

# HI Y HII EN SCORPIUS-OPHIUCHUS

C. Cappa de Nicolau#\* y W.G.L. Pöppel +\*

# Becaria del CONICET

\* Instituto Argentino de Radioastronomía

+ Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET

## RESUMEN

*The distribution of neutral hydrogen is studied in the region defined by eq. (1). After subtracting a broad Gaussian component, which could be interpreted as the emission of a hot intercloud medium, a Gaussian analysis of the residual 21-cm profiles was performed.*

*The resultant components, of small velocity dispersion, have counterparts in interstellar absorption lines of Na I and Ca II. They could have originated by an expanding phenomenon (like a supernova explosion) produced within the gas related to feature A of Lindblad by stars of the association SCO OB2. As the paper will be published elsewhere, we give here only a synthesis.*

## I. INTRODUCCION

La asociación Sco OB2, ubicada a una distancia de 170 pc es la más próxima al Sol. Su edad ha sido estimada en  $1.2 \times 10^7$  años (Blaauw 1964, Stothers 1972). Esta asociación pertenece al Cinturón de Gould, extenso sistema de estrellas, gas y polvo en expansión. Lindblad (1967), Lindblad et al. (1973) y Olano (1982) han hecho modelos cinemáticos para el gas de este sistema considerado un anillo de HI en expansión en el campo de la rotación diferencial galáctica ("estructura A").

Extensas regiones HII están vinculadas a esta asociación: S 27 (Nebulosa de  $\zeta$  Oph) y las n°9 y 10 de Sivan (1974). Las principales características de estas regiones HII y de sus estrellas excitatrices han sido mencionadas anteriormente (Cappa de Nicolau y Pöppel 1980).

En el presente trabajo se ha considerado una amplia zona que incluye a la asociación Sco OB2 con el objeto de hacer un estudio detallado de su interacción con el material interestelar, sobre todo en relación al proceso de formación de estrellas. Aquí consideraremos fundamentalmente el HI.

## II. OBSERVACIONES Y ESTUDIO PRELIMINAR

Se han considerado perfiles de HI en la línea de 21 cm en la zona:

$$\begin{aligned} 345^\circ &\leq \ell \leq 375^\circ \\ +11^\circ &\leq b \leq +32^\circ \end{aligned} \quad (1)$$

- Los datos observacionales pertenecen a tres fuentes diferentes:
- i) Para  $b \geq +16^\circ$ : Atlas de HI de Heiles y Habing (1974) (Ancho de haz  $\phi = 0.6^\circ$ ; Ancho de filtros  $B = 2.1$  km/s).
  - ii) Para  $b < +17^\circ$  y  $\ell \leq 372^\circ$ : Atlas de HI de Pöppel et al. (1979) con la antena y antiguo receptor del IAR ( $\phi = 0.5^\circ$ ;  $B = 2$  km/s).
  - iii) Aproximadamente 130 posiciones adicionales fueron observadas con el nuevo receptor del IAR ( $\phi = 0.56^\circ$ ;  $B = 2$  km/s), a fin de completar algunos huecos en el Atlas mencionado en i).

Las resoluciones espacial y en velocidad de todos estos datos es similar. La escala de temperatura de las observaciones de Heiles y Habing (1974) fue equiparada a la definida por la región standard S9 según lo propuesto por Williams (1973). Comparaciones detalladas de perfiles de las tres fuentes observacionales en zonas de superposición muestran un acuerdo muy bueno.

Una vez equiparados los distintos datos observacionales entre sí se construyeron mapas longitud-velocidad para latitud constante. En la Fig. 1 se muestra la isofota correspondiente a  $b = +25.6$  obtenida a partir de observaciones realizadas en el IAR.

Los mapas muestran una amplia preponderancia de HI a velocidades positivas bajas, prohibidas en el cuarto cuadrante para gas cercano en órbitas circulares. Este gas aparentemente corresponde a la estructura A de Lindblad (1973) formando parte del Cinturón de Gould (cf. Franco y Pöppel 1978, Strauss et al. 1979, Olano y Poppel 1981a).

