

# HIDROGENO ATOMICO EN SCORPIUS Y EN OPHIUCHUS

C.A. OLANO y W.G.L. POPPEL

Instituto Argentino de Radioastronomía

*RESUMEN:* We mention new observations of a feature of filamentary shape in the region  $350 > l \geq 338$ , at positive latitudes. Its radial velocity and its distance are  $-12$  km/s and  $170$  pc respectively.

We also rediscuss Sancisi's (1974) model of the spatial configuration and the kinematics of the gas, dust and stars in the region of the young association Sco OB2. We conclude that the HI-ridge of high intensity, positive velocity and low velocity dispersion described by Sancisi is part of the extensive HI-ridge associated with Gould's belt. We propose that the Sco OB2 association originated in Gould's belt main expanding gas shell about  $2 \times 10^7$  years ago (Blaauw 1964). Later on along its evolution, one or more supernova explosions produced part of a loop of positive velocities, as well as a negative velocity gas complex of which the cloud at  $V = -12$  km/s is a part. All this gas would have been swept off from Gould's belt main expanding shell, which was strongly perturbed, showing presently a remarkable velocity shift as compared to the neighbourhood where there is no association. Besides, it presents a remarkable blank of gas centered at  $l = 341^\circ$ ,  $b = +18^\circ$ , presumably also produced by stars of the association.

As the paper will be published elsewhere, we give here only a synthesis.

KEY WORDS: Gould's belt - Interstellar hydrogen cloud - Associations.

## 1. INTRODUCCION

Sancisi y van Woerden (1970) estudiaron una elongada nube de HI, la cual se extiende sobre una amplia zona en Scorpius y Ophiuchus. Su velocidad radial\* es de  $-12$  km/s y la comparación con líneas interestelares da un límite superior para su distancia al Sol, de  $170$  pc. En la región se encuentra además la joven asociación estelar Sco OB2, donde Sancisi (1974) derivó a partir de datos ópticos y de hidrógeno neutro, un modelo para la configuración espacial y cinemática de las estrellas y el gas. Concluyó que la asociación se formó en una densa cáscara de HI en expansión, de aspecto semiesférico, que se aleja del sol y donde las estrellas yacen actualmente más allá de la cáscara, cerca de su borde. La nube de aspecto alargado constituye, según este modelo, parte de una cáscara menos densa de HI que se acerca al Sol.

La estructura en expansión es interpretada por Sancisi como un viejo remanente de supernova fuertemente desacelerado por el material interestelar.

En este trabajo presentamos un estudio del HI en la región de Scorpius y Ophiuchus, como así también una rediscusión del modelo de Sancisi en la región de la asociación Sco OB2. Para ello se contó fundamentalmente con el material observacional perteneciente al atlas

\* Todas las velocidades son dadas aquí con respecto al LSR.

de hidrógeno galáctico de Pöppel et al. (1979). En particular, se analizó la nube de velocidad  $-12$  km/s, que llamaremos de aquí en adelante nube I. Sin embargo, en este resumen só lo presentamos una descripción cualitativa de la misma.

