

Búsqueda y estudio de radio fuentes compactas asociadas a regiones de formación estelar

Josep Maria Masqué Saumell

**Departamento de Astronomía
Universidad de Guanajuato**

Colaboradores:

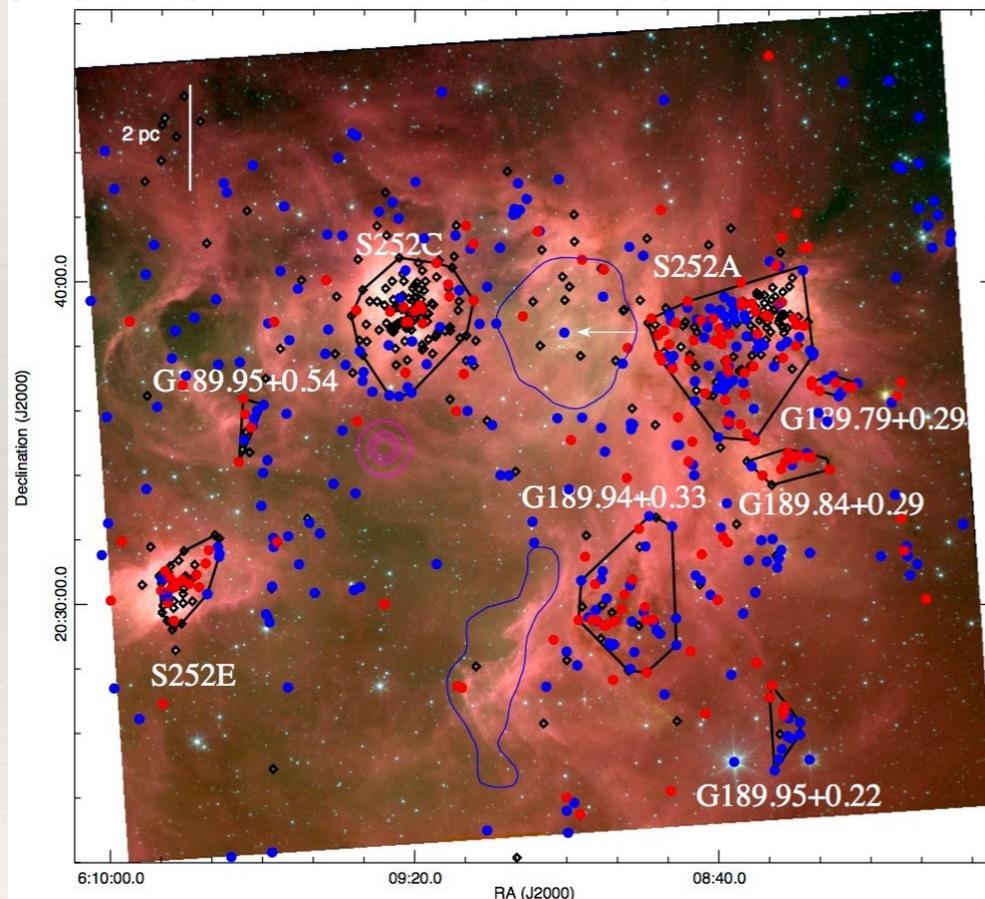
Universidad de Guanajuato: Miguel Angel Trinidad, Carlos A. Rodríguez, Harold Viveros
Instituto de RadioAstronomía y Astrofísica (UNAM): Luís F. Rodríguez, Stan Kurtz,
Laurent Loinard

Max Planck Institut für Radioastronomie: Sergio A. Dib, Sac N. X. Medina

NGC 2403

1 estrella de $30 M_{\text{sun}}$: 15 estrellas de $10 M_{\text{sun}}$: 1000 estrellas **tipo solar**

