

# RELEVAMIENTO EN 2,6 mm (CO: $J = 1 \rightarrow 0$ ) DE PEQUEÑAS NUBES MOLECULARES CERCANAS: CINEMATICA Y ESTRUCTURA DEL GAS DETECTADO

J. R. Rizzo\*

*Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), CC5, 1894, Villa Elisa, La Plata*

E. M. Arnal\*\*

*Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata*

El material interestelar considerado consiste en pequeñas nubes moleculares detectadas a partir de relevamientos fotográficos, los que han evidenciado allí la presencia de polvo en cantidades relativamente importantes; esto favorecería la formación de moléculas en el gas presente en el interior, ya que allí los campos de radiación estelares y los rayos cósmicos ven atenuado su efecto disociador de moléculas.

Se exponen aquí los principales resultados de observaciones de una transición rotacional ( $J = 1 \rightarrow 0$ ) del CO, en su variedad isotópica  $^{12}\text{CO}^{16}$ , la molécula más abundante después de  $\text{H}_2$ ; estos datos (obtenidos con el Telescopio Milimétrico del Cerro Tololo Interamerican Observatory, Chile) permiten estimar aproximadamente la estructura y cinemática del gas presente, hallándose resultados muy variados e interesantes de una a otra nube. Empero, las masas totales son imposibles de establecer a partir de estos datos solamente, ya que el conocimiento de las distancias es crucial.

## INTRODUCCION

Dentro de las variadas formas en que se presenta el material interestelar en nuestra Galaxia, se hallan las nubes moleculares. Se trata de nubes oscuras, con una gran concentración de polvo, con tamaños, densidades y temperaturas muy variadas; la concentración de polvo recién mencionada es el factor imprescindible para la existencia de moléculas en una nube. En efecto, existen dos principales agentes disociadores de moléculas, y su efecto se ve atenuado sensiblemente en estas condiciones: los rayos cósmicos y los campos de radiación estelares. En regiones donde la densidad sea suficientemente alta, la extinción por parte del polvo del campo radiativo presente es importante y el efecto disociador de los rayos cósmicos es de poca eficiencia, dada la mayor concentración molecular.

Las nubes aquí descritas son bastante elongadas -extensiones de algunos minutos de arco o pocos grados en el cielo-, y pertenecen a un catálogo fotográfico publicado por Schneider y Elmegreen (1979, SE). La gran extinción que producen y sus bajas velocidades radiales hacen presumir que se trata de objetos en las inmediaciones del sol -algunos cientos de parsecs de distancia-.

Las observaciones radioastronómicas de tran-

siciones moleculares constituyen la mejor técnica para la determinación de velocidades radiales en estos objetos, y de este modo es posible determinar el campo de velocidades presente. Aquí se exponen los principales resultados de un relevamiento efectuado en 2.6 mm (CO:  $J = 1 \rightarrow 0$ ), revelando características notables en el campo de velocidades -tales como indicios de expansión o presencia de dos componentes- y exhibiendo asimismo las concentraciones del gas en distintos puntos de las nubes.

Ópticamente, se advierten ciertas condensaciones del polvo, así como estrías transversales; ésto, junto con conteos estelares efectuados en algunos casos (SE, Mc. Cutcheon et al 1986), hacen presumir que se forman por una especie de barrido provocado por vientos, con posterior autogravitación. Asimismo, en dos de estos objetos se detectaron nebulosas de reflexión y en otros también se han propuesto a determinadas estrellas como vinculadas a las nubes.

## OBSERVACIONES

El trabajo aquí expuesto está basado en observaciones efectuadas en la frecuencia de 115.2712 GHz, correspondiente a la transición rotacional  $J = 1 \rightarrow 0$  del  $^{12}\text{CO}^{16}$ . Las mismas fueron tomadas con el Telescopio Milimétrico del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, Chile, y una descripción detallada de sus características puede hallarse, por ejemplo, en un trabajo de Cohen (1983).