A fin de tener una primera imagen cualitativa de la distribución del HI perteneciente a la estructura A se utilizó el método empleado por Strauss et al. (1979): se graficó la temperatura de brillo  $T_b(V_L)$  corregida por fondo galáctico, donde  $V_L$  es la velocidad predicha para la estructura A por Lindblad et al. (1973) (Fig. 2). En el mapa se han representado también las estrellas O-B3 de las listas de Bertiau (1958), Garrison (1967) y Gutiérrez-Moreno y Moreno (1968), consideradas como miembros seguros o probables de la asociación. Además se ha esquematizado con línea de cruces la zona probablemente ocupada por la nube preestelar según sugerencia de Blaauw (1978).

La principal característica del mapa es la distribución irregular del gas formando numerosas concentraciones. Las zonas más densas de HI se encuentran predominantemente hacia  $\ell > 360^\circ$ , fuera de la región ocupada por la asociación. Las regiones HII S1 y S7 se corresponden con una depresión de HI.

### III. ANÁLISIS DE LAS OBSERVACIONES. RESULTADOS

A fin de tener un panorama más completo de la cinemática del HI en la región considerada se hizo un análisis de los perfiles de HI en componentes gaussianas. Primeramente se restó de los perfiles una componente gaussiana ancha de distribución espacial muy regular, que po-

