

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.  
 Mézáros, 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

$$R_0 = 10 \text{ Kpc.}, \text{ distancia galactocéntrica del Sol}$$

$$\text{y } \omega_0 = 26 \text{ Km. seg}^{-1} \cdot \text{Kpc}^{-1}, \text{ velocidad angular del Sol}$$

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.

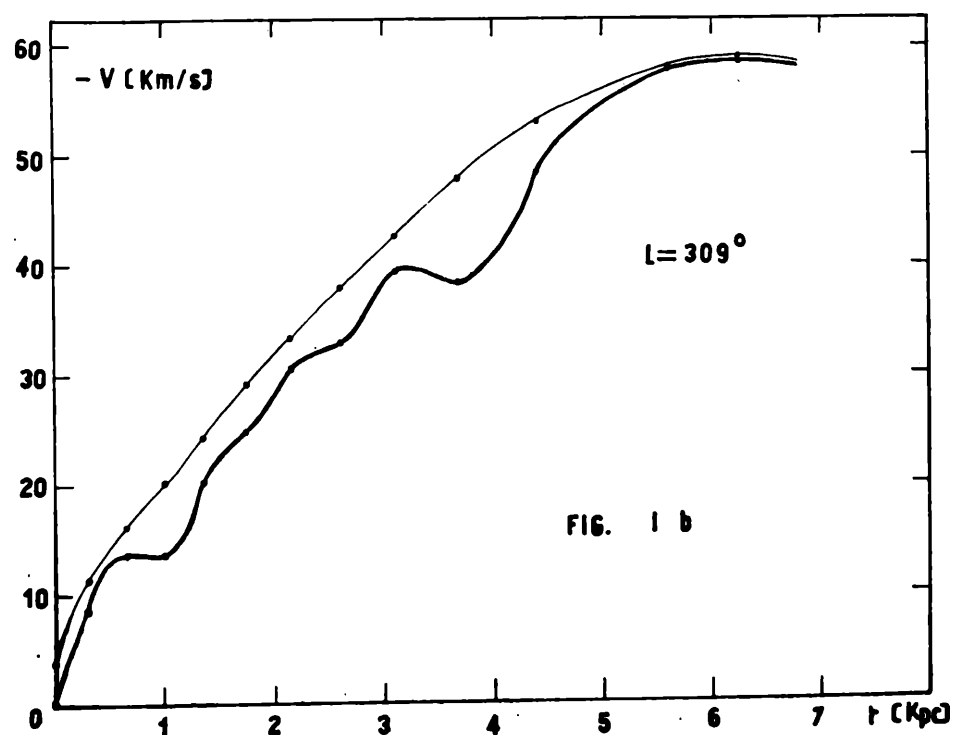
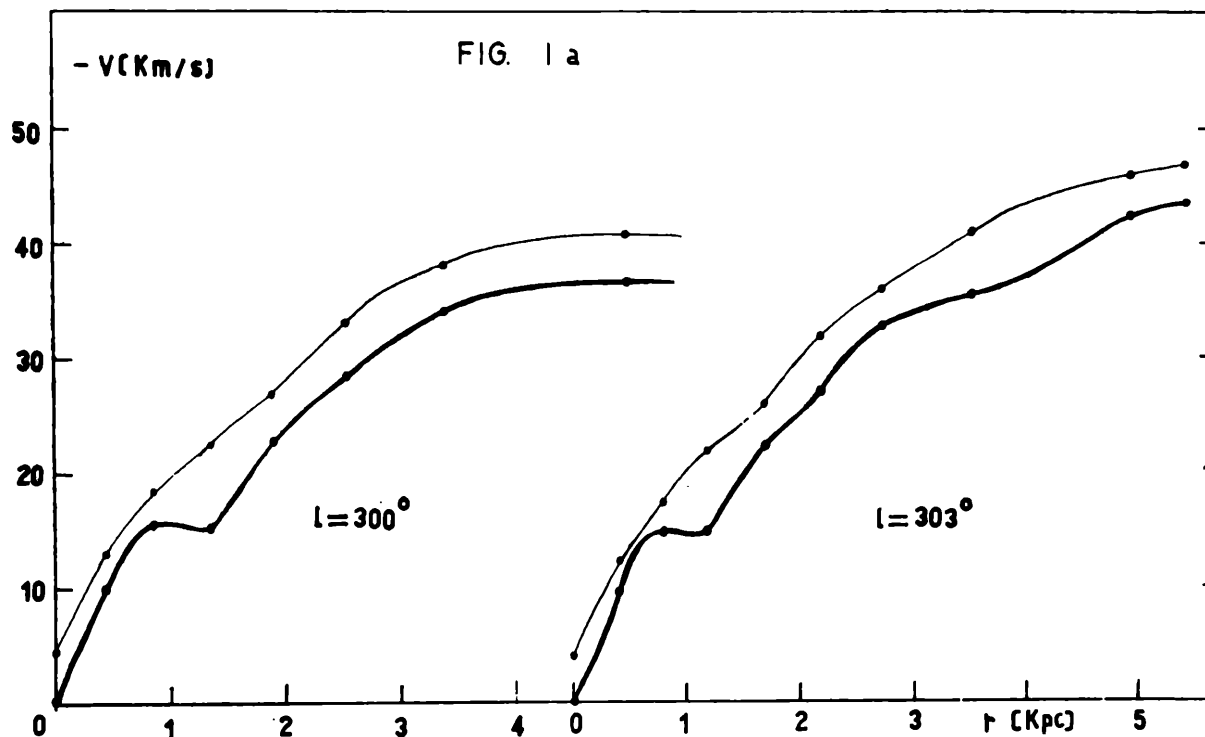
Graficamos ahora la velocidad  $V_r$  en función de la distancia  $r$ , para la longitud galáctica  $l$  fijada anteriormente

(la latitud galáctica  $b$  quedó fijada al elegir la Curva de Rotación del IAR, la cual corresponde a  $b = 0^\circ$ , es decir, sobre el plano galáctico).

El rango de longitudes galácticas abarcado en este trabajo es:

$$297^\circ \leq l \leq 342^\circ, \text{ cada } 3^\circ$$

Las figuras 1a, b, c, d, e (trazo grueso) muestran el modelo de distancias construido según indican los pasos anteriores. Debemos hacer notar que estas curvas fueron graficadas hasta el máximo valor (en módulo) que las mismas alcanzan, ya que resultan ser simétricas respecto de dichos máximos. Las curvas de trazo fino corresponden al modelo de distancias que resultaría de adoptar una curva de rotación monótona creciente, es decir que no presente máximos



ni mínimos. La presencia de los máximos y mínimos en la curva de rotación obtenida por Bajaja et al (1967) es la que sugiere la existencia de grandes fluctuaciones en la densidad de masa, que son las que determinan los llamados "brazos galácticos".

