
Evidencias de formación de H₂ en M 17

AS735 Medio Interestelar

Matías Vidal Navarro

mvidal@das.uchile.cl

Departamento de Astronomía

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Universidad de Chile

Formación de H₂

- Cerca del 15 % del H₂ fotoexcitado por radiación FUV se disocia.
- Se forma H₂ eficientemente en la superficie de granos de polvo.
- Molécula caliente vibracionalmente, pero fría rotacionalmente. \longleftrightarrow Bajo J , alto ν , $\nu=6$.
- La cascada fluorescente puede tener una componente importante de la emisión de H₂ recién formado. Además, dentro de las nubes, esta componente debe dominar la cascada, pues no hay excitación por fotones UV.

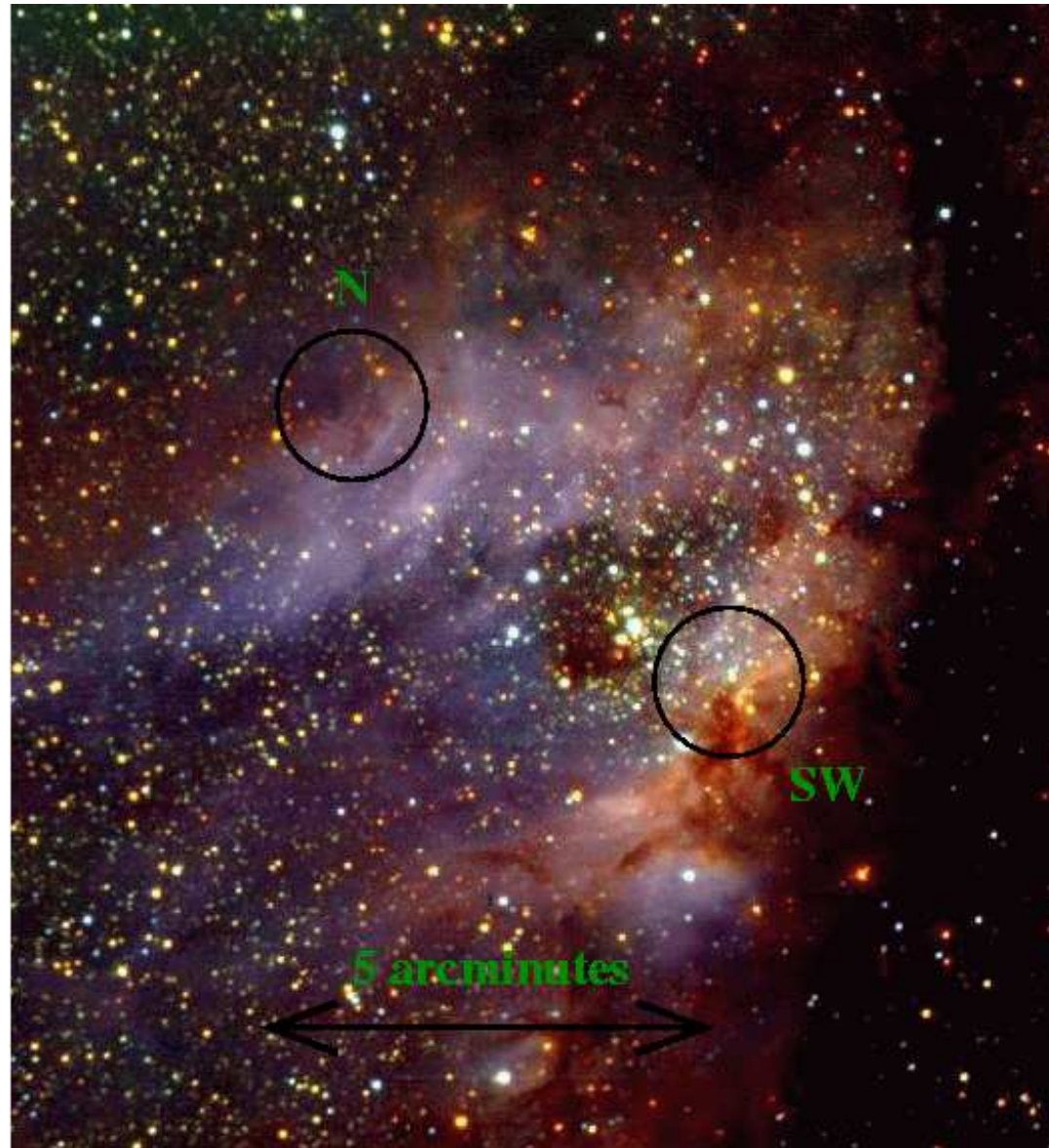
Messier 17

- Región cercana de formación estelar ($\sim 1,3$ kpc)
