

DETECCION DE LA LINEA H166 EN LA NEBULO: A DE CARINA

I. F. MIRABEL y S. A. ACERO

Instituto Argentino de Radioastronomía

Resumen:

Por primera vez fue detectada una línea de recombinación en el Instituto Argentino de Radioastronomía. Se establece el método adecuado para realizar las observaciones y su reducción.

Las observaciones fueron realizadas en la línea H166 α en dirección de las radiofuentes térmicas Carina I y II. De la comparación con los resultados obtenidos por Huchtmeier y Day (1975) en H90 α y H109 α se concluye que en esta nebulosa existe un crecimiento de tipo maser en H166 α originado en desviaciones del E.T.L.

Se discuten las perspectivas futuras de los estudios del medio interestelar en la línea H166 α .

Introducción:

Hasta el presente, por medio de las técnicas radioastronómicas se han detectado en el medio interestelar tres tipos de líneas espectrales de naturaleza diferente. La línea de estructura hiperfina en 21 cm del HI, las líneas moleculares originadas en el mayor de los casos en transiciones rotacionales, y las líneas de recombinación. Este último tipo de líneas espectrales se origina en regiones relativamente calientes del espacio interestelar (regiones HII), donde una gran fracción de los átomos se encuentran ionizados.

El interés de las observaciones en las líneas de recombinación de radio radica en el hecho de que proveen información relacionada con,

- a) los procesos físicos microscópicos que tienen lugar en la materia interestelar,
- b) la evolución de las regiones HII y la determinación de sus parámetros internos, y
- c) la estructura en gran escala de la galaxia.

Entre las transiciones de recombinación, las transiciones $(n+1) \rightarrow n$ son las más probables, y por consiguiente las mejores estudiadas. La línea $H166\alpha$ ($\nu=1424.734$ MHz) se origina en la transición del átomo de hidrógeno entre los niveles definidos por los números cuánticos $n=167$ y 166 .

Esta línea fue detectada por primera vez en dirección al centro galáctico por Riegel y Kilston (1970), y hasta la fecha no ha sido utilizada para estudios de regiones HII en ningún observatorio del hemisferio sur.

La elección de las radiofuentes Carina I y II como objetos sobre los cuales era factible detectar por primera vez en el I.A.R. esta línea de recombinación radicó en dos razones principales. En primer lugar, su diámetro angular es mayor que el ancho de potencia mitad del haz de la antena de 30 metros del I.A.R. en 1424 MHz ($30'$). En segundo lugar, Huchtmeier y Day (1975) detectaron previamente en dicha región las líneas $H90\alpha$ y $H109\alpha$ con una intensidad inusualmente elevada.

2.- Observaciones:

Las observaciones fueron realizadas durante los meses de octubre y noviembre de 1975 con el radiotelescopio de 30 metros del IAR. El receptor está compuesto por un "front end" con un amplificador paramétrico limitado por un filtro de 10 MHz. La temperatura de ruido del sistema es de aproximadamente 250 K. Se usó un banco de 56 canales de 10kHz de ancho espaciados cada 20 kHz. Las observaciones se realizaron con el método de intercalación de canales, lo que permite obtener para la frecuencia de 1424.734 MHz una resolución en velocidad de 2 km s^{-1} . Las velocidades observadas fueron reducidas al S.L.R.

a) Observaciones en el continuo (1424 MHz)

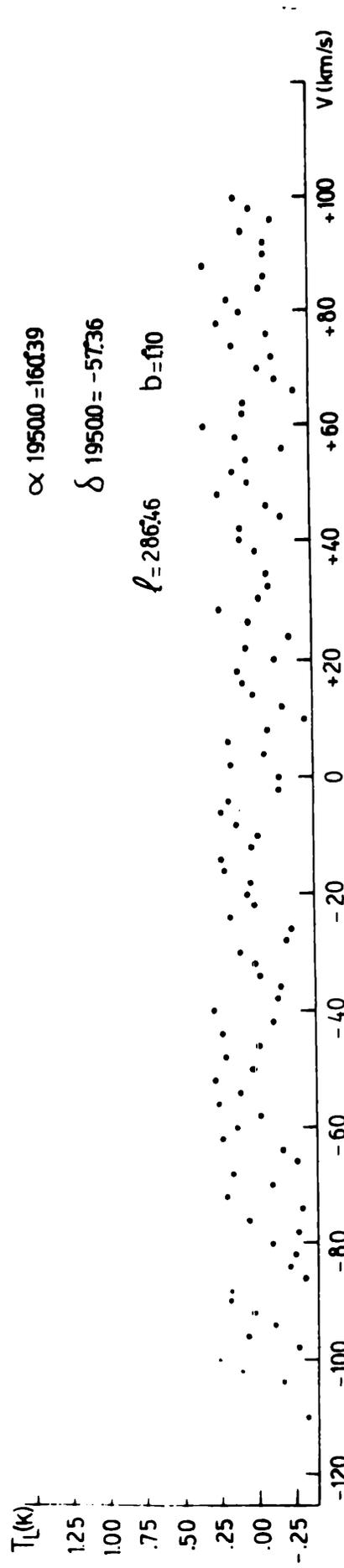
Se realizaron pasajes en un reticulado espaciado en $0^\circ.20$ alternativamente con α y δ fijos. Para calibrar estas observaciones se usó un tubo de ruido de 70K. En 1424 MHz las radiofuentes Carina I y II no pudieron ser resueltas. De estas observaciones resulta que la temperatura de brillo del continuo sobre Carina I y II es de 69 K, lo que equivale a 1000 uf. Previamente, Beard y Kerr (1966) obtuvieron para 1410 MHz, 860 uf.

