en sus inmediaciones tres regiones HII gigantes, en los puntos de coordenadas galácticas (0.5,0.0), (0.7,0.1) y (1.1, -0.1), con temperaturas pico en las velocidades 47, 63 y -23 Km/seg, respectivamente. La velocidad correspondiente a la radiofuente (1.1, -0.1) indica que ese gas ionizado se halla en expansión a partir del centro galáctico.

Con el objeto de detectar gas con altas velocidades que esté saliendo del núcleo galáctico, sería de interés extender la búsqueda de emisión en líneas de recombinación hacia afuera del plano y hacia altas velocidades.

La posibilidad de detectar líneas de recombinación del hidrógeno en remanentes de explosiones, se apoya en los trabajos de Jackson y Kerr (1971) y Cesarsky y Cesarsky (1973) quienes descubrieron la presencia de emisión débil en líneas de recombinación del hidrógeno en las cercanías de radiofuentes no térmicas.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, K. S. y Kraft, R. P.; 1969, *Astrophys. J.* 158, 857.
 Becklin, E. E. y Neugebauer, G.; 1969, *Astrophys. J.* 155, 1077.
 Burbidge, E. M. y Demoulin, M. H.; 1969, *Astrophys. Letters*, 4, 89.
 Cesarsky, D. A. y Cesarsky, C. J.; 1973, *Ap. J.*, 184, 83.
 Jackson, P. D. y Kerr, F. J.; 1971, *Ap. J.*, 168, 29.
 Kerr, F. J. y Sinclair, M. W.; 1966, *Nature* 212, 166.
 Kerr, F. J.; 1969, *Australian J. Phys. Astrophys. Suppl.* 9.
 Kruit, P. C. van der; 1970, *Astron. and Astrophys.* 4, 462.

- Kruit, P. C. van der; 1971, *Astron. and Astrophys.* *13*, 405.
- Low, F. J., Kleinmann, D. E., Forbes, F. F. y Aumann, H. H.; 1969, *Astrophys. J.* *157*. L97.
- Mirabel, I. F.; 1973, *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, *17*, 37.
- Mirabel, I. F., Pöpel, W.G.L., Vieira, E.R.; 1974, (en preparación).
- Rougoor, G. W.; 1964, *Bull. Astron. Inst. Neth*, *17*, 381.
- Sanders, R. H. y Wrixon, G. T.; 1972, *Astron. and Astrophys.* *18*, 92.
- Wrixon, G. T., Sanders, R. H.; 1973, *Astron. Astrophys. Suppl.* *11*, 339.