

## Estudio en 21 cm de tres nubes oscuras \*

MIRTA B GORDON

*Instituto Argentino de Radioastronomía*

y

SILVIA L. GARZOLI \*\*

*Instituto Argentino de Radioastronomía y  
Departamento de Física, F.C.E.Y.N., U.B.A.*

**Abstract:** We studied the 21 cm line of the interstellar neutral hydrogen of three dark regions catalogued by Fisher. We observed constant longitude and latitude tracks centered in the dark cloud coordinates.

The  $(T_b, b; v = \text{cte})$  and  $(T_b, l; v = \text{cte})$  diagrams for different velocities were drawn for each track. These diagrams show absorption for two of the three studied clouds. Typical examples are shown in Figures 1a and 1b.

From these diagrams we determined the absorption profiles for the F9 and F19 clouds (see Fig. 2). The absorption peaks appears as positive because they correspond to  $T_{\text{real}} < T_{\text{expected}}$ . The absorption profiles are the difference between the expected profiles from nearby and outer observations and the profile obtained at the coordinates of the clouds.

To determine if the absorption is originated by the dark cloud itself or by another source located behind it, we look in the literature for objects that could be detected in that region.

We conclude that from the three studied clouds, two of them (F9 and F19) show absorption, and the other one (F24) emission.

### 1. Introducción

Numerosos trabajos han sido realizados sobre la base de correlacionar las observaciones ópticas de extinción y las observaciones en 21 cm, con el objeto de tratar de determinar una posible correlación entre la densidad de polvo interestelar y la densidad de hidrógeno atómico.

Las primeras observaciones en 21 cm fueron efectuadas con radiotelescopios de baja resolución por Lylley (1965) y Heiles (1967) quienes concluyen que las zonas más oscuras tienen mayor densidad de átomos de hidrógeno.

Al aumentar la resolución en las observaciones se comprobó que la relación polvo-gas no es simple, pero la mayor parte de los resultados obtenidos son sólo cualitativos.

\* Este trabajo es parte del trabajo de Seminario presentado por Mirta Gordon para obtener el título de Licenciada en Ciencias Físicas.

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

La región de Taurus fue estudiada por Garzoli y Varsavsky (1966) y posteriormente por los mismos autores con mayor resolución (Garzoli y Varsavsky, 1970) y en ambos casos encuentran una disminución en la densidad de hidrógeno neutro en las zonas de mayor extinción óptica interpretando este resultado como una disminución real de la densidad de átomos de hidrógeno o como una disminución de la temperatura de spin.

Por otra parte, Sancisi y Wesselius (1970) estudian en la región de Taurus dos pequeñas zonas oscuras en las cuales encuentran una disminución de la temperatura de brillo en el rango de velocidades  $0 \leq v \leq 8$  km/seg. Dichos autores sostienen que dicha disminución se puede deber, tanto a una deficiencia de hidrógeno atómico en las nubes como a una disminución de la temperatura de spin en las mismas.

En la región de  $\rho$  Ophiuchi, Mészáros (1968) concluye que la densidad de átomos de hidrógeno crece en las zonas oscuras hasta un cierto valor límite, y que en las regiones donde la densidad de granos de polvo es suficientemente alta, el hidrógeno se convierte en molecular.

Kerr y Garzoli (1968) observaron en 21 cm la Boisa de Carbón y no hallaron ninguna característica anormal en los perfiles con respecto a la región que rodea la nube: la densidad de átomos de hidrógeno en la zona no es esencialmente distinta que en las regiones vecinas.

Quiroga y Varsavsky (1970) en un estudio realizado en la nebulosa Omega encuentran que la profundidad óptica disminuye en la dirección de mayor extinción, dado lo cual deducen que la densidad de átomos de hidrógeno disminuye y suponen que este fenómeno es debido a la conversión de hidrógeno atómico en molecular.

Heiles (1969) observa 48 nubes oscuras y para interpretar sus resultados calcula la densidad de átomos de hidrógeno en el punto observado. Concluye que sólo cinco nubes muestran su presencia en 21 cm: tres de ellas muestran deficiencia de HI y dos muestran exceso.

Una de las nubes observadas por Heiles (1969) es observada con mayor resolución por Sancisi (1971) quien encuentra una disminución de la temperatura de brillo en la región de la nube.

En el presente trabajo se estudian en 21 cm tres regiones oscuras determinadas fotográficamente por W. J. Fisher (1963) en la idea de estudiar el comportamiento de la línea, tanto sobre la nube de polvo como en regiones

vecinas. Si la presencia de la nube origina una disminución del hidrógeno atómico, ésta deberá presentarse en forma de un perfil de absorción.