S252: Chavarría et al. 2014



M36 & M38: NOAO, AURA, NSF



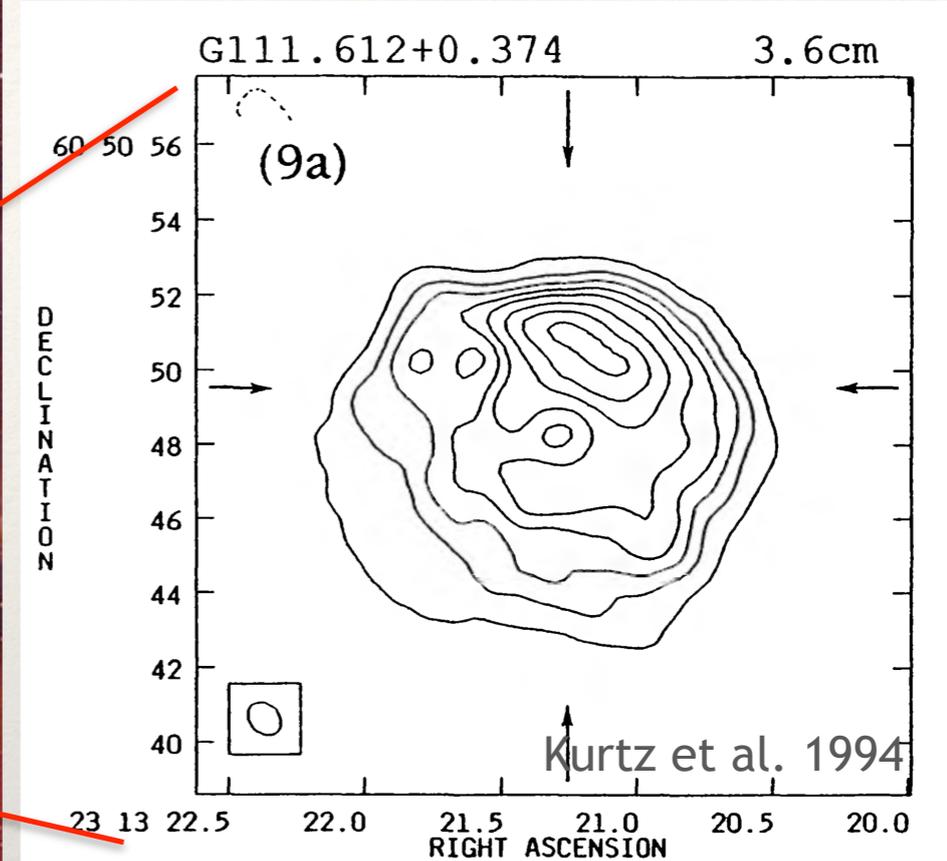
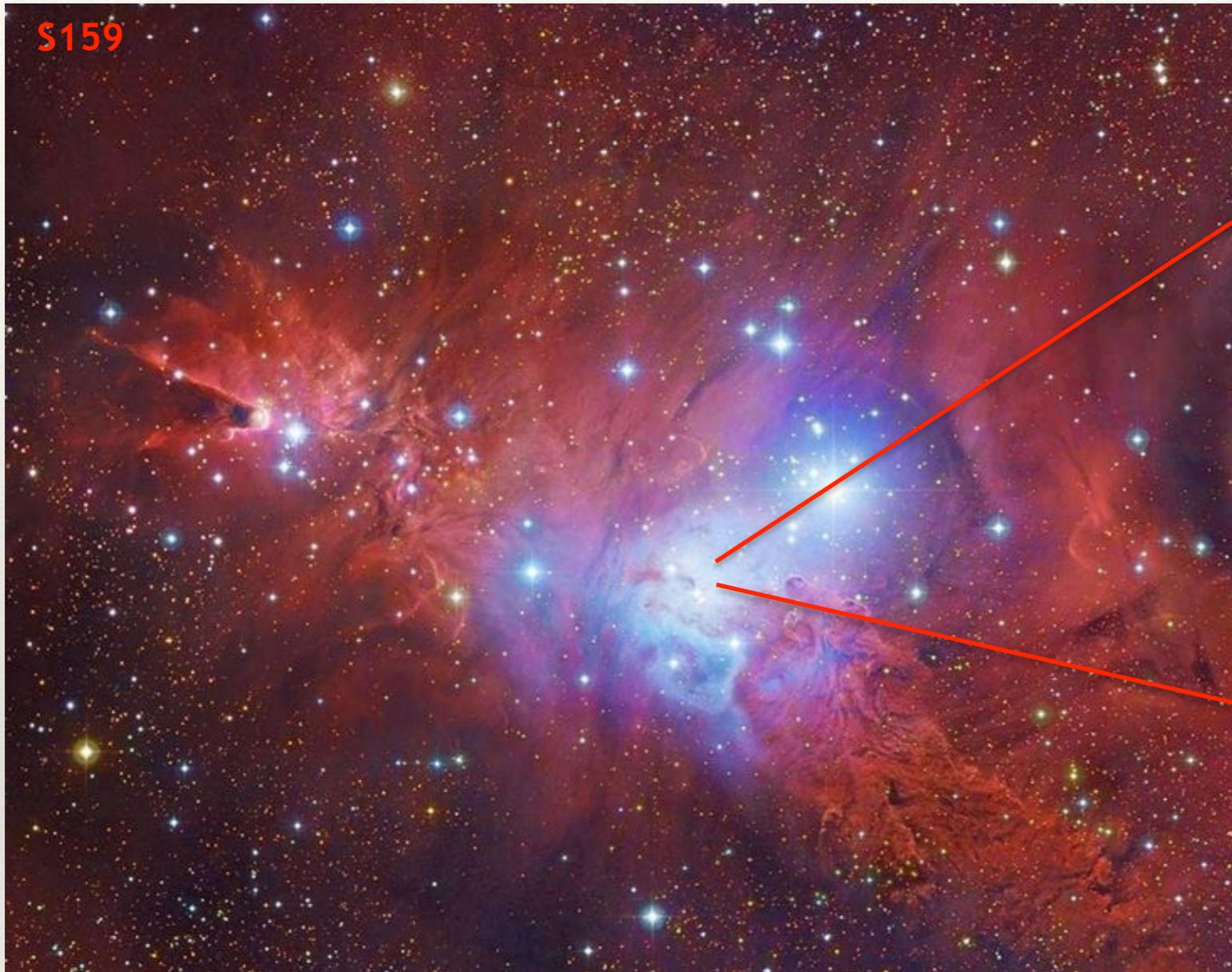
Las regiones de formación estelar masiva son los principales precursores de la población estelar actual de la Galaxia