\* Becario CONICET

\*\* Investigador del CONICET

Obj. (1)	$\alpha$ (h) (2)	$\delta$ ( $^{\circ}$ ) (3)	Tk (K) (4)	$N_1$ ( $10^{21}$ ) (5)	M ( $N > N_1$ ) (6)	d (7)	Ref. (8)
GF17	16.00	-41.9	11.9	1.0	149 (30)	100	SL:6,7,9,10
GF18	16.18	-43.9	10.4	1.0	29 (6)	100	SL8
GF19	15.71	-34.3	11.5	1.0	214 (51)	100	BE148; SL:12, 13
				3.0	122 (24)		
GF20	15.95	-37.5	10.6	1.0	52 (10)	220	SL11
GF21	16.13	-38.9	7.1	1.0	162 (32)	150	BE149, SL14
				2.0	43 (9)		
GF22	16.58	-35.5	8.4	1.0	9 (2)	80	SL21
				2.0	6 (1)		

**Tabla 1**

(1) Denominación dada por Schneider y Elmegreen (1979); (2) y (3) Coords. ecuatoriales (1950.0); (4) Temperatura cinética de la zona central; (5) Densidad de columna mínima para el cálculo de la masa; (6) Masa de gas y error; (7) Distancia adoptada en pc; (8) BE: Bernes (1977), SL: Sandvquist y Lindroos (1976).

Los datos recogidos durante la observación ya son corregidos por extinción atmosférica, área efectiva de la antena y eficiencia del haz, por lo que aquellos corresponden a temperatura de brillo, en cada canal. La temperatura de ruido es de alrededor de 0.29K y la resolución en velocidad de 0.29 Km/seg. en todos los casos.

## RESULTADOS

Asumiendo que el gas se encuentra en LTE, se procedió a ajustar numéricamente los perfiles a gaussianas. En algunos casos se detectó una sola componente, pero en otros el mejor ajuste respondió a dos gaussianas. A partir de las observaciones efectuadas es posible inferir: a) la temperatura cinética del gas, siempre que los niveles del  $^{12}\text{CO}^{16}$  estén poblados colisionalmente; b) el campo de velocidades de la nube y c) la densidad de columna de  $\text{H}_2$ , admitiendo la correlación empírica hallada por Bloemen et al. (1984) a partir de observaciones simultáneas en rayos y en CO. Además, es posible estimar cualitativamente el grado de turbulencia midiendo los anchos de los perfiles y comparándolos con el ancho térmico.

Finalmente, conociendo la distancia se puede estimar la masa del  $\text{H}_2$  presente, y la de todo el gas si se tienen las abundancias. En todos los casos se supuso una abundancia por masa del hidrógeno del 85%, pero en ninguno se conoce la distancia. A pesar de esto, se han dado masas estimativas, adoptando valores en algunos casos arbitrarios, y en otros basados en nebulosas de reflexión presentes o estrellas brillantes cercanas en el cielo.

La Tabla 1 indica valores de temperaturas cinéticas, masas y referencias de las nubes, con las

especificaciones indicadas al pie, mientras que las figuras corresponden a mapas de  $N$  ( $\text{H}_2$ ) de cada nube, donde se indican los puntos observados y las velocidades heliocéntricas, medidas en Km/s, indicándose también el tamaño del haz.