b) Observaciones en la línea H166 α

Se observó en la dirección de los dos puntos coincidentes con las radiofuentes Carina I y II, según las observaciones en 3.4 cm de Huchtmeier y Day (1975). Cada punto fue observado 27 minutos, 9 veces en fechas diferentes, para diferentes frecuencias del oscilador local, resultando un tiempo de observación total sobre cada una de las dos radiofuentes de 4 horas. Debido a que el receptor trabaja con el sistema Dicke, el tiempo de integración total real sobre cada radiofuente es la mitad.

En cada fecha se tomó una calibración con un tubo de ruido de 70 K y un "perfil sin Hidrógeno" (P.S.H.) observados con el mismo tiempo de integración que los puntos del programa. Las coordenadas del punto sobre el cual se tomó la calibración y el P.S.H. son $\alpha_{1950.0} = 160^{\circ}.39$, $\delta_{1950.0} = -57^{\circ}.36$, distanciado aproximadamente dos grados de Carina I y II, y fuera de la región donde existe emisión del continuo en la nebulosa según las observaciones en 3.4 cm de Huchtmeier y Day (1975).

La reducción de los perfiles fue realizado restando a cada perfil tomado sobre la fuente, el P.S.H. observado en iguales condiciones de balance del receptor. Debe tenerse en cuenta que los perfiles observados sobre la fuente tienen una contribución adicional de 69 K en antena respecto al P.S.H. Este hecho puede introducir un error sistemático en el trazado de la línea de base de los perfiles resultantes, originado en el método de obtención y procesamiento de los datos. Con la finalidad de estudiar el modo como diferentes contribuciones del continuo podrían afectar la forma de la línea de base en el espectro de H166 α , se observó en cada fecha un perfil de control en la posición correspondiente al P.S.H. Este perfil de control se obtuvo introduciendo el tubo de ruido de 70 K y balanceando el receptor de tal modo de obtener un perfil fuera de la fuente observado en las mismas condiciones que los obtenidos dentro de ella. Luego fue procesado del mismo modo que los perfiles observados sobre la fuente. En la figura 1 se muestra este perfil. La forma recta de la línea de base, y el hecho de que no aparezca ninguna deflección sistemática, nos permite demostrar que nuestro método de observación y reducción de perfiles no introduce ningún error sistemático significativo en la definición de la línea de base.



3.- Resultados

En la figura 2 se presentan los perfiles de la línea H166 α en Carina I y II. Se ha estimado que el ruido medio por canal es de 0.1 K y que la temperatura mínima detectable es de 0.3 k.

Como puede observarse, los perfiles en H166 α en Carina presentan una estructura simple con un pico único. Por el contrario, Huchtmeier y Day (1975) encontraron que los perfiles en H90 α y H109 α presentan una estructura doble que atribuyeron a la existencia de movimientos de expansión en la nebulosa. Las observaciones en las moléculas OH (1667 MHz) y H₂CO (4830 MHz) (Dickel y Wall, 1974), así como observaciones de alta resolución angular en H α y N II (Deharveng y Mancherat, 1975), confirman la existencia de una expansión mayor de 25 km s⁻¹. A pesar de que nuestras observaciones fueron realizadas con una resolución en velocidad de 2 km s⁻¹, esta expansión no ha podido ser detectada en H166 α debido a su baja resolución angular (30'). En la tabla I se dan para Carina I y II, sus coordenadas, la velocidad del centro de masas V/cm, el ancho de potencia mitad Δv , la temperatura integrada T_L de la línea H166 α , la temperatura del continuo T_c, y la temperatura electrónica.