REGIONES HII



Las estrellas con masas mayores a **15 Msun** ionizan su entorno: ¿se **detiene** su crecimiento en masa?

REGIONES HII ULTRA-COMPACTAS



Tiempo de vida esperado 10^4 yr*

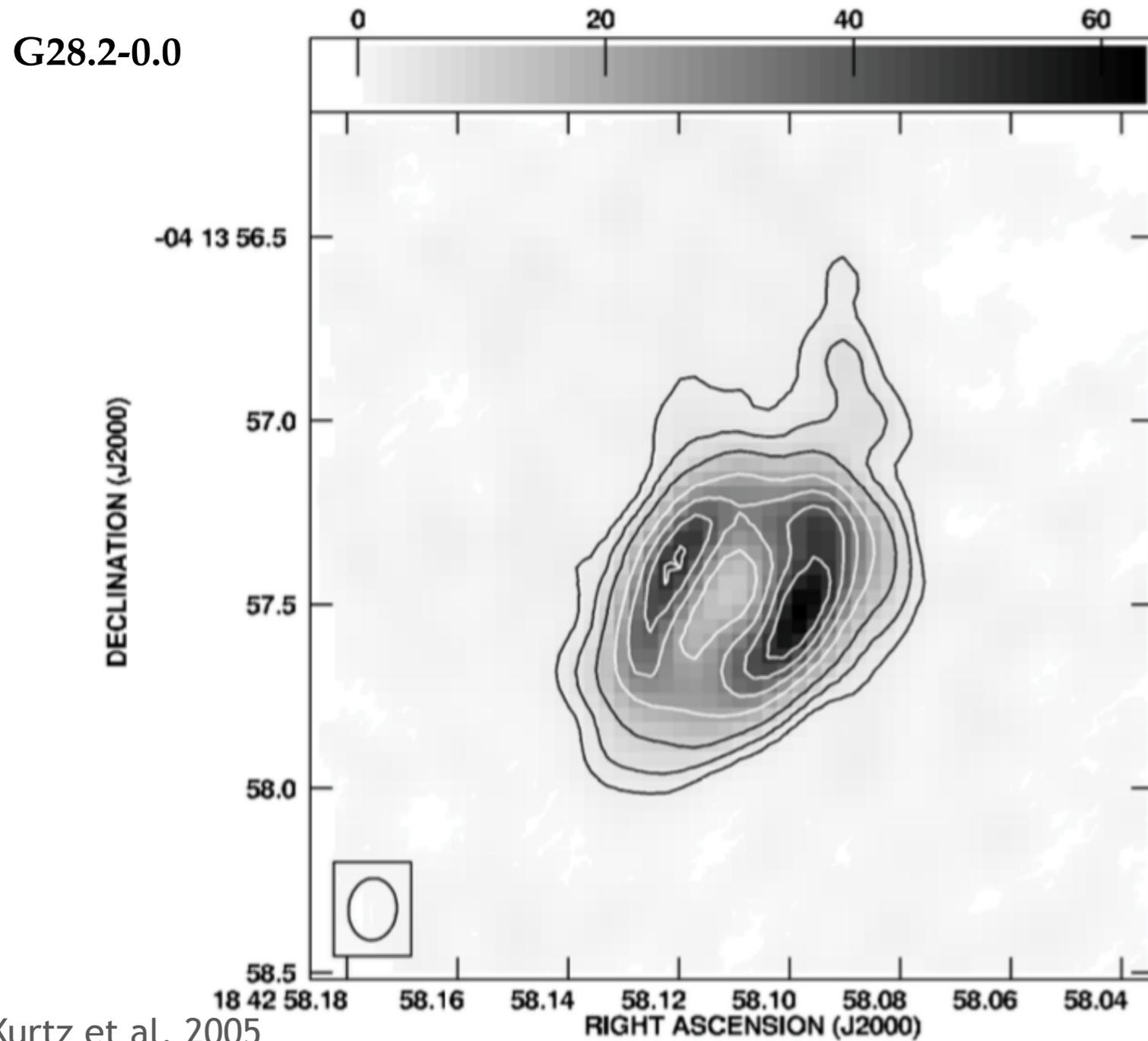
Tamaños < 0.1 pc

Densidades electrónicas $> 10^4$ cm $^{-3}$

Masa ionizada 0.01 Msun