## 2. ANALISIS E INTERPRETACION.

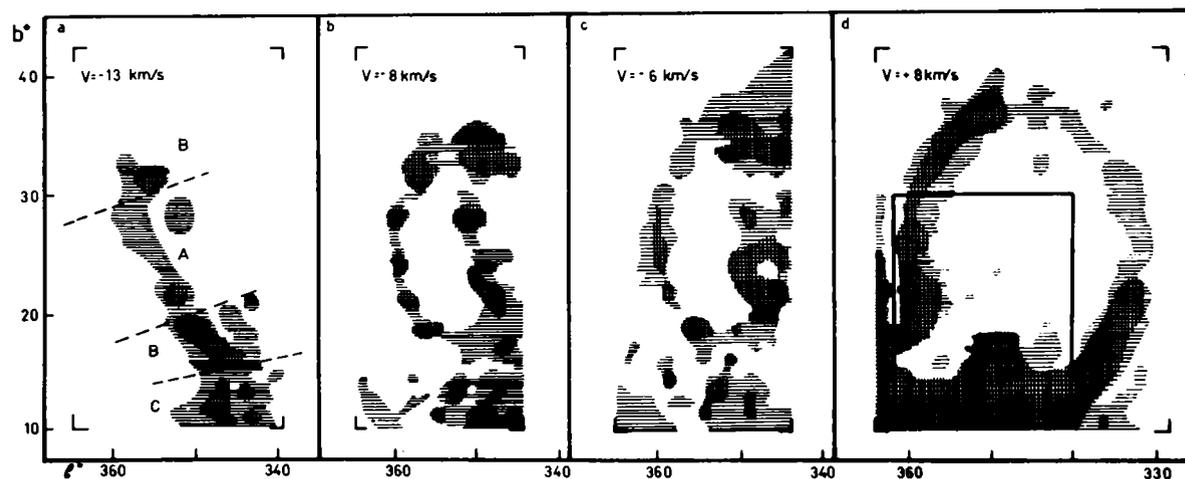
En la figura 1, podemos ver una representación esquemática de la distribución en el cielo, de algunas de las estructuras de HI presentes en la zona. Entre ellas está la nube I cuyo aspecto alargado puede apreciarse en figura 1a. (Las representaciones de la figura 1 están basadas en el atlas fotográfico de Colomb et al. 1979).

En las figuras 1b y 1c correspondientes al HI de velocidades  $-8$  y  $-6$  km/s respectivamente, notamos que en la posición ocupada anteriormente por la nube I, ahora existe en cambio un agujero, rodeado por una franja de HI. Esta característica sugiere que estos objetos, podrían estar relacionados entre sí, constituyendo parte de una cáscara en expansión. De aquí en adelante lo llamaremos complejo negativo.

Por otra parte a velocidades positivas y especialmente en la velocidad  $+8$  km/s, se destaça una estructura en forma de anillo (Figura 1d). Este anillo de HI, como el complejo negativo, probablemente estén relacionados a Sco OB2 como veremos luego.

Sin embargo la componente de HI más intensa de la zona se encuentra en el rango de velocidades  $0$  a  $+4$  km/s, como puede verse en figura 2. Esta estructura que se manifiesta con forma de cordillera en las curvas isofotas, es claramente visible en una amplia región del cielo, incluso donde no se encuentra la asociación Sco OB2 (Figura 3). Teniendo en cuenta estudios previos (Franco y Pöppel 1978) esta componente resulta ser el objeto A de Lindblad vale decir gas asociado al Cinturón de Gould. En las longitudes galácticas  $l=348^{\circ}$ - $372^{\circ}$  su velocidad radial media, predicha por Lindblad et al. (1973) sería aproximadamente  $+4$  km/s, tal como ha sido comprobado por Franco y Pöppel (1978) en el rango  $b=+3^{\circ}$  a  $+17^{\circ}$ .

Hay, sin embargo, dos hechos remarcables relacionados al gas del Cinturón de Gould en la región de la asociación Sco OB2.



FIGURAS 1a, 1b, 1c, 1d

Representación esquemática cualitativa de la distribución de las densidades de columna del HI dentro de un intervalo de  $2$  km/s centrado en la velocidad indicada en la parte superior de cada figura. Estas representaciones fueron tomadas del atlas fotográfico de Colomb et al. (1979). El rectángulo de la figura 1d encierra la región de Sco OB2, según Blaauw (1964).