Para analizar los resultados de las observaciones se empleó el siguiente método: a) gráficos de temperatura

de antena en función de la longitud galáctica y en función de la latitud galáctica a velocidad constante, para lo cual se emplearon 18 puntos de comparación; b) determinación del perfil de absorción empleando dos y cuatro puntos de comparación para calcular el perfil esperado. Se emplearon todos los puntos de comparación porque es la mejor manera

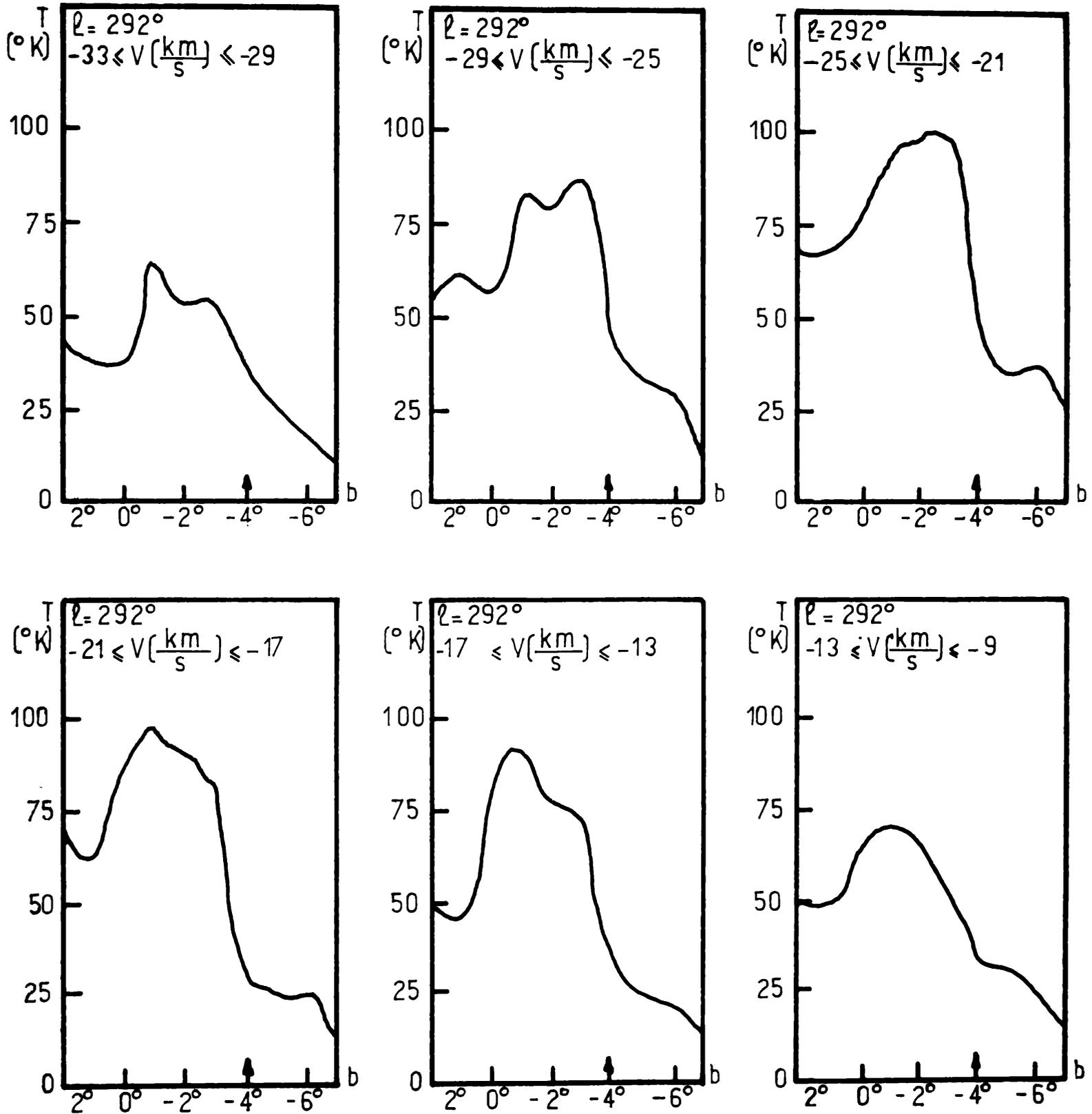


Figura 1a

de determinar si hay o no un comportamiento especial de la línea en la región de la nube. El significado de tomar cortes a velocidad constante es el de estudiar el comportamiento de la línea a distintas distancias del sol. Además, comparando los perfiles de absorción determinados con dos puntos de comparación con los que obtuvieron con cuatro puntos, se puede ver que estos últimos son más claros: algunas de las fluctuaciones desaparecen al promediar los perfiles correspondientes a los cuatro puntos de comparación, y el perfil de absorción es menos arbitrario.