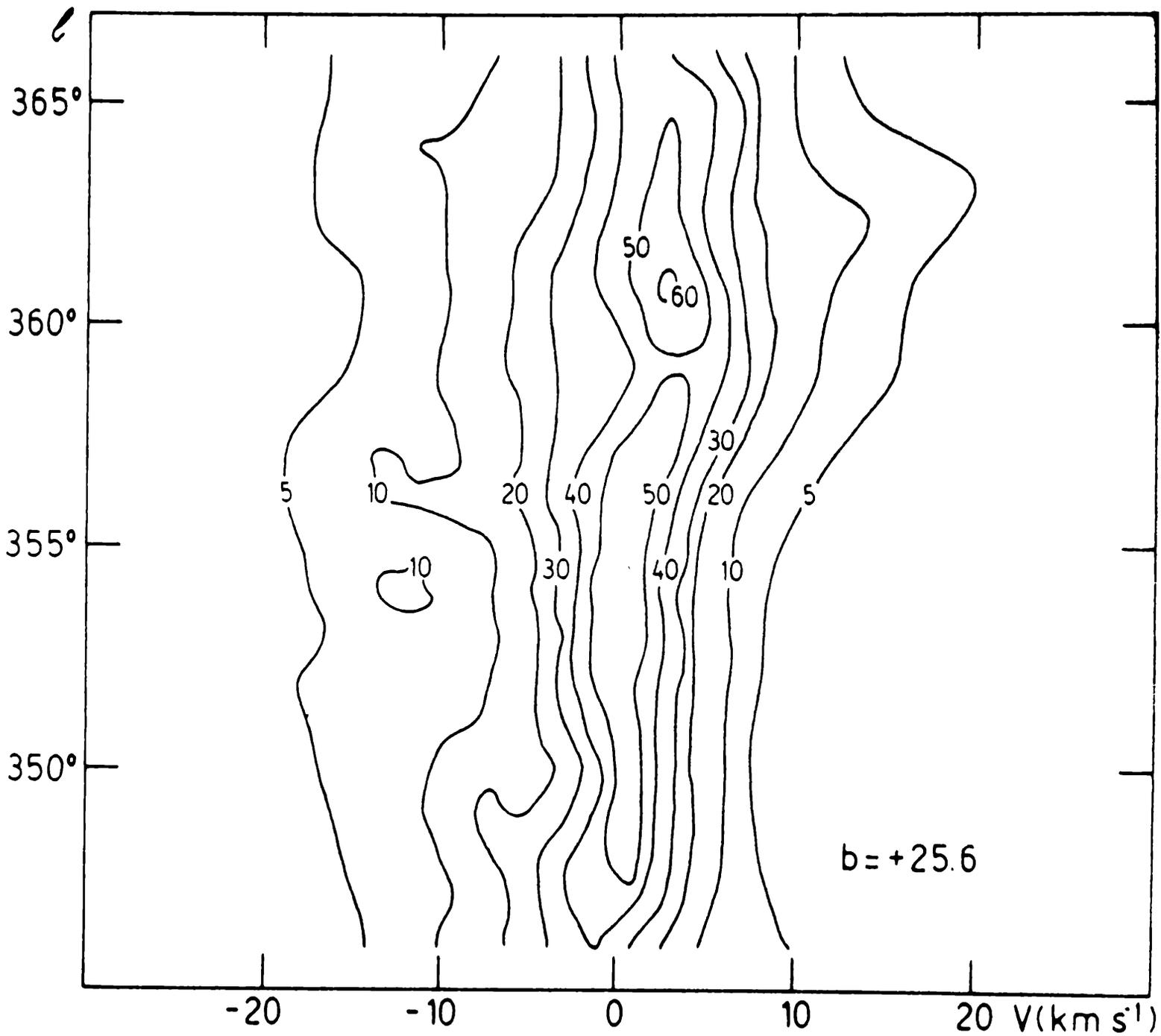


Fig. 1: Isolneas de temperatura de brillo  $T_b$  para la latitud  $b = +25.6$

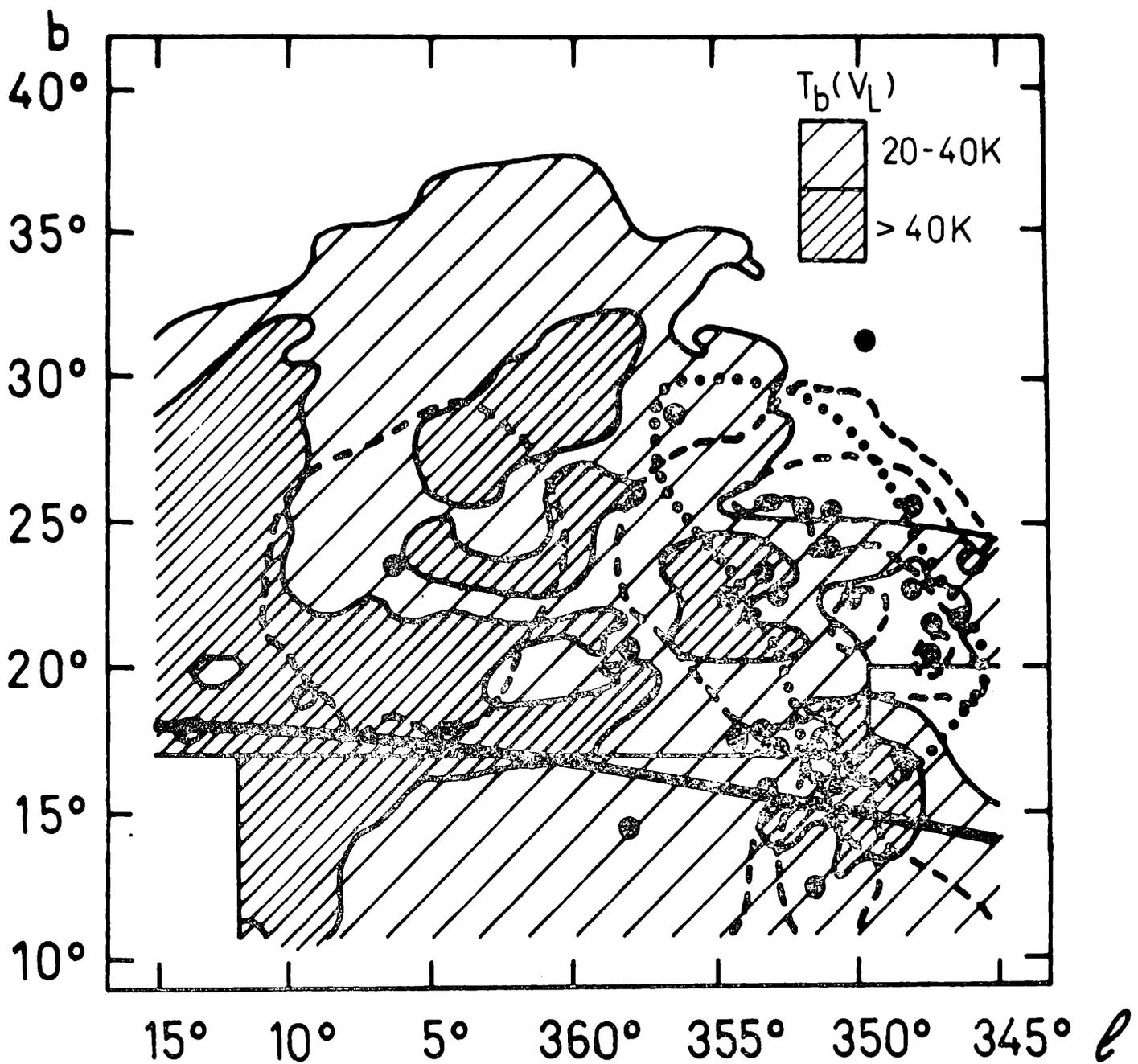


Fig. 2: Estructura A. Distribución de las temperaturas de brillo  $T_b(V_L)$  corregidas por fondo galáctico. Los círculos llenos corresponden a estrellas 0-83; La línea cortada delimita las regiones HII visibles en  $H_\alpha$ ; La línea de puntos corresponde a la nube preestelar de Blaauw. La línea llena da la posición aproximada del plano medio del Cinturón de Gould (Stothers y Frogel, 1974). (Ver explicaciones en el texto).

dría interpretarse como debida a la componente internubes difusa caliente del medio interestelar (Mebold 1972, Falgarone y Lequeux 1973). Sus características en la zona de interés figuran en Pöppel et al. (1982). Se procedió luego a la descomposición en gaussianas de los perfiles residuales suponiendo profundidades ópticas pequeñas.

Los perfiles de 21 cm aquí considerados frecuentemente son de estructura compleja superponiéndose las diferentes componentes. El método de análisis gaussiano no es unívoco, pues en principio hay varios parámetros libres que deben ser ajustados. Por otro lado, dos efectos pueden viciar los resultados: la autoabsorción por HI muy frío y la saturación de los perfiles. Sin embargo se estima que estos efectos, generalmente de difícil evaluación, sólo ocurren en regiones de extensión limitada dentro de nuestra zona no afectando los resultados globales obtenidos.