- Se han identificado 13 estrellas OB.
- Región HII adyacente a un complejo molecular.
⇒ PDR
- 2 zonas importantes en H₂:
 - "Northern Bar" (N-Bar)
 - "South Western Bar" (SW-Bar)

Messier 17



Messier 17



Observaciones

- Camara IRIS 1-2.5 μm & University of New South Wales Infrared Fabry-Pérot etalon (UNSWIRF) en el AAT (3.9 m)

- Líneas H₂:

- 1-0 S(1) \rightarrow 2.1218 μm

- 2-1 S(1) \rightarrow 2.2233 μm

- 1-0 S(7) \rightarrow 1.7480 μm

- 6-4 O(3) \rightarrow 1.7326 μm

$(\nu_1 - \nu_2)S(J_2)$, si $J_2 - J_1 = +2$ & $(\nu_1 - \nu_2)O(J_2)$, si $J_2 - J_1 = -2$

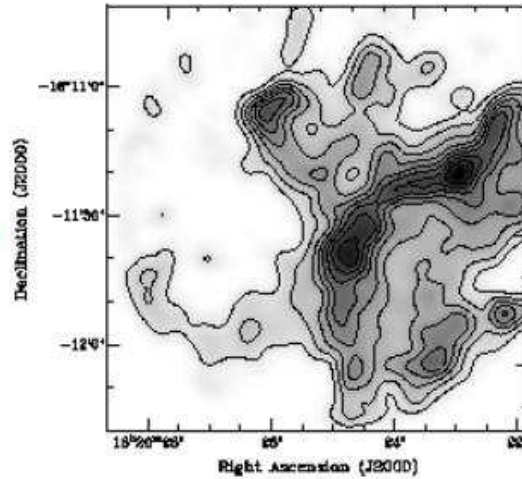
- Líneas H:

- Br γ n=7-4 \rightarrow 2.1661 μm

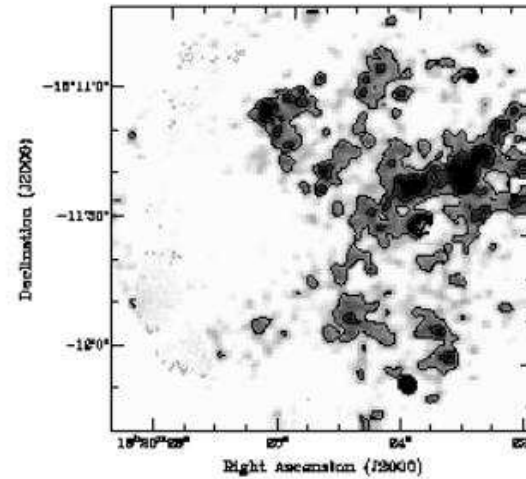
- Br10 n=10-4 \rightarrow 1.7367 μm

Resultados SW-Bar

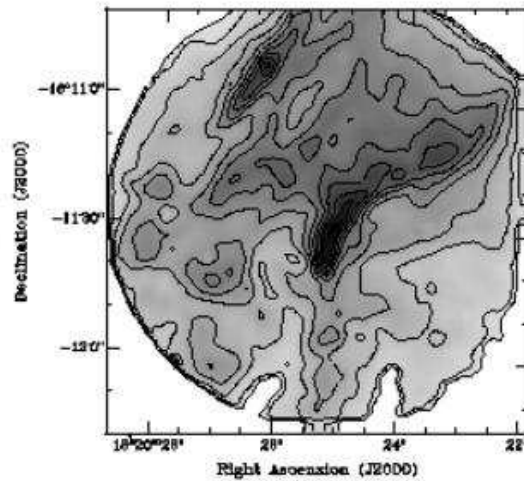
1-0 S(1)