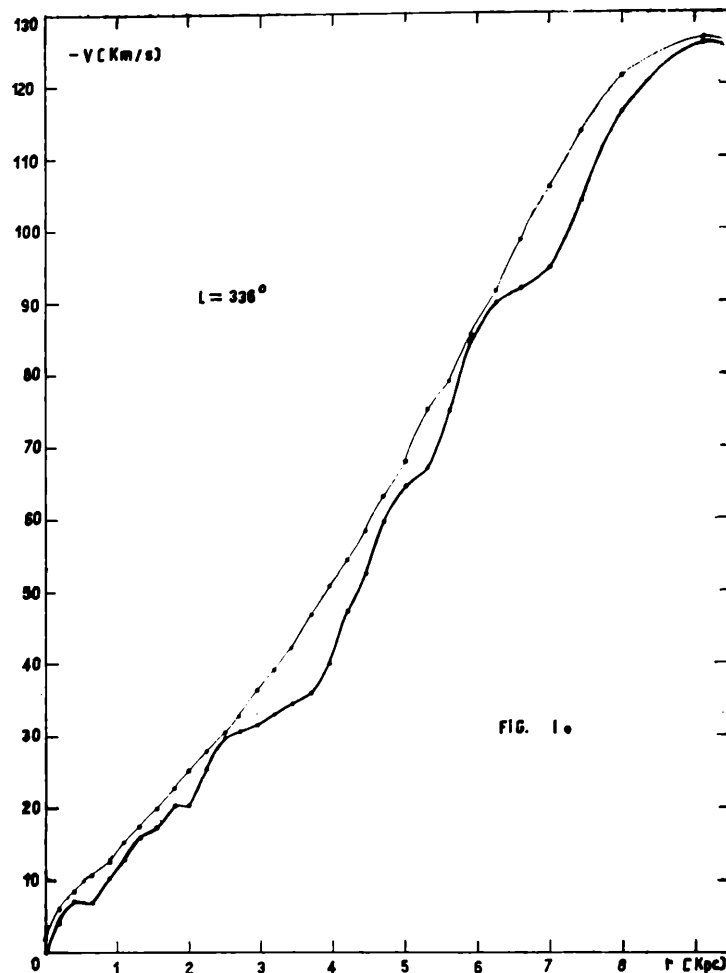
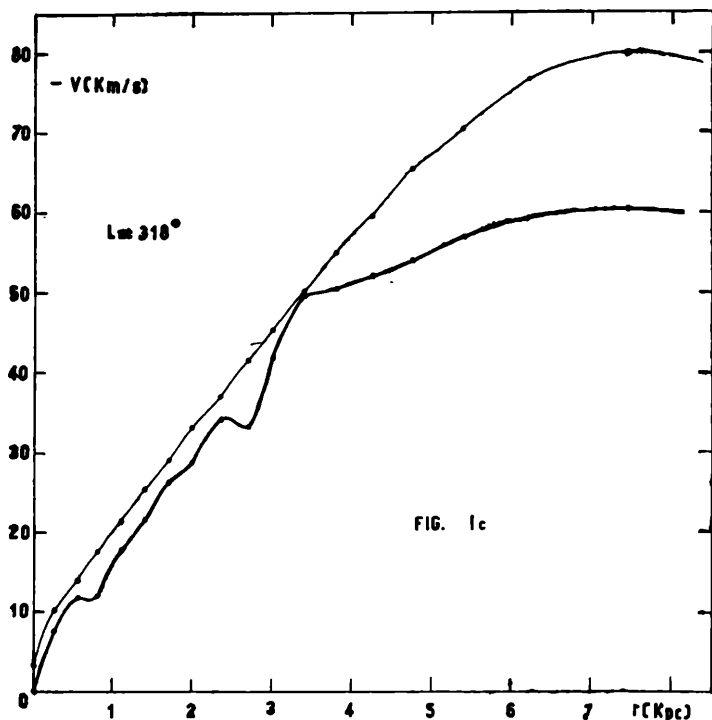
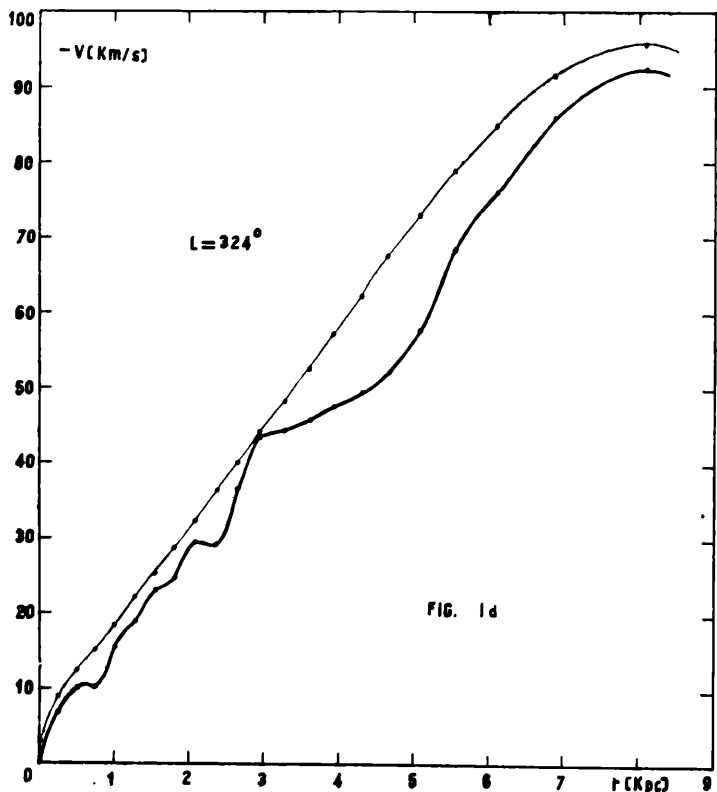


Fig. I — Modelo de Distancias. Relación entre la velocidad lineal relativa al Sol y la distancia heliocéntrica.

curva de trazo grueso: Modelo de distancias obtenido con la curva de rotación del IAR.

curva de trazo fino: Modelo de distancia obtenido con la curva de rotación que pasa por los máximos de la curva de rotación del IAR.



### 3) Los puntos de tangencia

a) Una información que podemos extraer de las figs. I es la siguiente: si para una dada longitud galáctica las dos curvas (trazo fino y grueso) se superponen en la región de sus máximos significa que estamos observando tangencialmente un brazo galáctico. En las figs. Ib y e se observa, por ejemplo, esta superposición.