*Suponiendo que la región se expande a una velocidad de 12 km/s

REGIONES HII HIPER-COMPACTAS



Tamaños < 0.03 pc
Densidades electrónicas $> 10^6$ cm⁻³
Masa ionizada 0.001 Msun

Secuencia evolutiva

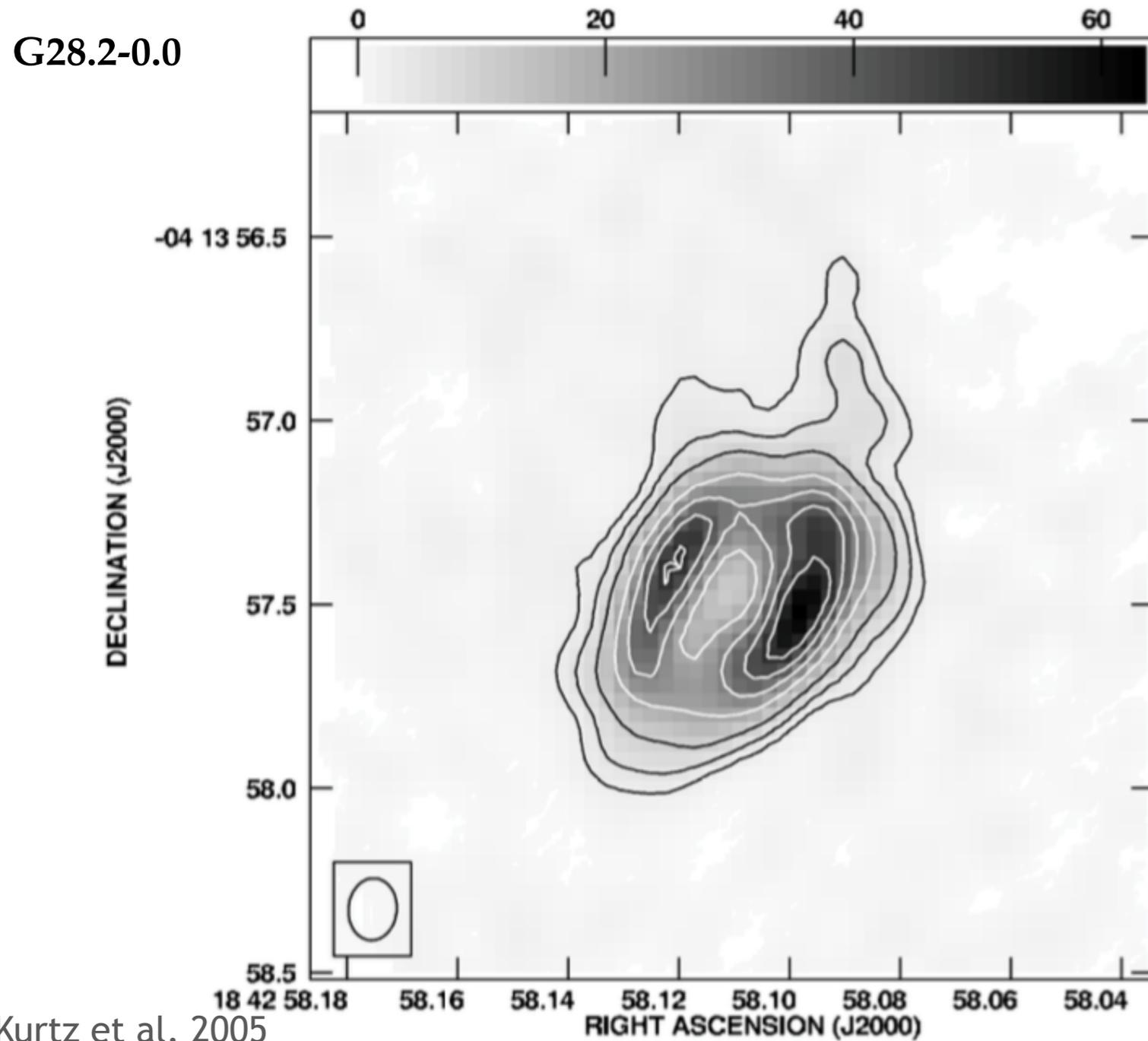
UCHII



HCHII

Se conocen muy pocas regiones HCHII (e.g. Sánchez-Monge et al. 2011)