## 2. Observaciones realizadas

Las observaciones fueron realizadas con el radiotelescopio de 30 metros del Instituto Argentino de Radioastronomía.

Se observaron tres regiones oscuras: dos nubes determinadas fotográficamente por W. J. Fisher (1963) que figuran en su publicación con los números 9 ( $l = 293^{\circ}.12$ ;  $b = -3^{\circ}.17$ ) y 19 ( $l = 298^{\circ}.32$ ,  $b = -1^{\circ}.80$ ) que en lo sucesivo se mencionarán como F9 y F19, respectivamente, y la Bolsa de Carbón ( $l = 303^{\circ}.1$ ,  $b = -0^{\circ}.4$ ) que en la publicación mencionada corresponde a la nube F24. Esta última nube se eligió para poder comparar este nuevo análisis, realizado con mayor resolución, con los datos obtenidos por Kerr y Garzoli (1968).

Para estudiar la Bolsa de Carbón se observaron 10 puntos a longitud  $l = 303^{\circ}.1$  constante, para valores de  $b$  en el rango  $-3^{\circ}.9 \leq b \leq 1^{\circ}.6$  de medio grado en medio grado, y diez puntos en latitud  $b = -0^{\circ}.4$  constante para  $300^{\circ}.6 \leq l \leq 305^{\circ}.1$ , también con un espaciado de medio

grado. Es decir que se han hecho dos cortes sobre la nube, uno longitudinal y otro transversal, y se observaron puntos dentro y fuera de la misma.

El trabajo sobre las nubes F9 y F19 se hizo con el mismo criterio con observaciones realizadas por S. Garzoli (1969, 1971).

TABLA I  
Características de las nubes estudiadas

Nube	l	b	Dimensiones	Densidad
F9	293.12	-3.17	180' x 25'	M
F19	298.32	-1.89	90' x 25'	M
Bolsa de Carbón (F24)	303.1	-0.4	300' x 240'	D

En la Tabla I están resumidas las principales características de las nubes estudiadas. Las coordenadas galácticas de la Bolsa de Carbón fueron tomadas de Georgelin y Georgelin (1970). Las coordenadas galácticas de las nubes F9 y F19 fueron calculadas a partir de las coordenadas ecuatoriales dadas por Fisher (1963).

Las dimensiones (largo x ancho) no son indicadores del área real dada la complejidad de la forma de la nube. La densidad aparente indica cuán notorias eran las áreas oscuras en la fotografía.

Las regiones están clasificadas en tres amplias categorías de acuerdo con una estimación cualitativa de su extinción: D (muy oscuras), M (medianamente oscuras) y F (levemente oscuras).