Por lo tanto, contando con el conjunto de curvas que determinan el modelo de distancias, podemos graficar en un sistema de coordenadas cartesianas el valor absoluto de la diferencia de las velocidades máximas en función de su respectiva longitud galáctica. Este gráfico está mostrado en la Fig. II y nos da las longitudes galácticas para las cuales la línea de visión es tangente a los brazos galácticos. Los valores de estas longitudes galácticas tangentes son las que resultan de hacer  $\Delta V_r \cong 0$ ; éstas son:

$$l_t \cong 308^\circ, 329^\circ, 337^\circ, 340^\circ$$

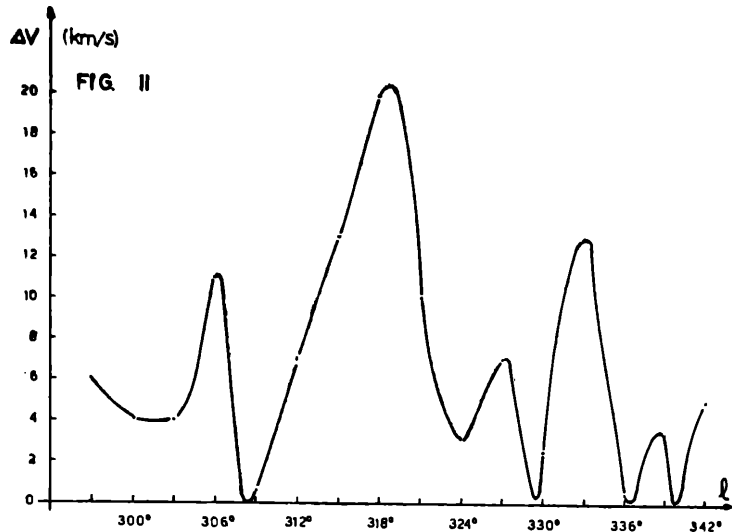


Fig. II — Muestra, para cada longitud galáctica, la diferencia  $\Delta V$ , entre las velocidades de los máximos de las curvas del modelo de distancias.

Es de hacer notar que a  $l = 324^\circ$  se observa un mínimo no nulo que indicaría la presencia, en el punto de tangencia, de una concentración de hidrógeno que no es lo suficientemente densa como para que pueda ser observada "separadamente" de otras contribuciones en la misma línea de visión.

b) *Comparación de las longitudes galácticas tangentes a los brazos con las dadas por observaciones en el continuo.*

Otra forma de abordar el problema de la determinación de la estructura galáctica, aunque más no sea en gran escala, es por medio de observaciones radioastronómicas en frecuencias distintas de la correspondiente a la emisión en 1420 Mc del hidrógeno neutro, y sin realizar la "separación" en velocidades debida al efecto Doppler.

Observar en frecuencias que no sean la de 1420 Mc nos permite formar una idea aproximada de la estructura galáctica, ya que es de esperar emisión en varias frecuencias de regiones en donde la densidad de la materia interestelar es grande, es decir, donde se encuentran los brazos galácticos.

En la Tabla I, se muestran los valores hallados por distintos observadores. Se puede ver que los valores están en buen acuerdo con los obtenidos en este trabajo, a excepción de aquellos dados por la teoría de Lin et al (1969). De las columnas (9) y (10) podemos notar que la diferencia de los valores tabulados disminuye a medida que aumenta la longitud galáctica. Esto indicaría que, aceptando a la Galaxia formada por estructuras espirales, el modelo de la onda de densidad determina estructuras espirales que se van "abriendo" más rápidamente que aquellas determinadas por las observaciones.

TABLA I

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
308°	310°	—	310°	305°	308°	305°	306°	301°	307.5°
329°	328°	327°	327°	326°	327°	330°	327°	321°	327°
337°	337.5°	334°	337°	336°	335°	—	338°	332°	336°
340°	—	—	—	—	345°	—	—	339°	342.5°

- (1) valores obtenidos en este trabajo (1420 Mc)
- (2) Mills (1958) en 3.5 metros.
- (3) Westerhout (1958) en 1390 Mc.
- (4) Mills (1964)
- (5) Kerr (1970) en 11 cm.
- (6) Bear et al (1969) survey de fuentes discretas.
- (7) Kaplan (no publicado) survey de hidrógeno integrado.
- (8) Hill (1968) en 1410 Mc.
- (9) Lin et al (1969) teoría de la onda de densidad.
- (10) valores promedios, excluidos los valores de la columna (9).

4) *Los brazos interiores*

a) *Sus estructuras*

Obviamente, con el solo conocimiento de los puntos de tangencia de los brazos galácticos, no podemos determinar la estructura y distribución espacial de cada uno de ellos.

Para conocer entonces la estructura de dichos brazos es necesario realizar el estudio de los diagramas de distribución de temperaturas de brillo. Dicho estudio se realizó sobre la base de las observaciones obtenidas por Kerr (1969) en Parkes, Australia. De esta forma se pudieron identificar 3 estructuras o "brazos" bien definidos, los cuales están representados en las Figs. III (a, b y c).

Cada una de estas estructuras está formada por una serie de concentraciones de hidrógeno, las cuales se encuentran tabuladas en la Tabla II.