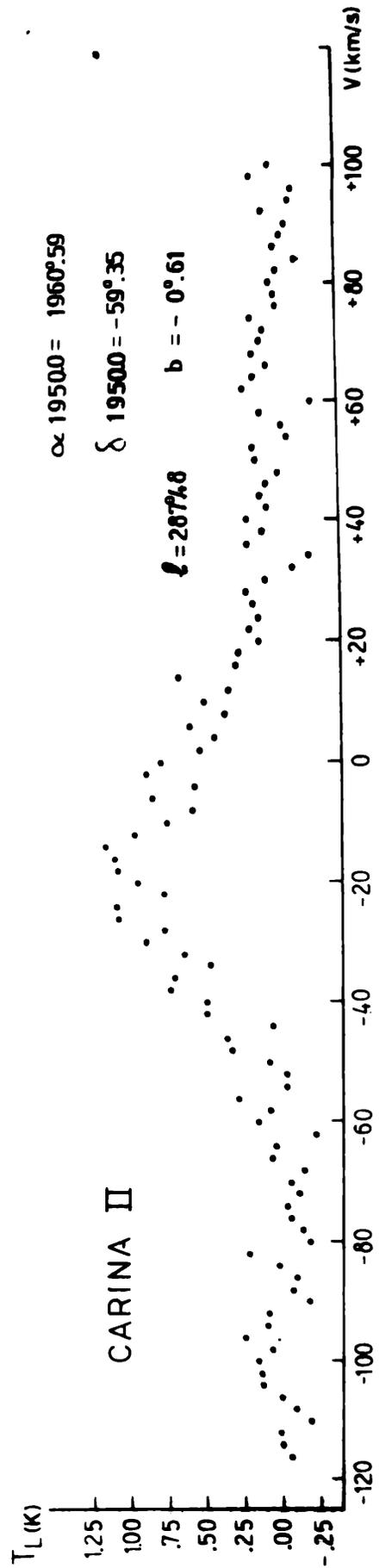
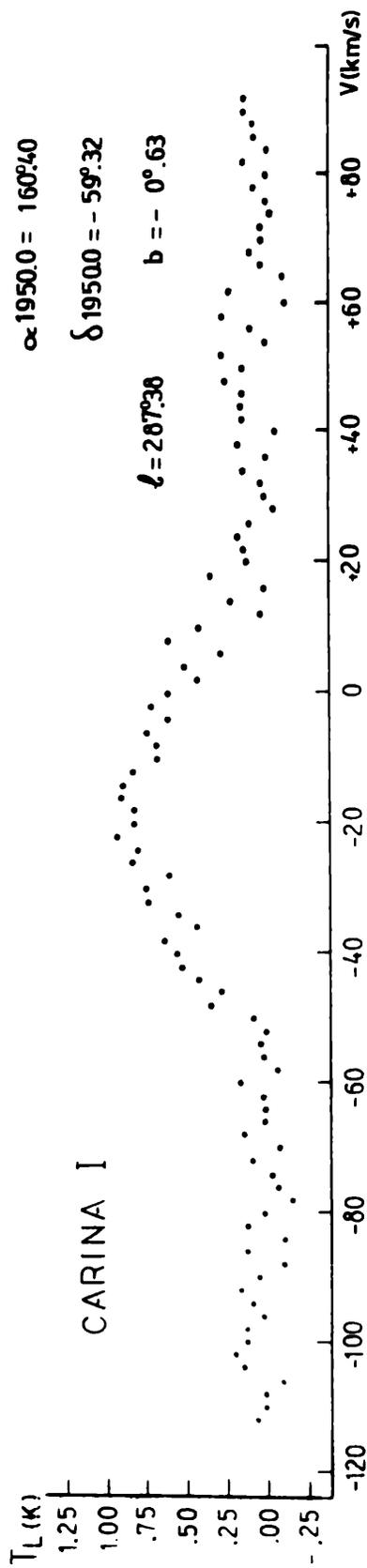
La temperatura electrónica es el parámetro básico que define el estado físico de una región HII. Los valores de este parámetro dados en la tabla I fueron inferidos a partir de la suposición de que la población de los niveles en los átomos de hidrógeno que emiten las líneas de recombinación se encuentran en equilibrio termodinámico con la distribución térmica de los electrones libres responsables de la emisión en el continuo. En tal caso para un plasma ópticamente delgado de acuerdo a Mattewson y otros (1973)

$$\frac{\Delta v_L}{\text{kHz}} \quad \frac{T_L}{\text{K}} = \frac{2.330 \times 10^4}{a(n, T_c)} \quad \frac{\nu_L}{\text{GHz}} \quad \frac{T_e}{1 + N(\text{He}+)/N(\text{H}+)} = -1.15$$

(1)

donde a(n, T_c) es un factor próximo a la unidad calculado por Mezger y Henderson (1967), nL es la frecuencia de reposo de la línea y N(He+)/N(H+) es la relación entre el número de átomos ionizados de helio respecto al hidrógeno, formada como 0.1 de acuerdo a Huchtmeier y Day (1975).