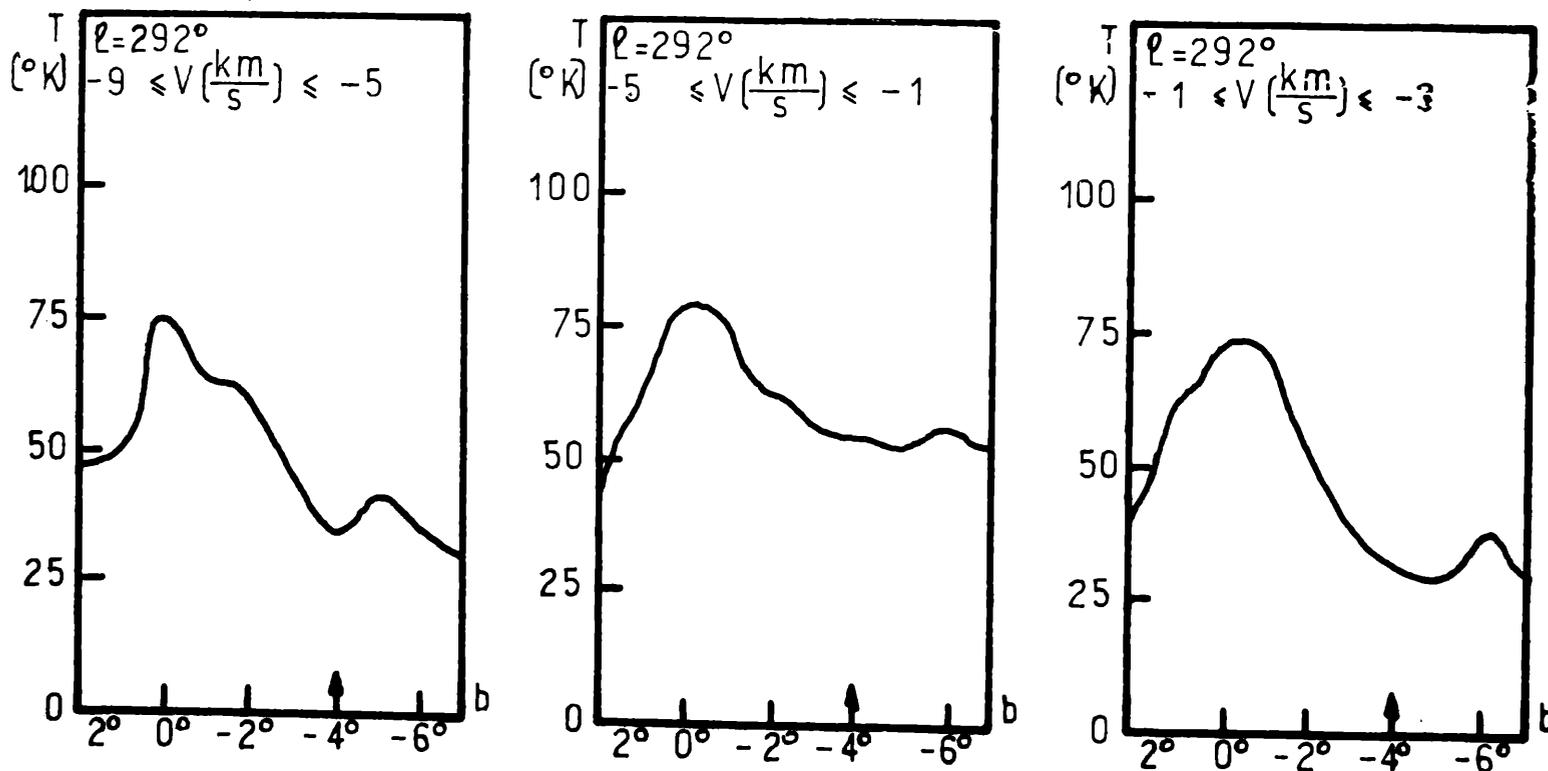


Figura 1b

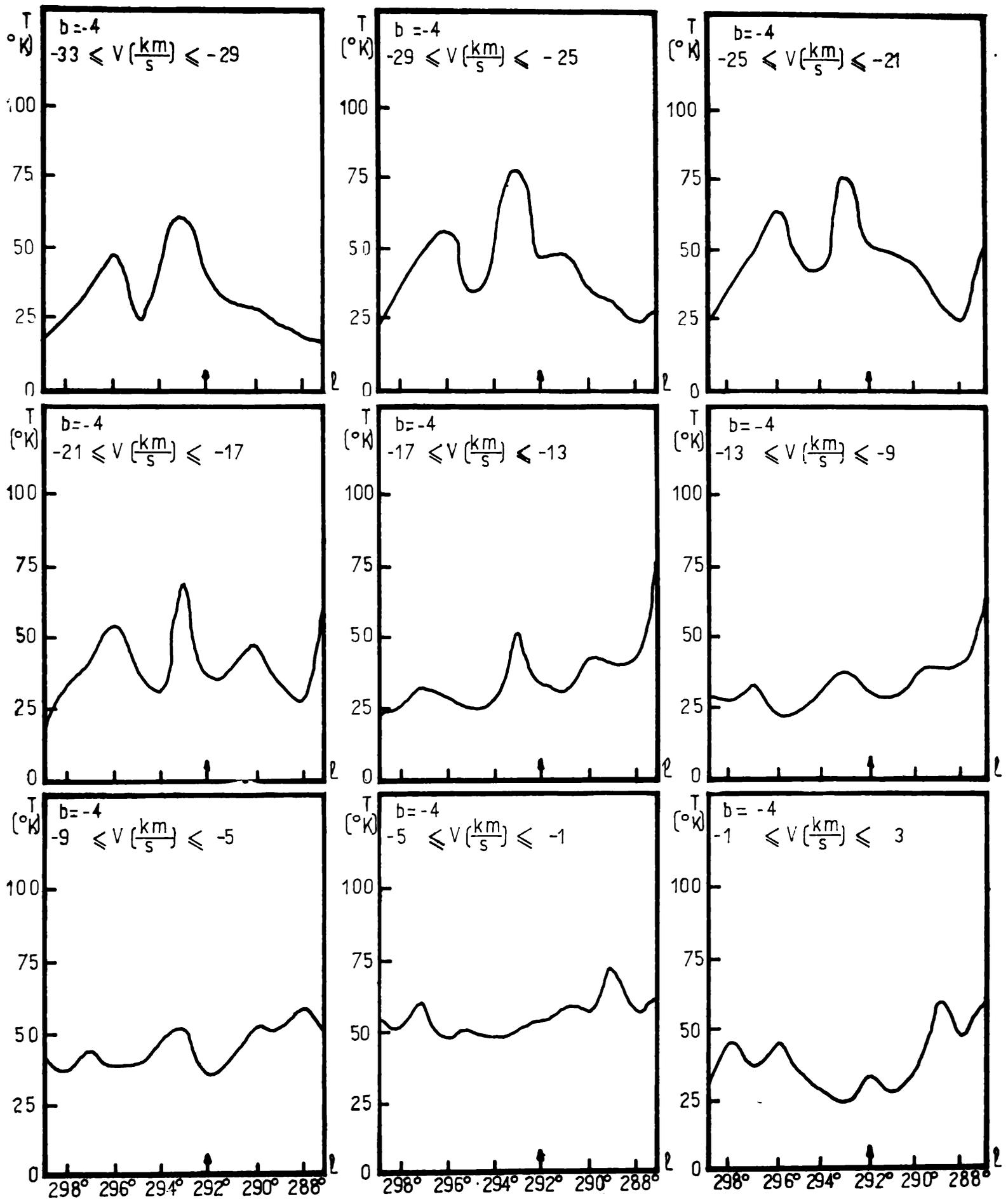


Figura 1c

### 3. Reducción de las observaciones

Los datos obtenidos, una vez reducidos, consisten en perfiles de la línea en 21 cm, de 112 puntos espaciados cada 2 km/seg.

Sobre cada perfil se promediaron las temperaturas de cada dos puntos sucesivos de modo de obtener un nuevo perfil con 56 puntos cada 4 km/seg. Esto se hizo para alisar las fluctuaciones.

Para cada intervalo de velocidades de 4 km/seg se graficó la temperatura de antena en función de la longitud galáctica  $l$  y en función de la latitud  $b$ , para cada uno de los cortes efectuados sobre cada nube. La Figura 1 muestra un ejemplo de estos cortes para la nube F9. En esta serie de gráficos se puede ver el comportamiento de los puntos observados dentro de las nubes de polvo, y cuya posición es indicada por una flecha en el diagrama. Se supuso que las nubes no se pueden hallar a distancias mucho mayores que 200 pc., lo cual en el modelo de velocidades de Schmidt corresponde a velocidades radiales del orden de  $-5$  km/seg. o menores.