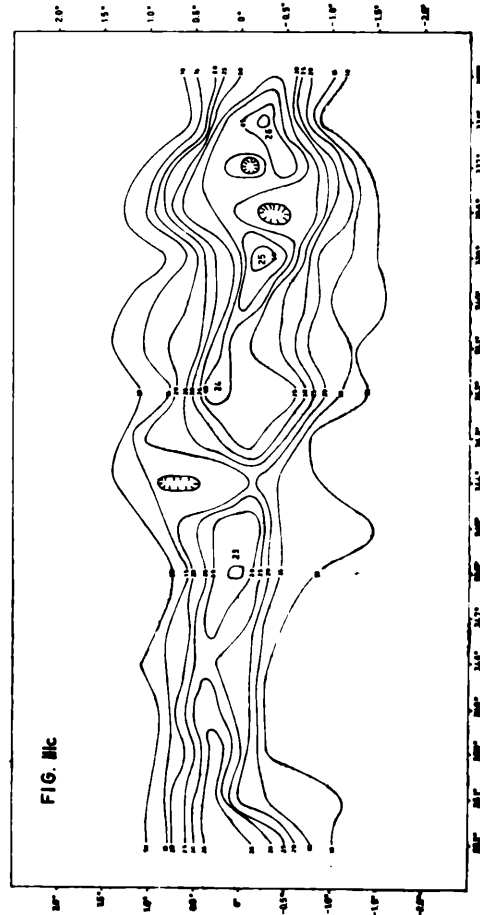
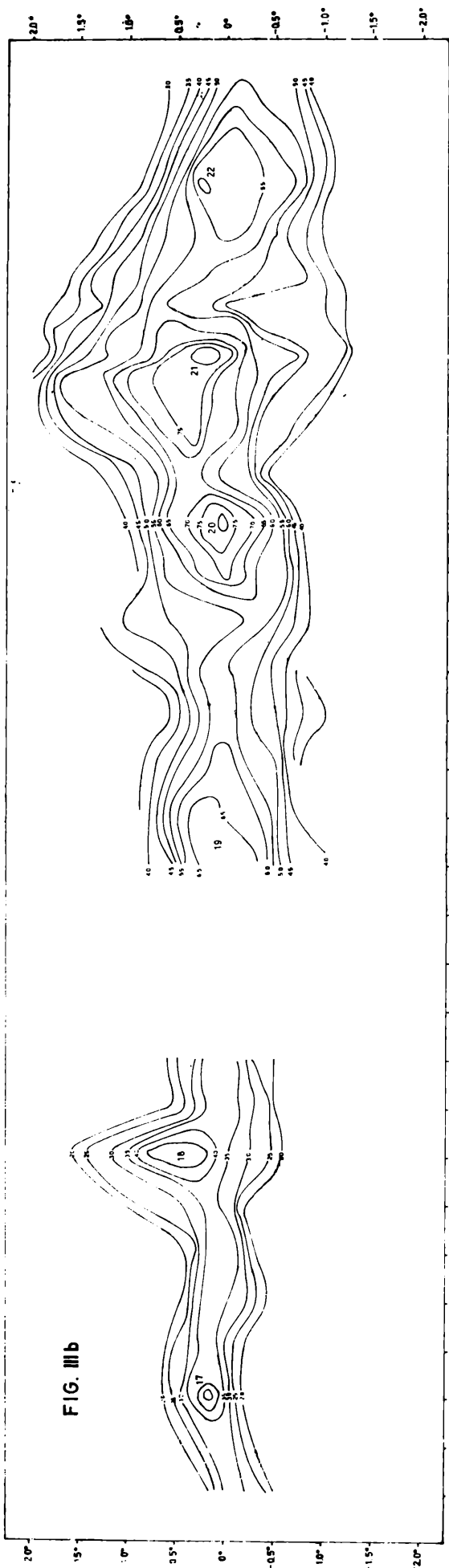
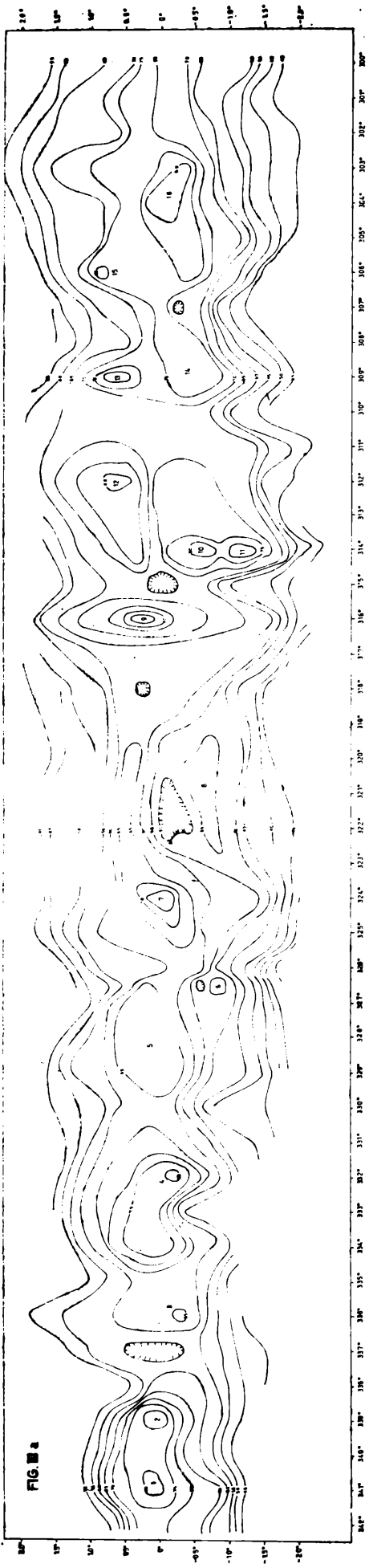
TABLA II

Nº	l	b	$T_b$ (°K)	V (Km/s)	$r_1$ (Kpc)	$r_2$ (Kpc)
1	341°	0.1°	80	-35	3.65	15.25
2	339°	0.1°	80	-35	3.8	14.8
3	336°	-0.25°	65	-30	2.5	15.7
4	332°	-0.25°	80	-44	4.1	13.6
5	328°	0.25°	65	-50	4.2	12.8
6	326.5°	-0.75°	55	-66	5.2	11.5
7	324°	0.0°	75	-50	4.4	11.8
8	321°	-0.6°	55	-55	5.2	10.3
9	316°	0.25°	85	-50	3.5	10.7
10	314°	-0.5°	80	-46	3.5	10.3
11	314°	-1.25°	80	-44	3.4	10.4
12	312°	0.6°	80	-45	3.65	9.75
13	309°	0.6°	80	-38	3.0	9.6
14	309°	-0.5°	80	-35	2.8	9.8
15	306°	0.7°	80	-35	3.1	8.6
16	303.5°	-0.1°	85	-30	2.5	8.5
17	349°	0.2°	45	-65	—	—
18	344°	0.5°	45	-64	5.3	13.9
19	338°	0.0°	65	-50	4.4	14.1
20	331°	0.0°	80	-85	6.2	11.3
21	327.5°	0.25°	80	-87	6.5	10.4
22	324°	0.25°	70	-75	6.0	10.2
23	346°	0.0°	35	-110	—	—
24	342°	0.25°	40	-130	9.5	9.5
25	339°	-0.25°	50	-120	8.0	10.7
26	336°	-0.25°	50	-113	7.8	10.5

Las velocidades y distancias heliocéntricas de dichas concentraciones se obtienen de los diagramas de Kerr (1969) y del modelo de distancias, respectivamente.

b) *Comparación con los delimitadores ópticos y otras observaciones.*

Debemos ahora resolver el problema de la ambigüedad de las distancias. Utilizaremos para ello los llamados "deli-



Figs. III — Diagramas (1,b) resultantes del análisis de los diagramas de Kerr (1969).

mitadores de estructura" extraídos del trabajo de Lynga (1965) y Humphreys (preprints), en óptico; y el trabajo de Weaver en radio (1972).