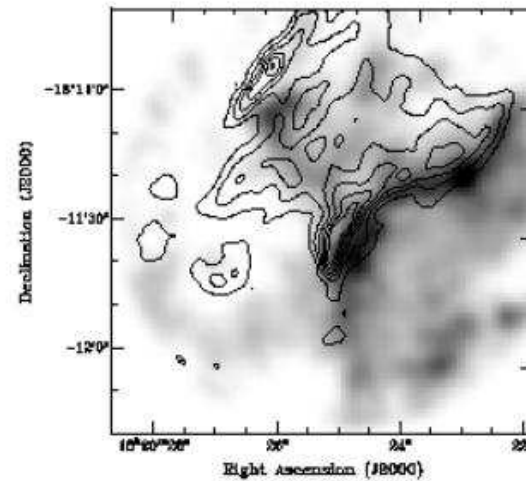
2-1 S(1)



H Bry



1-0 S(1)
+ Bry



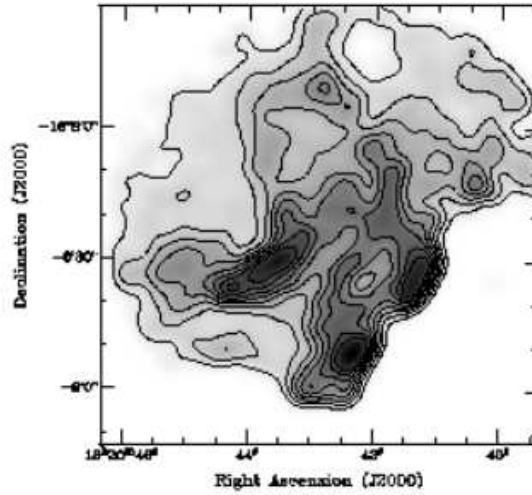
Resultados SW-Bar

Region	RA 18 ^h 20 ^m	Dec. - 16°	Aperture arcsec ²	1-0 S(1)	2-1 S(1) × 10 ⁻¹⁴ erg s ⁻¹ cm ⁻²	1-0 S(7)	6-4 O(3)	1-0 S(1) /2-1 S(1)	1-0 S(1) /1-0 S(7)	1-0 S(1) /6-4 O(3)
South Western Bar										
1	24 ^s 9	11'37"	15 × 19	34.8 ± 0.7	4.4 ± 0.7			7.9 ± 1.4		
2	26 ^s 3	11'04"	14 × 13	12.6 ± 0.5	4.0 ± 0.5			3.1 ± 0.5		
3	23 ^s 1	11'16"	11 × 12	17.3 ± 0.4	6.1 ± 0.4			2.8 ± 0.3		
4	23 ^s 4	12'00"	15 × 21	19.9 ± 0.7	3.9 ± 0.7			5 ± 1		
Total			66 × 84	264 ± 3	61 ± 3			4.4 ± 0.3		

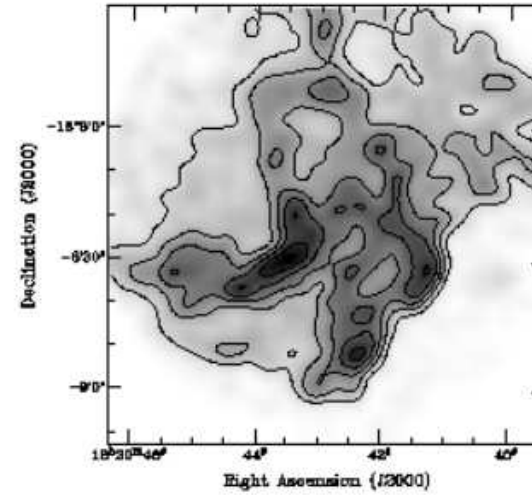
- Claro frente de ionización.
- Lugares con densidad mayor al promedio,
⇒ estructura grumosa.