En estos cortes en principio aparecen depresiones que podrían deberse a absorción, pero no son muy obvias. Por lo tanto se calculó para cada punto dentro de la nube el perfil esperado, promediando por un lado los dos perfiles más cercanos a ambos lados para  $l$  constante y por otro lado los dos a  $b$  constante. Haciendo las diferencias

$$\Delta T_l = (T_{\text{esperado}} - T_{\text{real}})_{l=\text{cte.}}$$

y

$$\Delta T_b = (T_{\text{esperado}} - T_{\text{real}})_{b=\text{cte.}}$$

respectivamente, se graficaron los perfiles de absorción  $\Delta T_l$  y  $\Delta T_b$ , en función de la velocidad y los gráficos correspondientes se presentan junto con los perfiles reales promediados sobre intervalos de velocidad de 4 km/seg. Para poder analizarlos mejor se promediaron los dos perfiles de absorción de cada punto y así se obtuvo un nuevo perfil determinado con cuatro puntos de comparación (Figura 2).

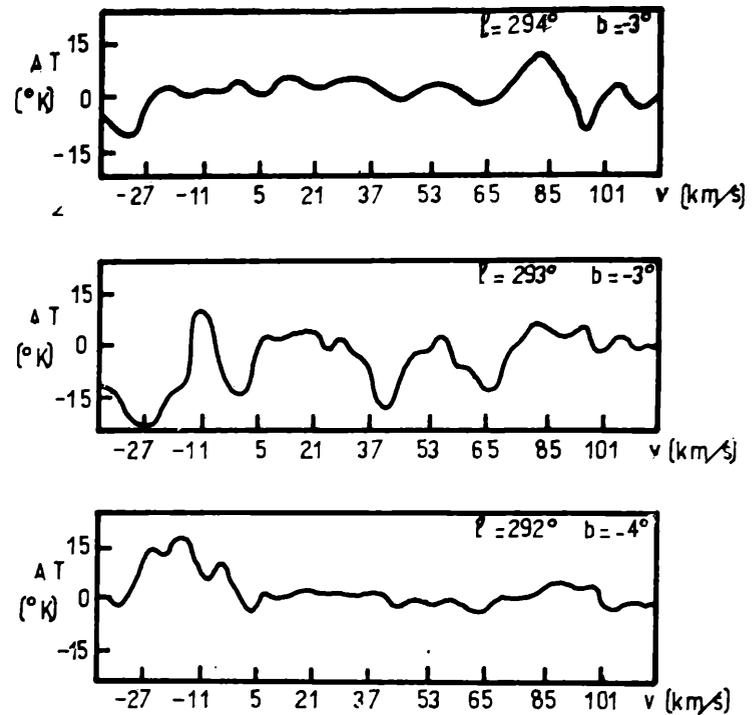
Es de notar que en los perfiles la absorción aparece como picos positivos pues corresponden a  $T_{\text{real}} < T_{\text{esperado}}$ .