## ALGUNOS DETALLES INDIVIDUALES

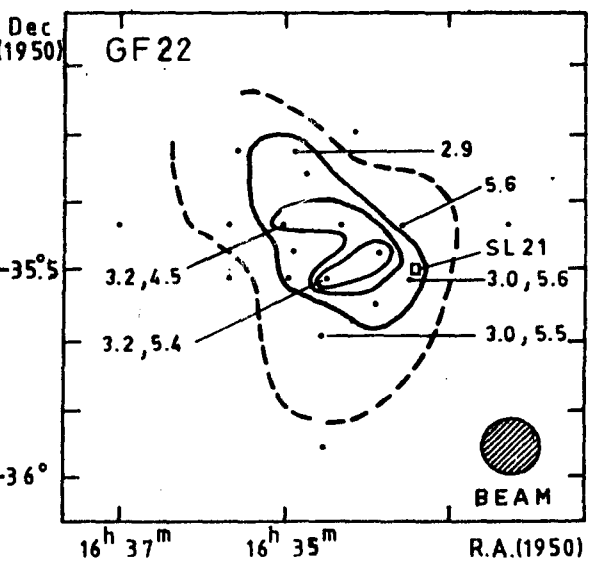
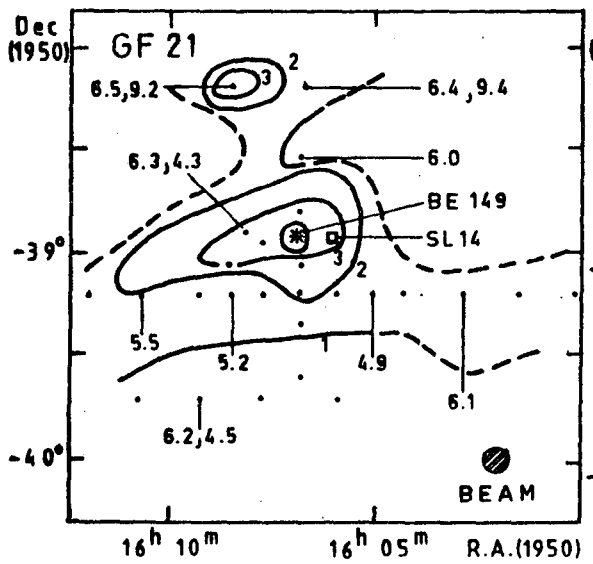
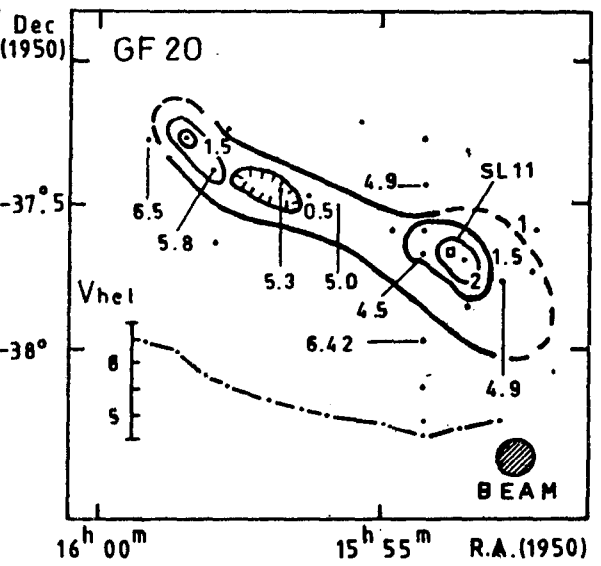
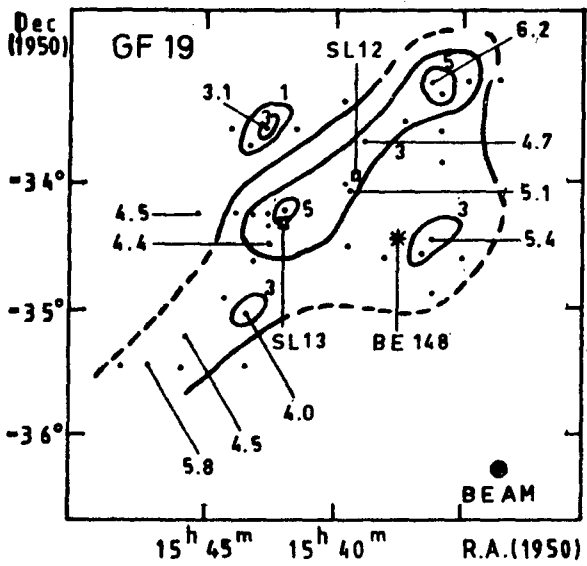
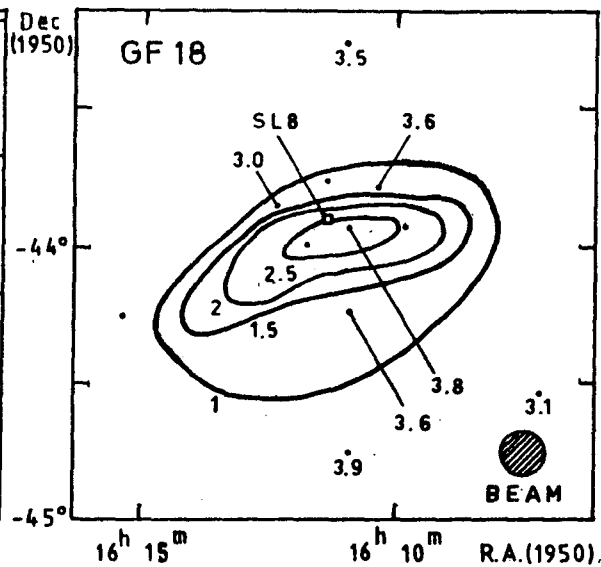
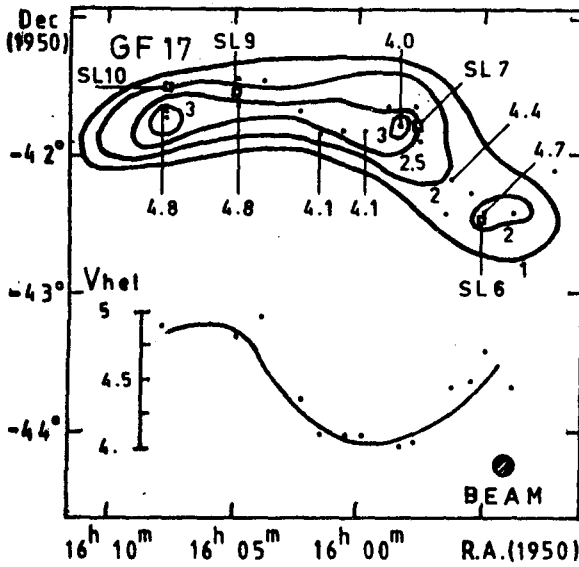
G17: Se advierten en el gas tres de las cuatro fragmentaciones mencionadas por SE. Las velocidades varían entre 4 y 5 Km/s, disminuyendo hacia el centro, y los anchos de los perfiles son bastante uniformes (1.2 Km/s).