Resultados N-Bar

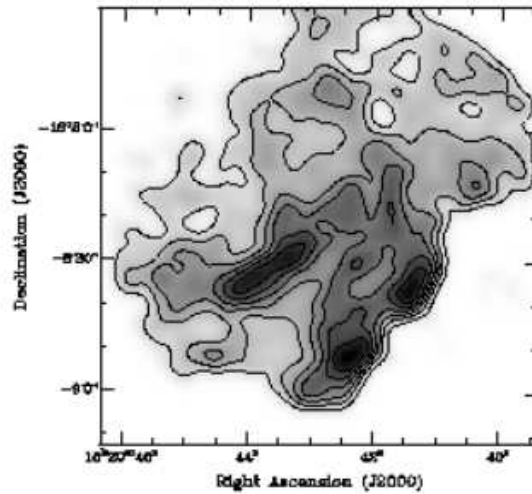
1-0 S(1)



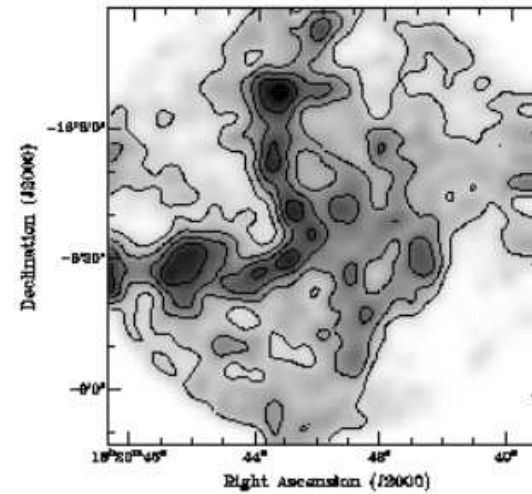
2-1 S(1)



1-0 S(7)



6-4 O(3)



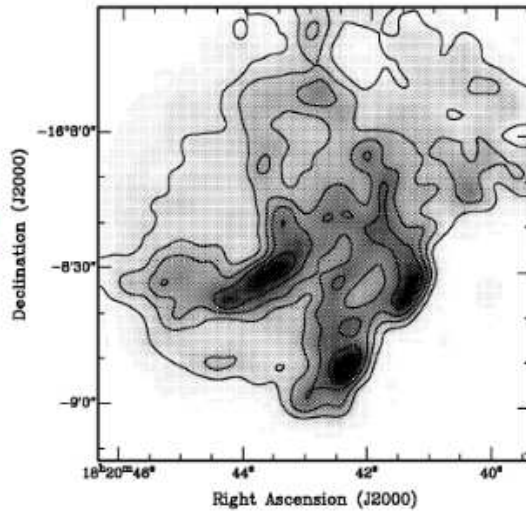
Resultados N-Bar

Region	RA 18 ^h 20 ^m	Dec. -16°	Aperture arcsec ²	1-0 S(1)	2-1 S(1) × 10 ⁻¹⁴ erg s ⁻¹ cm ⁻²	1-0 S(7)	6-4 O(3)	1-0 S(1) /2-1 S(1)	1-0 S(1) /1-0 S(7)	1-0 S(1) /6-4 O(3)
Northern Bar										
1	43 ^s 6	08'30''	18 × 15	48.4 ± 0.6	29.5 ± 0.6	12.1 ± 0.2	3.4 ± 0.1	1.6 ± 0.1	4.0 ± 0.1	14.1 ± 0.5
2	41 ^s 4	08'35''	18 × 17	30.1 ± 0.5	15.6 ± 0.5	7.7 ± 0.2	1.8 ± 0.1	1.9 ± 0.1	3.9 ± 0.2	17.2 ± 0.9
3	42 ^s 3	08'51''	17 × 13	24.5 ± 0.4	11.8 ± 0.4	6.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1	2.1 ± 0.1	4.0 ± 0.2	22.7 ± 1.2
4	42 ^s 8	07'50''	9 × 12	12.5 ± 0.4	8.4 ± 0.4	3.0 ± 0.1	1.1 ± 0.1	1.5 ± 0.1	4.1 ± 0.3	11 ± 1
5	45 ^s 3	08'33''	15 × 16	25.1 ± 0.6	19.2 ± 0.6	6.2 ± 0.2	3.8 ± 0.1	1.3 ± 0.1	4.1 ± 0.2	6.6 ± 0.4
6	43 ^s 6	07'51''	12 × 15	15.4 ± 0.5	11.4 ± 0.5	3.2 ± 0.2	3.1 ± 0.1	1.4 ± 0.1	4.9 ± 0.5	5.0 ± 0.4
Total			83 × 85	528 ± 3	335 ± 3	132 ± 1	49 ± 0.5	1.6 ± 0.1	4.0 ± 0.1	10.9 ± 0.2