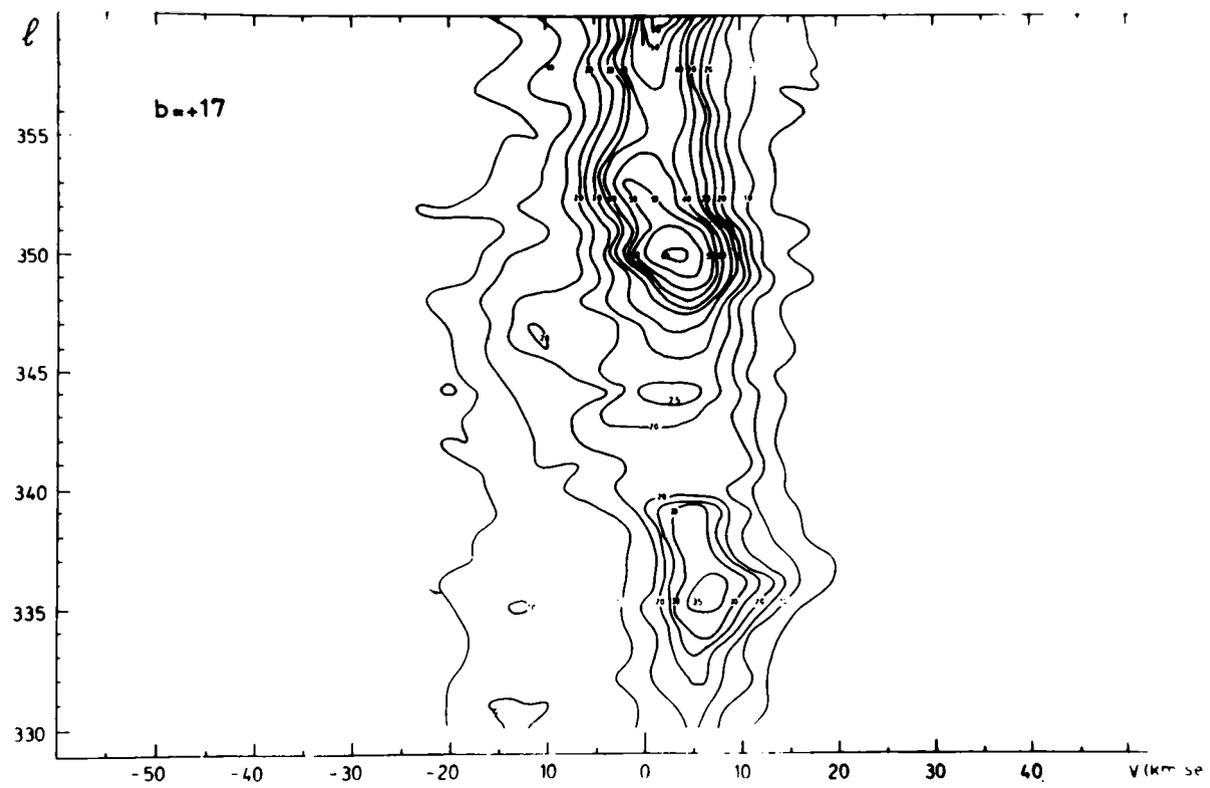


FIGURA 2  
 Curvas isofotas en el plano l-v para  $b = +17$  para valores de  $T_b$  tomados a intervalos de  $5^\circ\text{K}$ . (de Pöppel et al. 1979)