Recordemos que los datos ópticos sólo nos sirven como delimitadores de estructura para distancias heliocéntricas no mayores de 4 Kpc. Además nos hallamos ante el problema de que las distancias asignadas a los objetos ópticos están afectadas de errores en su estimación.

i) nuestro primer intento para decidir sobre la ambigüedad de las distancias de las concentraciones de hidrógeno será comparar la distribución espacial de las mismas con aquella distribución determinada por: asociaciones de estrellas del tipo OB, cefeidas y estrellas jóvenes.

Estos objetos ópticos son debidos a Lynga (1965). La Fig. IV muestra ambas distribuciones superpuestas. Vemos que el acuerdo entre ambas es en general, muy pobre. Sin embargo podemos observar que existe cierta correlación en la región de las concentraciones Nos. 3, 9, 10, 11 y 12.

La concentración N° 3 está rodeada por: las cefeidas SY Norma ( $12^{\text{d}}.6$ ;  $l = 327.5^{\circ}$ ,  $b = -0.7^{\circ}$ ;  $r = 2.7 \pm 0.3$  Kpc.) y KQ Scorpio ( $28^{\text{d}}.7$ ;  $l = 340.4^{\circ}$ ,  $b = -0.8^{\circ}$ ;  $r = 2.6 \pm 0.4$  Kpc.) y por la estrella joven NGC 6204.

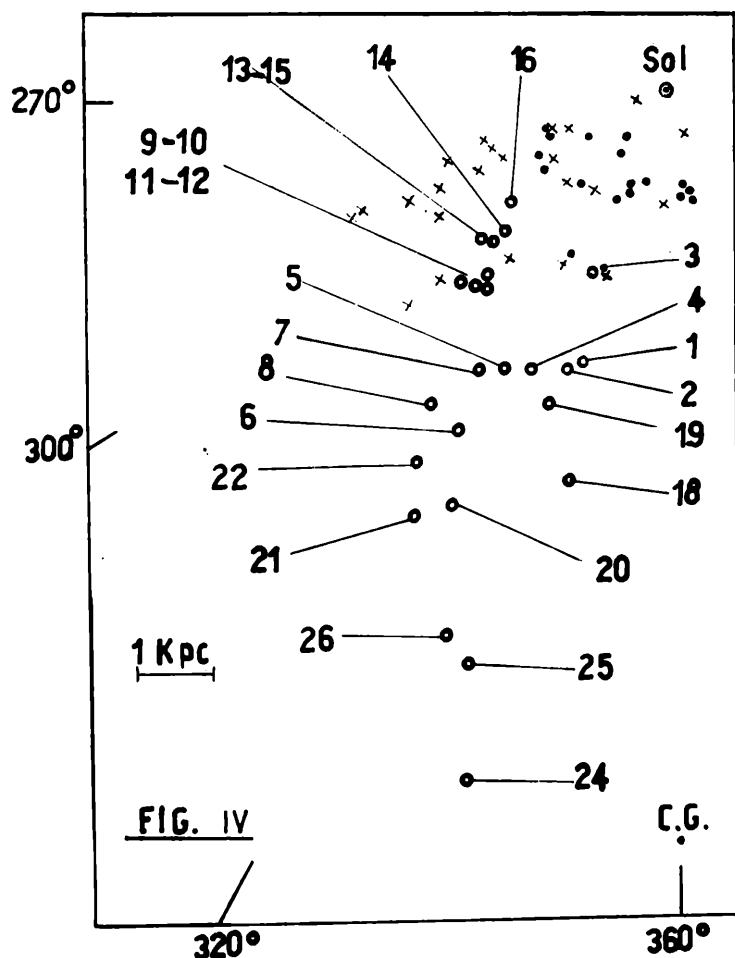


Fig. IV — Distribución espacial de las concentraciones enumeradas en la tabla II (m.d.h.) junto con los delimitadores ópticos de estructura de Lynga (1965).  
 • : cúmulos y asociaciones OB jóvenes.  
 + : cefeidas luminosas (período mayor que 10 días).

Además, observando el diagrama (b, v) de Kerr (1969) correspondiente a  $l = 336^{\circ}$ , vemos que la concentración N° 3 posee una pequeña dispersión en velocidades, lo que indicaría que se trata de una concentración de hidrógeno cercana al Sol. Por lo dicho, le asignamos la distancia  $r_1$ .

Si bien la cefeida TX Centauro ( $17^{\text{d}}$ ;  $l = 315.2^{\circ}$ ,  $b = -0.6^{\circ}$ ;  $r = 3.0 \pm 0.4$  Kpc.) se encuentra cercana a las concentraciones Nos. 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, este único objeto no nos indica suficiente actividad óptica como para poder decidir ya.

ii) Contamos ahora con la distribución de objetos estelares debida a R. Humphreys (preprints), que consta de asociaciones de estrellas de tipo espectral OB, cúmulos y Regiones H II. Esta distribución está mostrada en la Fig. V, junto con las concentraciones ubicadas según su mínima distancia heliocéntrica a efectos de su comparación. Observamos que, entre las longitudes galácticas  $330^{\circ}$  y  $340^{\circ}$  y las distancias heliocéntricas 3.7 y 4.2 Kpc. existe una gran actividad óptica, la cual es revelada por la presencia de una extensa región H II. Es de esperar, entonces, que en el entorno de esta zona contemos también con la presencia de regiones H I. Estas zonas de hidrógeno neutro estarían representadas por las concentraciones Nos. 1, 2, 4 y 19. Lo mismo acontece en las proximidades de las concentraciones Nos. 9, 10, 11, 12 y Nos. 7, 8 donde además existe un cúmulo de estrellas.

Las concentraciones Nos. 13, 14, 15 y 16 están situadas en una zona donde predominan las regiones H II, donde también notamos la presencia de un cúmulo galáctico. Estas últimas 4 concentraciones, como podemos ver en la Fig. V, coinciden con el brazo Sagitario óptico.

Adoptando la menor de las distancias heliocéntricas (en lo sucesivo referida como m.d.h.) para las concentraciones Nos. 1, 2, 4, 5, 7 y 8, vemos que ellas conforman una estructura que podemos identificar con el llamado brazo Scutum-Norma, el cual se hallaría desplazado en aproximadamente 0.7 Kpc. respecto del correspondiente óptico dado por el trabajo de R. Humphreys.

iii) Compararemos ahora las 26 concentraciones de hidrógeno enumeradas en la Tabla II con el trabajo de Weaver (1972) en 21 cm. Weaver determinó la estructura galáctica en el hemisferio oriental galáctico e hizo predicciones sobre la posible prolongación de los brazos hacia el hemisferio occidental. En la Fig. VI se muestra la estructura espiral observada y predicha para los brazos Sagitario y Scutum-Norma junto con las concentraciones estudiadas en este trabajo (siempre ubicadas a la m.d.h. para su comparación).