Para minimizar las imprecisiones provenientes de los inconvenientes mencionados se comparó cuidadosamente el análisis gaussiano en cada punto con los de las zonas adyacentes.

Los resultados obtenidos son plenamente satisfactorios y muestran que, básicamente, los perfiles observados pueden comprenderse en términos de 4 componentes principales de bajas dispersiones en velocidad, que hemos llamado G, P, I e I'. Las características globales de las tres primeras, las más intensas, están resumidas en la Tabla I, en la cual se han incluido también dos componentes menos intensas: la M y la S, ésta última correspondiente al filamento de HI descrito por Sancisi y van Woerden (1970) y Olano y Pöppel (1981a) para  $b \leq +26^\circ$ .

Tabla I

Componente	rango $v_r$ (km/s)	$v_r$ (km/s)	$N_H$ máx. ( $10^{18} \text{ cm}^{-2}$ )
G	-0.5 a +2.5	+1.5	700
P	+3 a +6	+5	600
I	-5 a -2	-4	300
S	-14 a -10	-12	160
M	+12 a +19	+14	260

En las Figs. 3 y 4 se muestran las distribuciones de densidad columnar de HI de las componentes P y S respectivamente. Las dos componentes más intensas, la G y la P, presentan varias características propias de la estructura A de Lindblad: sus velocidades medias  $\bar{v}_r$  son positivas y sus dispersiones en velocidad son pequeñas: 2.5 km/s. Este valor de la dispersión es también característico de las otras componentes.

La componente G posee un mínimo de emisión poco extendido centrado en (348.5, +20.5), en la dirección de S1 y S7 y un intenso máximo en forma de arco para  $l > 0^\circ$ , bordeando la asociación Sco OB2.