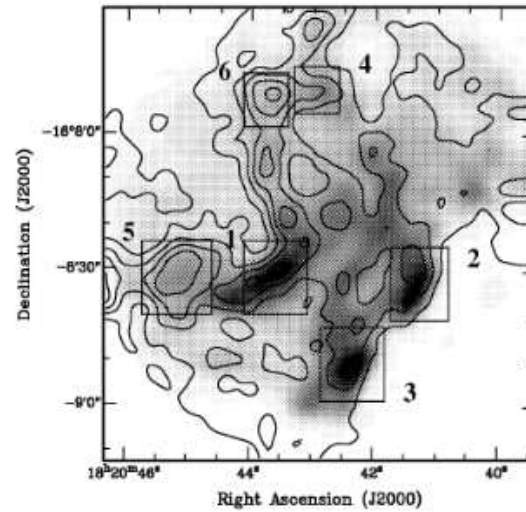
- Dada la razón 1-0/2-1 S(1) \sim 1.6, se concluye que la excitación del gas no es termal \implies fluorescencia UV.
- Distribución de la emisión $\nu=6-4$ O(3) distinta a 1-0 S(1). Como no hay extinción diferencial entre estas líneas, \implies diferencias en las excitaciones.
- Primera vez que se obtiene una imagen de un nivel tan excitado de H₂ (31.000 K)

Resultados N-Bar

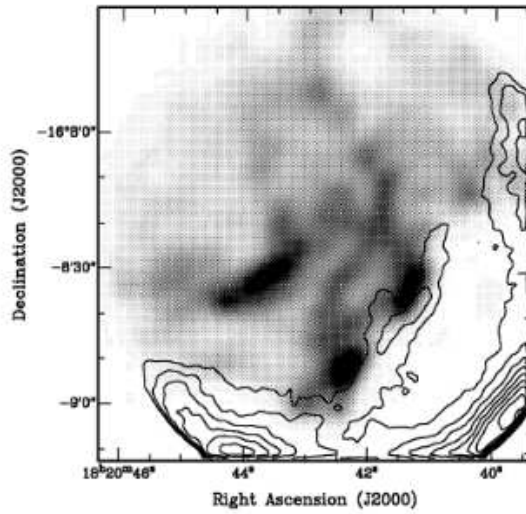
2-1 S(1)



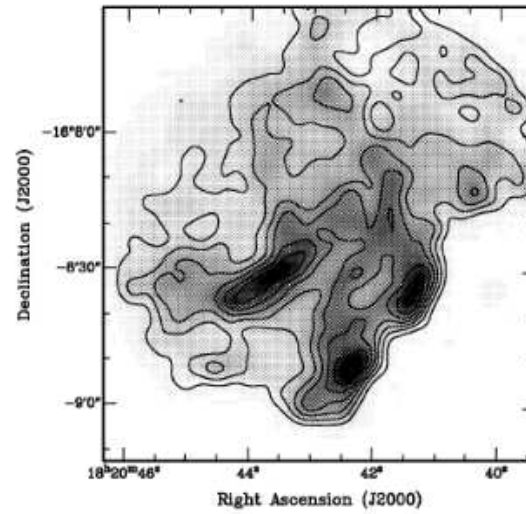
6-4 O(3)



B_γ



1-0 S(7)