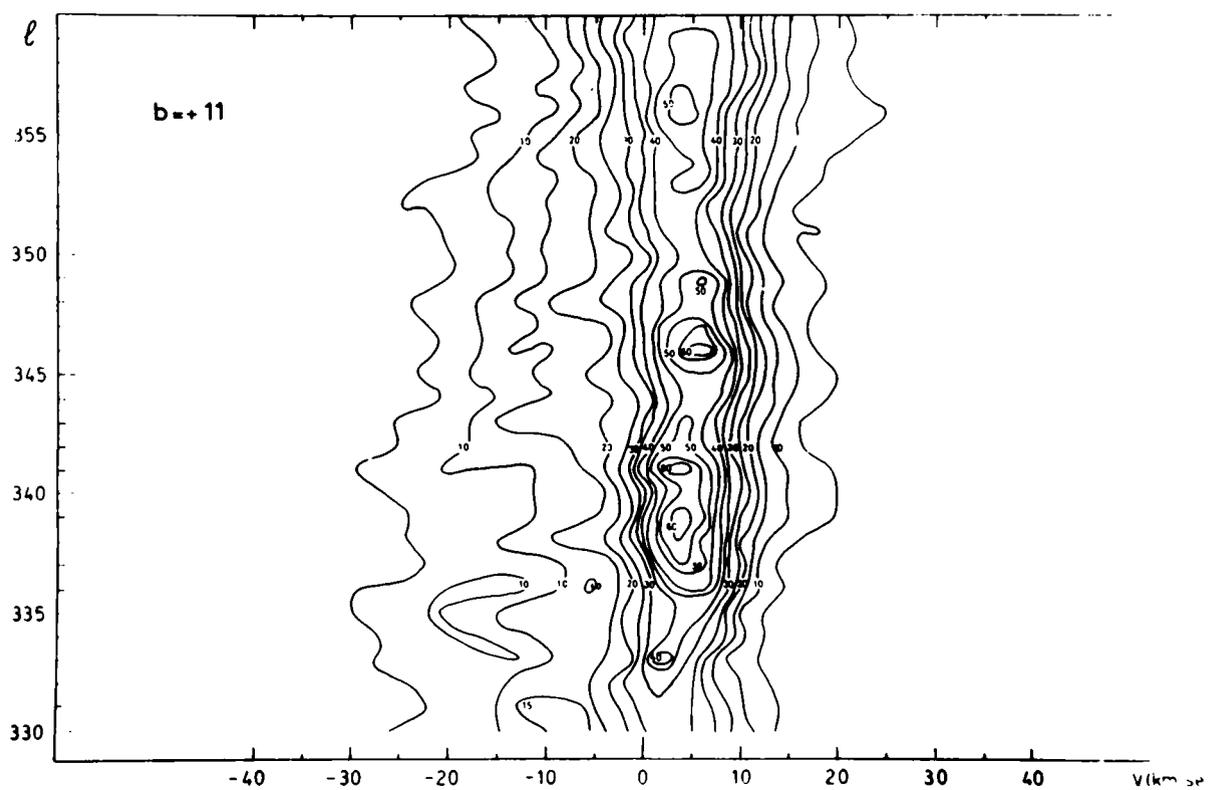


FIGURA 3  
 Curvas isofotas en el plano l-v para  $b = +11$  para valores de  $T_b$  tomados a intervalos de  $5^\circ\text{K}$ . (de Pöppel et al. 1979)

El primero es un corrimiento de la velocidad del HI asociado al Cinturón de Gould justamente en la región donde se encuentra la asociación Sco OB2. La velocidad cambia desde valores positivos, aproximadamente +4 km/s a +1 km/s y aún a valores negativos (Figura 2) Una explosión de supernova dentro de la asociación podría ser responsable de este efecto como veremos luego.

El segundo hecho notable, es una zona donde la cordillera aparece muy débil, casi interrumpida, formando un agujero en la distribución de HI centrado aproximadamente en  $l=341^\circ$ ;  $b=18^\circ$  (Figura 2).

Por otra parte, cabe destacar que la velocidad radial media de las estrellas pertenecientes a la asociación es de aproximadamente +6 km/s, o sea sólo ligeramente superior a la velocidad radial del HI no perturbado asociado al Cinturón de Gould (+4 km/s en la región).

Los hechos apuntados arriba y en particular las similitudes cinemáticas sugieren una relación entre el gas asociado al Cinturón de Gould y la asociación Sco OB2. Dentro de este contexto la estructura de gas, interpretada por Sancisi como una densa cáscara de aspecto semiesférico, es sólo parte de la extensa cordillera de HI asociado al Cinturón de Gould, mientras que las restantes estructuras (el anillo de HI y el complejo negativo) podrían considerarse gas desprendido del mismo.

En cuanto al origen de la asociación Sco OB2, según el modelo de Sancisi, ésta se formó en la referida cáscara en expansión. Resulta de ello que la edad de Sco OB2 debería ser menor o igual a  $10^6$  años. Sin embargo, dicha edad está en desacuerdo con valores obtenidos por Blaauw (1964) a partir de diagramas color-magnitud ( $10^7$  años) y por Stothers (1972) ( $1.2 \times 10^7$  años).