Los valores obtenidos para T_e sobre la base de nuestras observaciones son menores en aproximadamente



un factor 0.60 respecto a los obtenidos por Huchtmeier y Day (1975) sobre la base de las líneas H109 α y H60 α .

La medida de emisión puede ser derivada según Matthews y otros (1973) de la ecuación

$$E = n_e^2 dl = 25.5 T_c (1.4 \text{ CHZ}) T_e^{0.35} \quad (2)$$

Si la temperatura electrónica real en Carina tiene un valor típico de 7000 K, se obtiene $E = 39000 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$. Suponiendo de acuerdo a Feintein y otros (1973) que la nebulosa se encuentra a una distancia de 2600 pc, su diámetro es de 44 pc. Esto dá lugar a una densidad electrónica media $\langle n_e \rangle = 30 \text{ cm}^{-3}$.

Según la teoría de las desviaciones del E.T.L., en un plasma de baja densidad electrónica los efectos de estas desviaciones pueden llegar a ser notables en las líneas de recombinación centimétrica. En un trabajo posterior se estudiará el posible crecimiento de tipo maser de H166 α , como causa principal de la subestimación de la temperatura electrónica.

4.- Conclusión.

Por primera vez se observó exitosamente en el Instituto Argentino de Radioastronomía una línea de recombinación. Se concluye que la sustracción de un P.S.H. tomado con una fuente de ruido equivalente al continuo de la radiofuente, es el método más objetivo para definir la línea de base en H166 α sin introducir errores sistemáticos significativos.

Hasta la fecha, la línea H166 α no ha sido utilizada para estudios del hidrógeno ionizado, en el medio interestelar, en ningún observatorio del hemisferio sur. De este trabajo se concluye la posibilidad de realizar un relevamiento general en esta línea, de las radiofuentes térmicas más intensas y extensas (de baja densidad) al sur de $\delta = -10^\circ$. Este relevamiento será complementario del realizado en Australia en 8.9 GHz. La comparación de los resultados permitirá hacer un estudio del modo en que las posibles desviaciones del E.T.L., así como los diferentes anchos de potencia mitad del haz de antena, inciden en la determinación radioastronómica de la temperatura electrónica.

Por otra parte, con el receptor disponible actualmente en el IAR debe descartarse la posibilidad de hacer estudios en H166 α del gas ionizado difuso del estrato galáctico, ya que las temperaturas pico típicas originadas en esas regiones, son menores que 0.1 K. Para este tipo de estudios se requieren equipos muy sensibles y estables.

Agradecimientos:

Al Lic. E. Arnal por haber puesto a nuestra disposición los programas de reducción de perfiles. A L. Dimier por su asesoramiento para resolver problemas computacionales. Al Ing. J.C. Olalde por su aporte relacionado con la electrónica del receptor.

Referencias:

- Beard, M. y Kerr, F.J. 1966, Austral.J.Physics 19, 875.
- Deharveng, L. y Mancherat, M. 1975, Astron. and Astrophys. 41, 36.
- Dickel, H.R. y Wall, J.V. 1974, Astron. and Astrophys. 31, 5.
- Feinstein, A., Marraco, H.G. y Muzzio, J.C. 1973, Astron. Astrophys. Suppl. 12, 331.
- Gardner, F.F., Milne, D.K., Mezger, P.G., Wilson, T.L. 1970, Astron. and Astrophys. 7, 349.
- Huchtmeier, W.K. y Day, G.A. 1975, Astron. Astrophys. 41, 153.
- Matthewson, H.E., Pedlar, A. and Davier, R.D. 1973, Mon.Not.R. Astr.Soc., 165, 149.
- Mezger, P.G. y Henderson, A.P. 1967, Astrophys.J. 147, 471.
- Riegel, K.W. y Kilston, S.D. 1970, Astrophys.J, 159, L155.

Lectura de las figuras

Figura 1: Perfil en H166 α observado fuera de la fuente.
 $\delta = 1$ hora. (ver texto).

Figura 2: Perfiles en H166 α de Carina I y II.
 $\delta = 2$ horas.

TABLA I
 PARAMETROS DE LA NEBULOSA DE CARINA
 EN LA LINEA H166 α

FUENTE	1950.0	1950.0	V_{cm}	ΔV	$\Delta\delta_L$	T_c	T_e
	($^{\circ}$)	($^{\circ}$)	($km\ s^{-1}$)	($km\ s^{-1}$)	(K.KHz)	(K)	(K)
CARINA I	160.40	-59.32	$16.7^{\pm 1}$	$44^{\pm 1}$	195	69	4600
CARINA II	160.59	-59.35	$-16.6^{\pm 1}$	$42^{\pm 1}$	233	69	4000