### 4. Interpretación de los resultados

Las Figuras 2a, 2b y 2c muestran los resultados finales del presente análisis. En ellas se graficaron los perfiles de absorción obtenidos como diferencia entre el perfil esperado a partir de las observaciones en zonas cercanas y exteriores a las nubes, y el perfil obtenido sobre las nubes. A continuación se analizan los resultados para cada nube en particular.

a) F9;  $l = 293^\circ.1$ ,  $b = -3^\circ.2$

La Figura 2a corresponde a tres cortes efectuados sobre la nube F9, para las coordenadas G294.0,  $-3.0$ ; G293.0,  $-3.0$ ; G292.0,  $-4.0$ .



2a) Perfil de absorción para F9.

En principio los dos primeros cortes no muestran picos significativos de absorción. En particular el segundo muestra un pico a  $v = -12$  km/seg., pero su intensidad no difiere de lo que podría interpretarse como fluctuaciones propias del perfil, según fue obtenido.

El tercero de ellos muestra un pico de absorción a velocidades negativas con las siguientes características:

$l$	$b$	$v$ (km/seg)	$T_a$ (°K)	Semiancho (km/s)
292.0	-4.0	-19	15	10

mientras que a velocidades positivas las fluctuaciones son menores que el ruido propio del receptor. Esto podría llevar a asegurar que el pico es real.

Para tratar de determinar si dicho pico es una absorción originada por la presencia de la nube, o por alguna otra fuente de absorción ubicada detrás de la misma, se realizó un análisis de los objetos observables radioastrónomicamente hallados en la zona.

Shaver y Goss (1970) en el continuo, en 408 MHz no encuentran ninguna componente de emisión en esas coordenadas. La más cercana es una fuente galáctica débil de 2,8 u.f., para  $l = 291.9$ ;  $b = -0.7$ .

Goss y Shaver (1970) en 5.000 MHz no dan tampoco para las coordenadas de F9 ninguna fuente.

En el trabajo en 1410 MHz realizado por Hill (1968) tampoco aparecen fuentes del continuo en la zona.

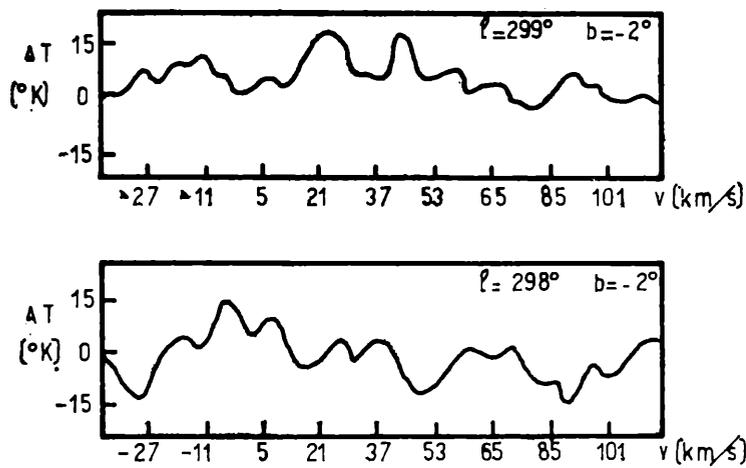
Las regiones HII fueron catalogadas en detalle en la región por Humphreys (1972) y por Georgelin y Georgelin (1970) y en los listados no aparecen regiones HII que pudieran ser causa de la absorción.

Lo mismo sucede con los resultados del análisis de supernovas realizado por Milne (1971).

Es decir, que en principio no aparecen en la bibliografía objetos que pudieran ser determinantes de la absorción hallada. Sorprende sin embargo que si la absorción es debida a la presencia de la nube, el fenómeno no se haga evidente en los otros cortes. Hay que tener en cuenta que en esta nube, por razones técnicas, los tres cortes efectuados no cubren igualmente la nube.

b) F19;  $l = 298^\circ.3$ ,  $b = -1^\circ.9$

La Figura 2b muestra los resultados finales obtenidos para F19. Se determinaron dos perfiles de absorción.



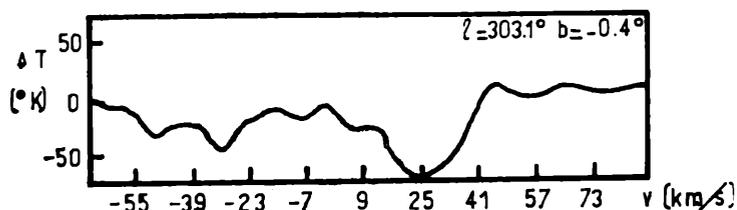
2b) Perfil de absorción para F19.