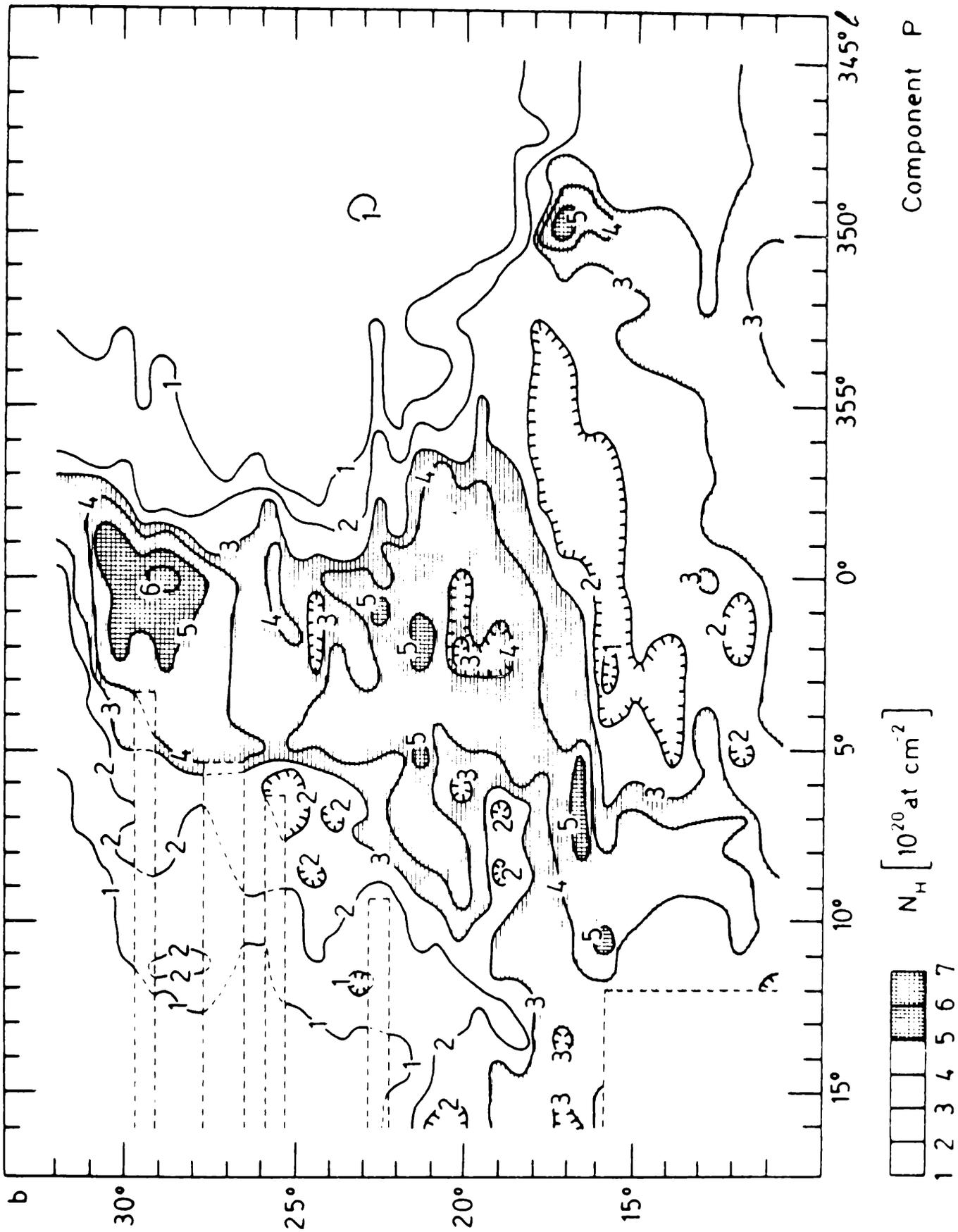


Fig. 3: Distribución de densidad columnar  $N_H$  correspondiente a la componente P.