G18: No parece tener vinculación con GF17, a pesar de su proximidad en el cielo, ya que presenta velocidades diferentes y poco variables (3 a 3.5 Km/s); el gas está muy concentrado hacia el centro.

GF19: Hay una nebulosa de reflexión que podría estar vinculada con esta nube, de aspecto elongado, en perfecta correlación con el polvo. Varios perfiles presentan dos componentes, y la velocidad a lo largo del filamento es bastante uniforme, mientras que transversalmente se advierte un claro gradiente.

GF20: En este caso todos los perfiles son simples, aunque de anchos muy variables (entre 0.8 y 3.3 Km/s). Hay un gradiente aproximadamente constante en la velocidad a lo largo del filamento, y dos concentraciones marcan claramente la correlación entre el gas y el polvo. Hay dos posibles nebulosas de reflexión, que brindarían distancias estimativas.

GF21: En muchos perfiles aparece una segunda componente, y en otros los anchos son grandes. Hay dos concentraciones notables de gas y parece haber una nebulosa de reflexión vinculada con una estrella doble (HD 144667 / 68).



GF22: Se trata de la nube más pequeña angularmente, y exhibe ciertas peculiaridades llamativas, como la presencia claramente localizada de dos componentes, con comportamientos bien distintos: mientras que la primera ( de 3 Km/s) es menos ancha y más uniforme, la segunda ( de 5 Km/s) muestra un notable gradiente en velocidad. Ambas componentes muestran dos máximos en la densidad de columna, pero en lugares distintos. Por otro lado, Sandvquist y Lindroos (1976) no detectaron  $H_2CO$ .

### CONCLUSIONES GENERALES

Hallamos en estos objetos muchas características interesantes: casi todos tienden a concentrarse en forma de filamentos, con subdivisiones bien definidas. Además, advertimos que se trata de objetos más bien cercanos, dada su baja velocidad relativa, y de pequeñas dimensiones. Se trata, evidentemente, de lugares de formación de estrellas poco masivas, en diferentes estadios. Con respecto a esto, serían de utilidad observaciones polarimétricas (ya que es de esperar que el campo magnético

juegue un importante rol en la evolución de la nube) y búsqueda de fuentes IR (asociadas a protoestrellas).

Otra característica llamativa constituye, sin duda, la cinemática de estos objetos. Mientras que algunas nubes no muestran gran variación en sus velocidades, otras exhiben un notable gradiente y otras, incluso, dos componentes.

### REFERENCIAS

1. Bernés, C. 1977, Astr. Ap. Suppl. **29**, 65.
2. Bloemen, J. B. , Caraveo, P. , Hermsen, W. 1984, Astr. Ap. **139**, 37.
3. Cohen, R. S. 1983, en "Surveys of The Southern Galaxy", eds.
4. W. B. Burton y F. P. Israel (D. Reidel Publishing Company), 265
5. Mc. Cutcheon, W. H., Vrba, F. J., Dickman, R. L., Clemens, D. P. 1986, Ap. J. **309**, 619.
6. Sandvquist, Aa., Lindroos, K. P. 1976, Atr. Ap. **53**, 179.
7. Schneider, S., Elmegreen, B. G. 1979, Ap. J. Suppl. **41**, 87.