Nuevamente aquí hay una diferencia entre ambos. El primero ( $G299.0$ ;  $-2.0$ ) muestra absorción prácticamente en todo el rango de velocidades observadas, mientras que el segundo ( $G298.0$ ;  $-2.0$ ) presenta un pico de absorción en velocidades negativas, pero que es aproximadamente del mismo orden que las fluctuaciones.

Las características de ambos perfiles son:

$l$	$b$	$v$ (km/s)	$T_a$ ( $^\circ K$ )	Semiancho (km/s)
299.0	-2.0	-15	11	16
		21	18	8
		41	16	4
298.0	-2.0	-7	15	4
		5	10	4

y no se encontró en la región ninguna fuente de absorción, para lo cual se consultaron las mismas referencias que para F9.



2c) Perfil de absorción para F24.

c) F24, Bolsa de Carbón,  $l = 303^\circ.1$ ,  $b = -0^\circ.4$

Este perfil que se presenta en la Figura 2c no muestra absorción a ninguna velocidad: la nube sólo se ve en emisión. Este resultado está de acuerdo con los resultados ya obtenidos con otros métodos por Kerr y Garzoli (1968).

Este pico de emisión muestra las siguientes características:

$l$	$b$	$v$ (km/s)	$T_a$ ( $^\circ K$ )	Semiancho (km/s)
303.1	-0.4	25	-70	15

## 5. Conclusiones

Como se muestra en la sección anterior, no se puede concluir un resultado único acerca de la densidad de átomos de hidrógeno para las tres nubes.

Tanto F9 como F19 presentan picos de absorción. Dado que no se han encontrado en la bibliografía radiofuentes que pudieran ser las causas de la absorción, en principio dichos picos deberían corresponderse con la nube. Es de notar sin embargo, que este fenómeno no apareció en todos los cortes. Por otro lado, la Bolsa de Carbón aparece en emisión.

La diversidad de estos resultados puede deberse a varios factores:

- las observaciones efectuadas sobre las nubes no cubren bien las mismas por un efecto del haz de la antena, por lo cual la temperatura de antena no es igual a la temperatura de brillo.
- la opacidad de las nubes no es uniforme; esto explicaría que algunos cortes de F9 presenten absorción y otros no.
- la Bolsa de Carbón es muy extensa y es probable que los puntos de comparación elegidos no sean totalmente adecuados, a pesar de estar sobre los bordes de la parte más oscura de la nube. De todos modos los resultados obtenidos en ella coinciden con los que ya se han encontrado en otros trabajos.

En resumen, se podría afirmar que de las tres nubes analizadas, dos de ellas presentan absorción (F9 y F19) y la tercera no (F24). Este resultado contradictorio, repite en parte los hasta aquí encontrados. Para poder afirmar cualquier tipo de conclusión al respecto, sería necesario realizar el mismo tipo de análisis sobre un mayor número de nubes para poder hacer una estadística significativa. En la actualidad se están observando las nubes L79, L1612, L1781, L1789, L1790 y L1796. (Lynds, 1962).

## BIBLIOGRAFIA

- Fisher, W. J., 1963. *Southern Stars* 20, 61.  
 Garzoli, S., y Varsavsky, C., 1966. *Ap. J.* 145, 79.  
 Garzoli, S., y Varsavsky, C., 1970. *Ap. J.* 160, 75.  
 Georgelin, Y. P., y Georgelin, Y. M., 1970. *Astron. Ap.* 6, 349.  
 Georgelin, Y. P., y Georgelin, Y. M., 1970. *Astron. Ap. Suppl.* 3, 1.  
 Goss, W. M., y Shaver, P. A., 1970. *Aust. J. Phys.* 14, 77.  
 Heiles, C., 1967. *Ap. J.* 148, 299.

Heiles, C., 1969. *Ap. J.* 138, 393.  
 Hill, E. R., 1968. *Australian, J. Phys.* 21, 735.  
 Humphreys, R. M., 1972. Submitted to *Ap. J.*  
 Kerr, F. J., y Garzoli, S., 1968. *Ap. J.* 152, 51.  
 Lilley, A. E., 1955. *Ap. J.* 121, 569.  
 Lynds, B. T., 1962. *Ap. J. Suppl.* 7, 64, 1.  
 Mészáros, P., 1968. *Ap. and Space Sci.* 2, 510.  
 Milne, D. K., 1971. *I. A. U. Symposium* 46, 248.  
 Quiroga, R., y Varsavsky, C., 1970. *Ap. J.* 124, 83.  
 Sancisi, R., y Wesselius, P. R., 1970. *Astron. Ap.* 7, 341.  
 Sancisi, R., 1971. *Astron. Ap.* 12, 323.  
 Shaver, P. A., y Goss, W. M., 1970. *Aust. J. Phys.* 14, 77.