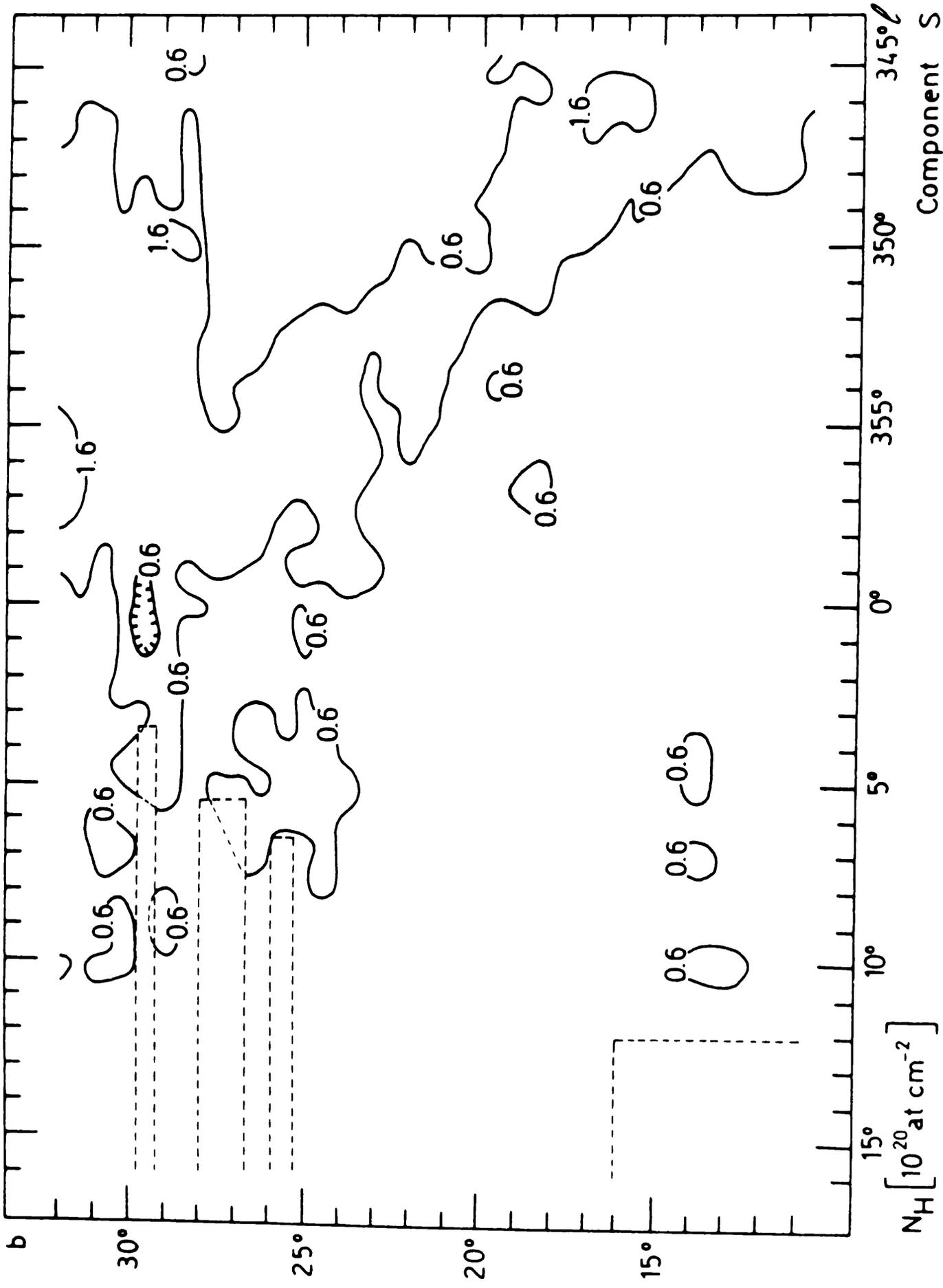


Fig. 4: Distribución de densidad columnar  $N_H$  correspondiente a la componente S.

Estas características generales también pueden verse en la distribución del gas en la Fig. 2.

La componente P presenta una notable ausencia de HI en dirección de la región HII Sivan 10 y de la nube preestelar de Blaauw.

Es de destacar que las componentes obtenidas en nuestro análisis gaussiano también se observan en los espectros de líneas interestelares de Na I y Ca II obtenidos por diversos autores (Hobbs 1969, Marshall y Hobbs 1973) en la dirección de las estrellas más brillantes de la asociación.

Otros datos observacionales independientes que parecen corroborar la existencia de las componentes HI aquí encontradas son mediciones de HI en absorción, en dirección de radiofuentes, realizadas por Crovisier et al. (1978) y Lazareff (1975).

#### IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Una posible interpretación de las componentes de HI de baja dispersión arriba mencionadas puede buscarse en un evento expansivo dentro del gas correspondiente a la estructura A. El evento, probablemente una explosión de supernova, tendría su origen en estrellas de la asociación Sco OB2, presentando cierta similitud con el caso estudiado en la región de Scorpius-Lupus por Olano y Pöppel (1981b).

En este esquema, las componentes con velocidad relativa negativa referida a la estructura A (componentes I, I', S) corresponderían a material acelerado en dirección al Sol; en tanto que las de velocidad relativa positiva (componentes P y M) estarían aceleradas en la dirección opuesta. Todas ellas se habrían originado en el sustrato original del Cinturón de Gould (estructura A), que en este caso correspondería a nuestra componente G. Su velocidad, por otra parte, está en buen acuerdo con el valor predicho por el modelo de Olano (1982).