En la Fig. VI vemos que la estructura que determinan las concentraciones Nos. 1, 2, 4, 5, 7 y 8 está en un muy buen acuerdo con el brazo Scutum-Norma. El brazo Sagitario predicho por Weaver "pasa" muy cerca de las concentraciones Nos. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, lo cual nos indicaría la posibilidad de asignarles la m.d.h.

En base al análisis realizado con la comparación con datos ópticos y de radio, y tomando en cuenta las isofotas de las Figs. III, podemos concluir lo siguiente:

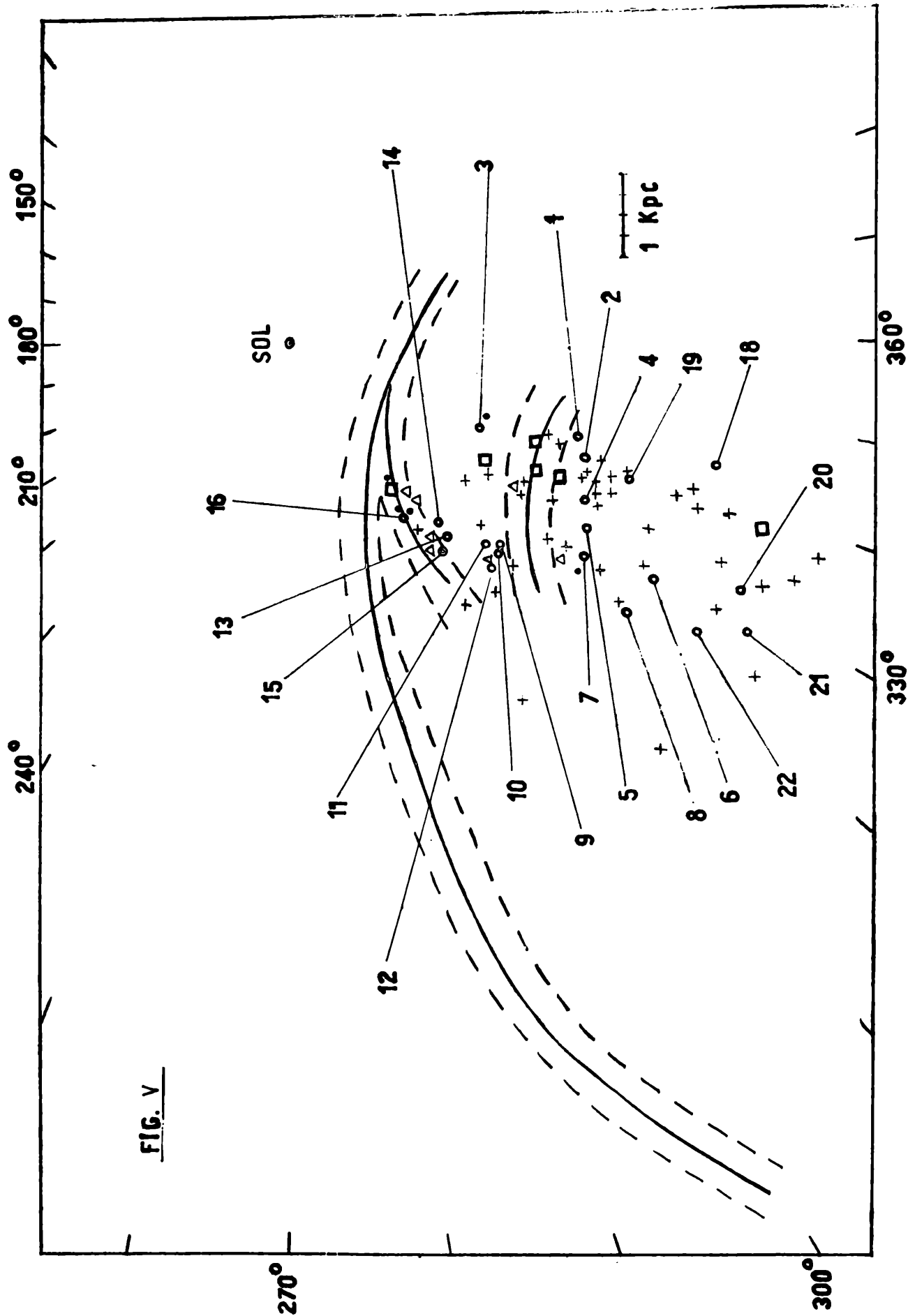


Fig. V — Distribución espacial de las concentraciones enumeradas en la tabla II (m.d.h.) junto con los delimitadores ópticos y regiones H II (Humphreys,R).  
 □ : asociaciones; ● : cúmulos; Δ : regiones H II (observaciones ópticas); + : regiones H II (observaciones en radio).