## Estudio en 21 cm de los brazos interiores de la Vía Láctea mediante la aplicación de un modelo observacional de distancias \*

HUGO GUSTAVO PEÑA

*Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires,*

y

SILVIA GARZOLI \*\*

*Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires e Instituto Argentino de Radioastronomía.*

**Abstract:** An observational distances model has been determined based on the observations at the Instituto Argentino de Radioastronomía. The results are shown in diagrams that relate the sun relative radial velocity with the heliocentric distance in the range of galactic longitudes between 297° and 342° at constant intervals of 3° (b=0). Typical examples of these are given in Figures 1.

From the comparison of this model curves and the ones of the homogenous mass distribution, it is possible to determine the number of more important structures in the fourth quadrant ( $v < 0$ ) and its tangential points.

Those galactic longitudes has been compared with those from the continuum. There is a good agreement between them (Table I).

The galactic structure in the fourth quadrant was studied applying this model. There were found 26 concentrations of neutral hydrogen that are shown in (l, b) diagrams in Figures 4.

Since, for negative velocities it is not possible to give a single value of the distance for each concentration, a comparison was made with optical objects, Weaver's predictions for the occidental galactic hemisphere and Lin's model. The conclusions are shown in Figures 7 and 8.

### 1) Introducción

Uno de los problemas más serios y aún no superados en radioastronomía es el de la asignación de las distancias a las concentraciones de hidrógeno detectadas radioastrónomicamente. Este problema se agrava al tratar la zona interior del disco galáctico debido a que para las distancias ga-

\* Este estudio es parte del Trabajo de Seminario presentado por Hugo G. Peña para obtener el título de Licenciado en Física en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

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

lactocéntricas menores que la correspondiente al Sol, los modelos rotacionales dan dos valores posibles para las distancias heliocéntricas.

El modelo más usado y en el cual se basan la mayoría de los trabajos de estructura galáctica realizados es el formulado por M. Schmidt.

En el presente estudio, intentaremos formular un modelo galáctico sobre la base de resultados puramente observacionales. Luego, trataremos de establecer la estructura de la zona interior ( $R < R_0$ ) de la galaxia en base al mismo. Para ello se cuenta con observaciones realizadas en el Instituto Argentino de Radio Astronomía (IAR) y en el Observatorio de Parkes, Australia.

### 2) El modelo de distancias

En base a las observaciones que se realizaron en el IAR por Bajaja et al (1967) se determinó un modelo observacional de distancias, el cual consiste en una relación entre: la velocidad radial relativa al Centro Local de Reposo de una concentración de hidrógeno y su distancia heliocéntrica correspondiente.

Este modelo está basado en los valores de las velocidades extraídos de los extremos de los perfiles de hidrógeno observados, en contraste con aquellos extraídos de las curvas de rotación teóricas. Por lo dicho, es de esperar que con este modelo observacional el acuerdo con la realidad sea el mejor.

Para la construcción de dicho modelo se procedió de la siguiente forma: a partir de la Curva de Rotación obtenida por Bajaja et al (1967) se calcularon los valores de la velocidad angular  $\omega(R)$  de la galaxia mediante la relación

$$\omega(R) = \theta(R)/R$$

Fijamos ahora una dada longitud galáctica  $l$  y para cada valor de  $\omega(R)$  (cada uno de los cuales corresponde a una distancia galactocéntrica  $R$ ) obtenemos una velocidad lineal relativa al Sol, por medio de la ecuación:

$$V_r = R_0 (\omega - \omega_0) \text{ sen } l$$

donde

$R_0 = 10$  Kpc., distancia galactocéntrica del Sol

y  $\omega_0 = 26$  Km.seg<sup>-1</sup>.Kpc<sup>-1</sup>, velocidad angular del Sol

Para cada distancia galactocéntrica  $R$ , obtenemos las distancias heliocéntricas correspondientes al mismo valor de  $V_r$ , es decir:

$$r_1 = R_0 \cos l - (R^2 - R_0^2 \text{ sen}^2 l)^{2/1}$$

$$r_2 = R_0 \cos l + (R^2 - R_0^2 \text{ sen}^2 l)^{2/1}$$

Como veremos luego, habrá que discernir entre ambas distancias haciendo uso de otras observaciones.

Graficamos ahora la velocidad  $V_r$  en función de la distancia  $r$ , para la longitud galáctica  $l$  fijada anteriormente