Podríamos ubicar aproximadamente el centro del evento expansivo en  $l \sim 347^\circ$ ,  $b \sim +22^\circ$ .

Si bien no hay evidencias concretas de la existencia de una supernova en Sco-Oph, diversos autores han considerado su plausibilidad llevados por otros argumentos (Blaauw 1964, Sancisi 1974, Smith et al. 1978, Olano y Pöppel 1981a, Wouterloot 1981, Rajamohan y Pati 1980, Herbst y Warner 1981).

La situación se complica por la superposición de movimientos en el material interestelar producidos por la generación y evolución de regiones HII y por vientos estelares de estrellas muy tempranas pertenecientes a la asociación Sco OB2.

#### REFERENCIAS

- Bertiau, F.C.: 1958, Ap.J. 128, 533.  
Blaauw, A.: 1961, Bull. Astron. Inst. Neth. 15, 265.  
Blaauw, A.: 1964, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 2, 213.

- Blaauw, A.: 1978, Problems of Physics and evolution of the Universe. p. 101, Armenian Academy of Sciences, Yerevan.
- Cappa de Nicolau, C.E.; Pöppel, W.G.L.: 1980, Bol. Asoc. Arg. Astron. 25, 63.
- Crovisier, J.; Kazés, I.; Aubry, D.: 1978, Astron. Astrophys. Supp. 32, 205.
- Falgarone, E.; Lequeux, J.: 1973, Astron. Astrophys. 25, 253.
- Franco, M.L.; Pöppel, W.G.L.: 1978, Astrophys. Space Sci. 53, 91.
- Garrison, R.F.: 1967, Ap. J. 147, 1003.
- Gutiérrez-Moreno, A.; Moreno, A.: 1968, Ap. J. Supp. 15, 459.
- Heiles, C.; Habing, H.J.: 1974, Astron. Astrophys. Supp. 14, 1.
- Herbst, W.; Warner, J.W.: 1981, Astron. J. 86, 885.
- Hobbs, L.M.: 1969, Ap. J. 157, 135.
- Lazareff, B.: 1975, Astron. Astrophys. 42, 25.
- Lindblad, P.O.: 1967, Bull. Astron. Inst. Neth. 19, 34.
- Lindblad, P.O.; Grape, K.; Sandquist, Aa.; Schöber, J.: 1973, Astron. Astrophys. 24, 309.
- Marshall, L.A.; Hobbs, L.M.: 1972, Ap.J. 173, 43.
- Mebold, U.: 1972, Astron. Astrophys. 19, 13.
- Olano, C.A.; Pöppel, W.G.L.: 1981a, Astron. Astrophys. 95, 316.
- Olano, C.A.; Pöppel, W.G.L.: 1981b, Astron. Astrophys. 94, 151.
- Olano, C.A.: 192, Astron. Astrophys. 112, 195.
- Pöppel, W.G.L.; Vieira, E.R.; Olano, C.A.; Franco, M.L.: 1979, First Latin American Regional Meeting p. 188. A. Gutiérrez-Moreno y H. Moreno ed., Santiago de Chile.
- Pöppel, W.G.L.; Olano, C.A.; Cappa de Nicolau, C.E.: 1982, Rev. Mexicana Astron. Astrof. 6, 259 (1981).
- Rajamohan, R.; Pati, A.K.: 1980, J. Astrophys. Astr. 1, 55.
- Sancisi, R.; van Woerden, H.: 1970, Astron. Astrophys. 5, 135.
- Sancisi, R.: 1974, I.A.U. Symp. n° 60, p. 115.
- Sivan, J.R.: 1974, Astron. Astrophys. Supp. 16, 163.
- Smith, A.M.; Krishna Swamy, K.S.; Stecher, T.P.: 1978, Ap. J. 220, 138.
- Stothers, R.: 1972, Ap. J. 175, 431.
- Strauss, F.M.; Pöppel, W.G.L.; Vieira, E.R.: 1979, Astron. Astrophys. 71, 319.
- Williams, D.R.W.: 1973, Astron. Astrophys. Supp. 8, 505.
- Wouterloot, J.: 1981, Thesis, p. 61.