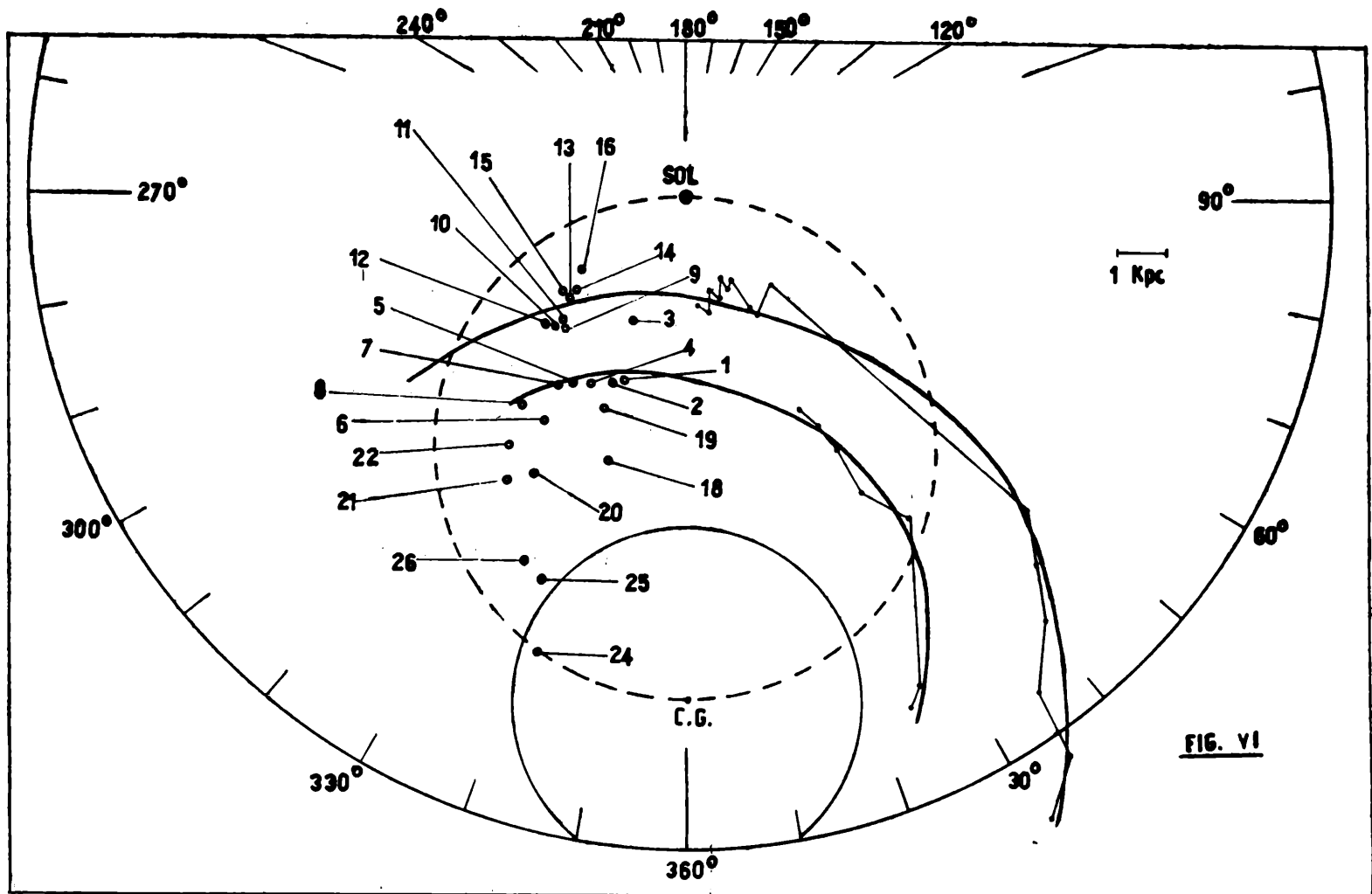


Fig. VI — Distribución espacial de las concentraciones enumeradas en la tabla II (m.d.h.) junto con la estructura galáctica observada y predicha por Weaver (1972).

*concentraciones Nos. 1-2-4-5-7-8*

i) en el diagrama (1, b) dichas concentraciones parecen estar ligadas. Sus velocidades van decreciendo a medida que aumenta la longitud galáctica; esto indicaría que forman parte de la misma estructura tomando en cuenta el modelo de rotación circular utilizado.

ii) en la zona situada a las menores distancias heliocéntricas correspondientes a estas concentraciones existe una gran actividad óptica, puesta en evidencia por la presencia de extensas regiones H II.

iii) las concentraciones coinciden con el brazo Scutum-Norma predicho por Weaver.

Distancia adoptada:  $r_1$

*concentraciones Nos. 13-14-15-16*

i) parecen estar ligadas en el diagrama (1, b), presentando también velocidades del mismo orden ( $-35$  Km/seg.).

ii) adoptando la m.d.h. vemos que se encuentra en una zona de gran actividad óptica; sus posiciones coinciden con el trazado del brazo Sagitario óptico.

iii) las concentraciones Nos. 13, 14 y 15 coinciden con el brazo Sagitario predicho por Weaver en radio.

Distancia adoptada:  $r_1$

*concentraciones Nos. 18-19*

i) es difícil decir que estas dos concentraciones se encuentran ligadas entre sí, ya que en el diagrama (1, b) correspondiente existe una zona que no ha podido ser analizada debido a la complejidad que presentan los diagramas (b, v) de Kerr (1969).

ii) ubicadas a la m.d.h. observamos en la Fig. V que la concentración 19 es probable que corresponda a un "ensanchamiento" o "bifurcación" del brazo Scutum-Norma, ya que la presencia de regiones H II en su entorno así lo indicaría.

Distancia adoptada: para la concentración N° 18 es difícil decidir, ya que sólo se cuenta con la distribución de regiones H II para longitudes galácticas menores que  $340^\circ$ , mientras que para la N° 19 adoptaríamos  $r_1$ .

*concentraciones Nos. 20-21-22*

i) se presentan ligadas en el diagrama (1, b) y con velocidades del mismo orden ( $-80$  Km/seg.).





TABLA III

Nº	$r_1$ (Kpc)	$r_2$ (Kpc)
1	3.65	—
2	3.8	—
3	2.5	—
4	4.1	—
5	4.2	—
6	?	?
7	4.4	—
8	5.2	—
9	3.5	—
10	3.5	—
11	3.4	—
12	3.65	—
13	3.0	—
14	2.8	—
15	3.1	—
16	2.5	—
17	—	—
18	?	?
19	4.4	—
20	6.2	—
21	6.5	—
22	6.0	—
23	?	?
24	?	?
25	?	?
26	?	?

Como otra alternativa para poder obtener una distribución espacial de las 26 concentraciones recurrimos a la teoría de la Onda de Densidad formulada por Lin et al (1964).

c) *Distribución de las concentraciones en base al modelo de Lin*

Lin et al (1964) sostienen la hipótesis de que la materia de la galaxia (estrellas y gas) pueden mantener una onda de densidad a través de la interacción gravitacional en presencia de la rotación diferencial galáctica. Esta onda provee un campo de gravitación espiral el cual "sostiene" la distribución observada de estrellas y gas. De esta manera, una estructura espiral puede ser mantenida sobre todo el disco galáctico.

La idea es, entonces, distribuir nuestras concentraciones de tal forma que el acuerdo con el modelo de Lin sea el más logrado. Para ello se cuenta con los cálculos realizados por Lin et al (1969), quienes construyeron un diagrama espiral basado en la curva de rotación de Schmidt.