Por todas las razones apuntadas arriba, se prefiere dar una interpretación diferente de los hechos con respecto a la descripta por Sancisi:

1) La asociación se habría formado en el gas asociado al Cinturón de Gould hace aproximadamente  $10^7$  años atrás. Ello sería consecuente también con la imagen de formación de estrellas en el Cinturón de Gould dada por Strauss et al. (1979). Esta interpretación elimina el conflicto de edad que se presenta en el modelo de Sancisi.

2) El agujero en la distribución del HI asociado al Cinturón de Gould, podría explicarse por algún efecto de ionización o barrido, debido a la acción de una o más estrellas tempranas inicialmente presentes allí.

3) Una o más estrellas masivas de la asociación habrían evolucionado al estado de supernova. El corrimiento del HI asociado al Cinturón de Gould a velocidades menores, mencionado arriba, podría ser consistente con una explosión de supernova cerca del borde delantero del Cinturón de Gould, ejerciendo un efecto de frenado sobre el gas ubicado detrás de ella, y acelerando al gas menos masivo ubicado delante de ella, produciendo el anillo a velocidades positivas.

4) Teniendo en cuenta el punto 1), la mayor velocidad de las estrellas con respecto al gas no perturbado del Cinturón de Gould, indicaría que este último ha sido desacelerado en su evolución a través del material interestelar de fondo que lo rodea. Consiguientemente, las estrellas al desplazarse prácticamente sin resistencia a través de la materia interestelar, tenderían a separarse lentamente del gas.

### 3. CONCLUSIONES Y DISCUSION.

En nuestra descripción, Sco OB2 se formó en el gas asociado al Cinturón de Gould; las perturbaciones del mismo fueron originadas con posterioridad a la formación de la asociación, como producto de la interacción de las estrellas de la asociación con el gas del Cinturón de Gould. Con respecto a la naturaleza de esta interacción, si bien pueden haber contribuido otros mecanismos como ser regiones H II o vientos estelares, pensamos sin embargo, que es la acción de supernovas la que presenta ciertas evidencias.

En ese sentido la existencia de una estrella "runaway",  $\zeta$  Oph, disparada desde la asociación, es una posible evidencia de que un evento de supernova ha tenido lugar en la región (Blaauw 1961). Además, Rajamohan y Pati (1979) a partir de un estudio de las peculiaridades químicas de las estrellas en la región de Scorpius, concluyeron que un remanente de supernova habría pasado a través de la asociación.

Nuestras conclusiones pueden resumirse del siguiente modo:

a) La asociación Sco OB2 fue originada en el Cinturón de Gould alrededor de  $1-2 \times 10^7$  años atrás.

b) Desde aquel tiempo una o más estrellas de la asociación explotaron como supernovas las cuales produjeron el referido cambio de velocidad en el Cinturón de Gould, el anillo de velocidad positiva como también el complejo de velocidad negativa.

### AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a los Profesores R. D. Davies, P. O. Lindblad y H. Weaver por sus valiosos comentarios y sugerencias. C.A.O. es becario del CONICET y W.G.L.P. miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET.

### REFERENCIAS.

- Blaauw, A.: 1961, Bull. Astron. Inst. Neth. 15, 265  
Blaauw, A.: 1964, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 2, 213.  
Colomb, F.R., Pöppel, W.G.L., Heiles, C.: 1979, enviado a Astron. Astrophys. Supp.  
Franco, M.L., Pöppel, W.G.L.: 1978, Astrophys. Space Science 53, 91  
Lindblad, P.O., Grape, K., Sandquist, A., Schober, J.: 1973, Astron. Astrophys. 24, 309.  
Pöppel, W.G.L., Vieira, E.R., Olano, C.A., Franco, M.L.: 1979, First Latin American Regional Astron. Meeting.  
Rajamohan, R., Pati, A.K.: 1979, trabajo presentado en el Simposio N° 85 de la I.A.U.  
Sancisi, R.: 1974, I.A.U. Symposium N° 60, 115.  
Sancisi, R., van Woerden, H.: Astron. Astrophys. 5, 135.  
Stothers, R.: 1972, Astrophys. J., 175, 431.  
Strauss, F.M., Pöppel, W.G.L., Vieira, E.R.: 1979, Astron. Astrophys. 71, 319.