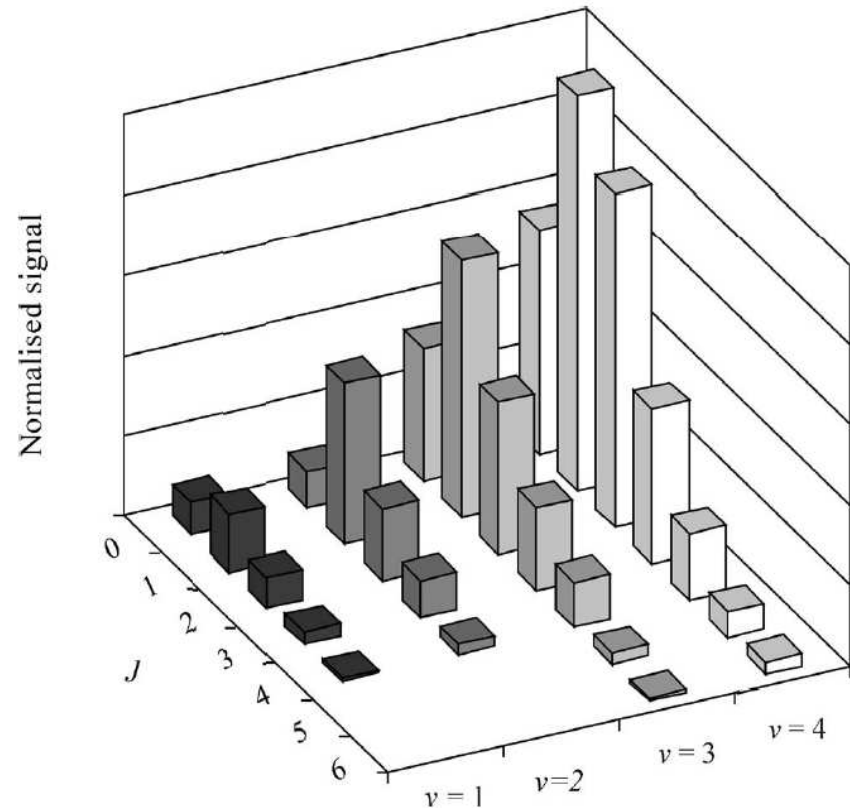
1-0 S(1)

Resultados N-Bar

- Se propone que la emisión del H_2 recién formado explica la diferencia entre 6-4 O(3) y las líneas de menor excitación.
¿Distinta morfología?
- PDR no estacionaria, el frente de ionización se adentra rápidamente en la nube molecular \implies
a medida que el H_2 previamente protegido se expone a la radiación FUV, se incrementa la columna de gas fluorescente i.e, 1-0 S(1) (hasta un orden de magnitud.)
- Acá, la tasa de destrucción de moléculas es mayor que la de formación \implies la componente de formación en la cascada se verá reducida.
 \implies puede explicar la variación de 1-0 S(1)/6-4 O(3)

Formación de HD en laboratorio

- Se detectan moléculas de HD formadas en superficies frías (15 K) de grafito usando espectroscopía laser.
- Los niveles rovibracionales altos son preferidos \implies apoya la hipótesis de emisión por formación.



Más adelante

- Se puede testear la hipótesis observando otras líneas de excitación alta.
- Los modelos de cascada se calculan en estado estacionario. Se requieren modelos dependientes del tiempo para explicar esta PDR.
- Se espera que en nubes mas densas y oscuras, donde la radiación UV sea mínima, la contribución por formación sea mucho mayor \implies hay que buscar estas líneas.

Referencias

- Burton M.G., Londish D., Brand P.W. J. L., 2002, [MNRAS, 333, 721](#)
- Black J. H., Dalgarno A., 1976, [ApJ, 203, 132](#)
- Duley W. W., Williams D. A., 1986, [MNRAS, 233, 177](#)
- Hollenbach D., Salpeter E. E., 1971, [ApJ 163, 155](#)
- Hollenbach D., Natta A., 1995, [ApJ, 455, 133](#)
- Islam F., Latimer E., Price S., 2007, [JChPh, 127, 064701](#)