En la Fig. VIII hemos representado el diagrama espiral para la zona de nuestro estudio, junto con la distribución:

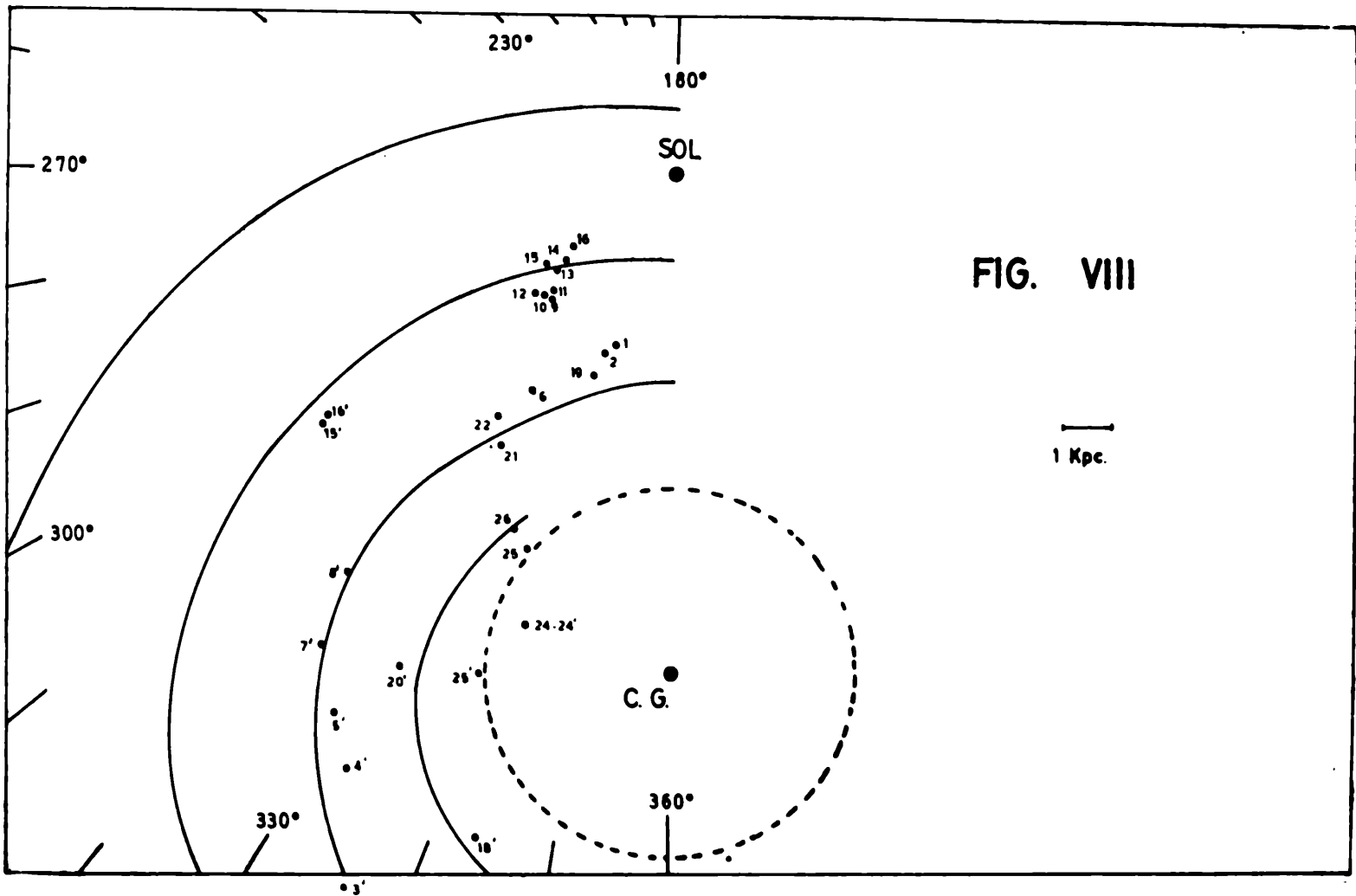


FIG. VIII

Fig. VIII — Distribución espacial de las concentraciones según la tabla IV, junto con la estructura espiral debida al modelo de la onda de densidad de Lin et al (1969).

de las concentraciones que dieran el mejor acuerdo. La tabla IV da las distancias adoptadas para esta distribución.

TABLA IV		
Nº	$r_1$ (Kpc)	$r_2$ (Kpc)
1	3.65	—
2	3.8	—
3	—	15.7
4	—	13.6
5	—	12.8
6	5.2	—
7	—	11.8
8	—	10.3
9	3.5	—
10	3.5	—
11	3.4	—
12	3.65	—
13	3.0	—
14	2.8	—
15	3.1	8.6
16	2.5	8.5
17	no hay distancias	—
18	—	13.9
19	4.4	—
20	—	11.3
21	6.5	—
22	6.0	—
23	no hay distancias	—
24	9.5	9.5
25	8.0	10.7
26	7.8	—

#### Conclusiones

Los puntos de tangencia de las estructuras interiores, determinados a partir del modelo observacional coinciden en general con las determinadas en base a las observaciones en el continuo.

La ambigüedad que aún persiste en la determinación de las distancias en la zona interior del disco galáctico es parcialmente superada con la utilización de los elementos

ópticos delimitadores y el modelo de la onda de densidad de Lin.

Por ambos métodos se determinaron distancias para las concentraciones encontradas. Estas distancias coinciden para las concentraciones Nos. 1, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21 y 22. Únicamente para ellas podríamos afirmar que las distancias asignadas pueden ser las correctas. Con el resto de las concentraciones tan sólo podemos dar algún fundamento para su ubicación espacial.

#### REFERENCIAS

- Bajaja et al. (1967): "The run of terminal velocities for the western part of the Galaxy". I.A.U. Symposium Nº 31.
- Hill, E. R. (1968): "A continuum survey of the southern Milky Way at 1410 Mc". Australian Journal Physics, 21, pp. 735.
- Humphreys, R. (preprints): "Structure and motion in the Carinae spiral feature". Preprints of the Steward Observatory, Nº 42.
- Kerr, F. J. (1969): "Parkes hydrogen line surveys of the Milky Way". Australian Journal Physics, Astrophysical Supplement Nº 9.
- Kerr, F. J. and Kerr, M. (1970): "Some evidence for a gap between the Carina and Sagittarius arms in the Galaxy". Astrophysical Letters, 6, pp. 175.
- Lin, C.C. and Shu, F. (1964): "On the spiral structure of Disk galaxies". Astrophysical Journal, 140, pp. 646.
- Lin et al. (1969): "On the spiral structure of Disk galaxies". Astrophysical Journal, 155, pp. 721.
- Mills, B. Y. (1958): "Galactic structure at meter wavelengths". I.A.U. Symposium Nº 9, pp. 431.
- Lynga, G. (1965): "Studies of the Milky Way from Centaurus to Norma". Meddelande Fran Lunds Observatorium, Serie II, Nos. 139, 140, 141, 142, 143.
- Mills, B. Y. (1964): "The radio continuum emission from the Galaxy". I.A.U. - URSI, Symposium Nº 20, pp. 102.
- Schmidt, M.: "Stars and Stellar Systems". V, pp. 513.
- Weaver, H. (1972): "Problems of galactic spiral structure". Steward Observatory, University of Arizona.
- Westerhout, G. (1958): "A survey of the continuous radiation from the galactic system at frequency of 1390 Mc.". B.A.N., 14, Nº 483, pp. 215.