REGIONES HII HIPER-COMPACTAS



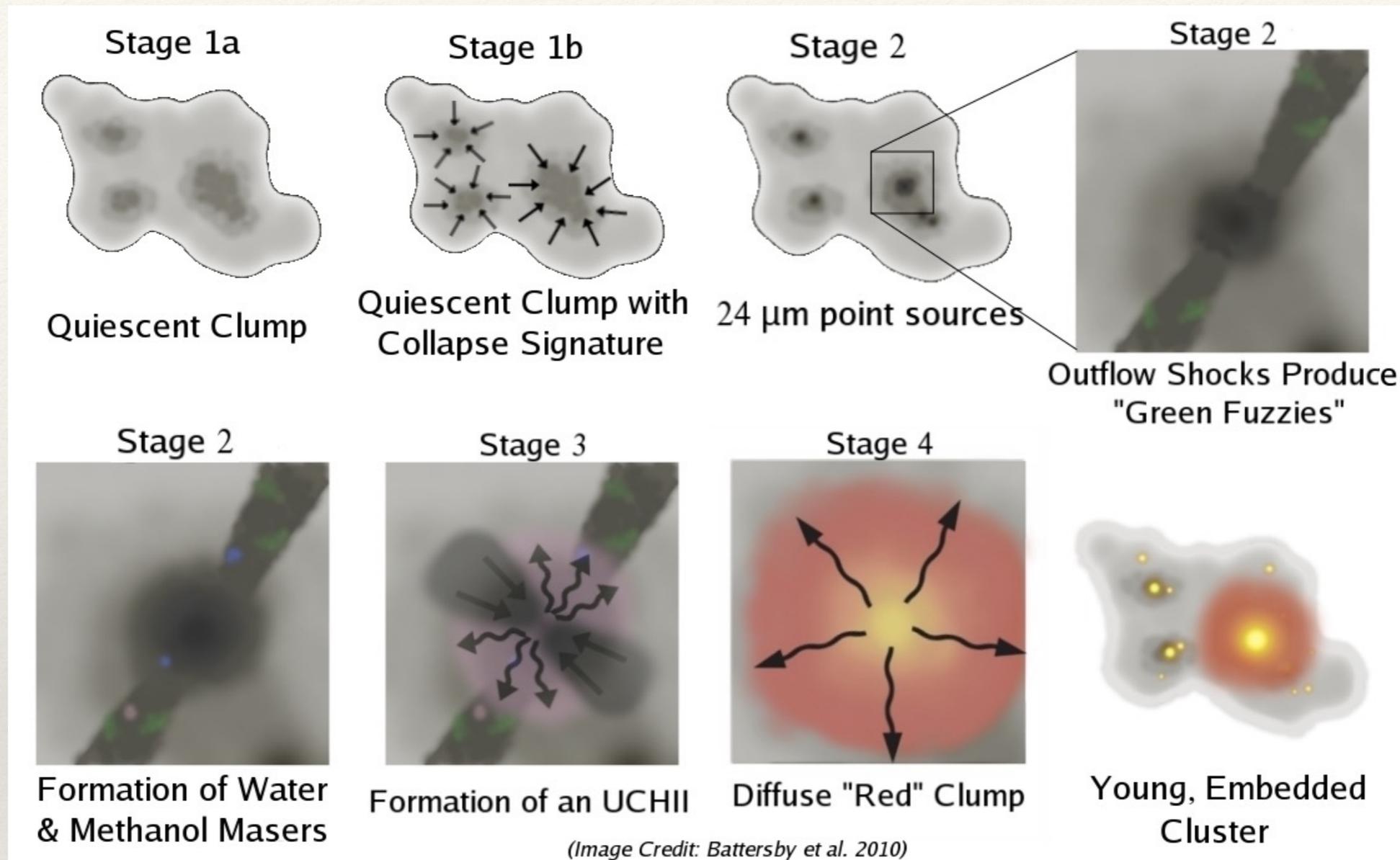
Tamaños < 0.03 pc
Densidades electrónicas $> 10^6$ cm⁻³
Masa ionizada 0.001 Msun

Secuencia evolutiva



Se conocen muy pocas regiones HCHII (e.g. Sánchez-Monge et al. 2011)

LA FASE UCHII



Existen **demasiadas** regiones UCHII en la Galaxia
(Wood & Churchwell 1989)

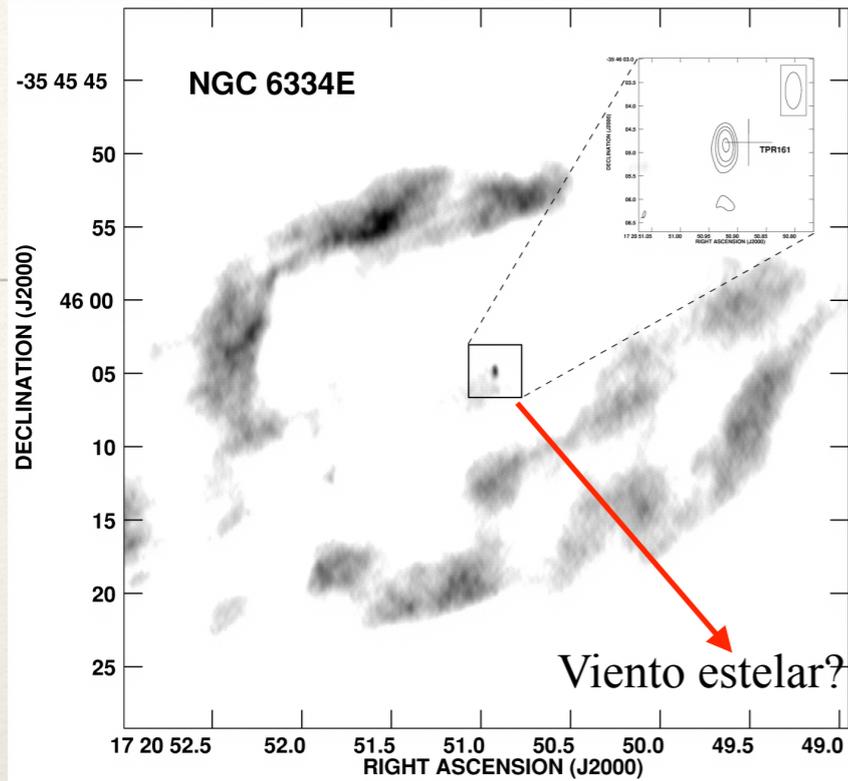
Posibilidades:

- Las regiones UCHII (or HCHII) están ligadas gravitacionalmente por la estrella masiva (Keto 2002, 2003).
- Dentro del escenario de acreción competitiva, una gran cantidad del material de la nube ambiente cae continuamente sobre la protoestrella masiva ‘ahogando’ la expansión de la región UCHII (e.g. G20.08-0.14N: Galvan-Madrid et al. 2009)
- La protoestrella masiva posee un disco de acreción el cual está fotoevaporando continuamente (e.g. Hollenbach 1994).

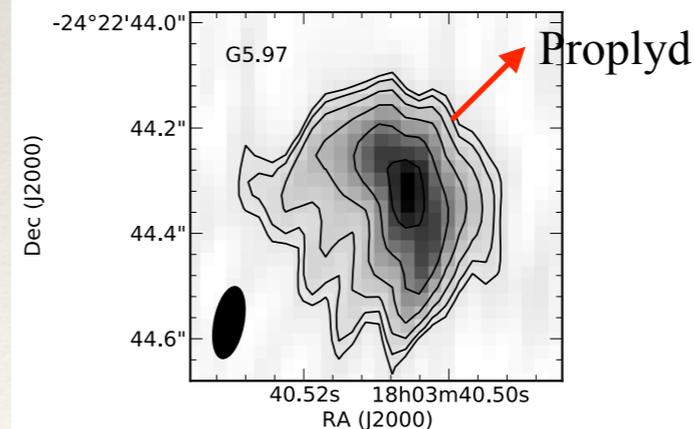
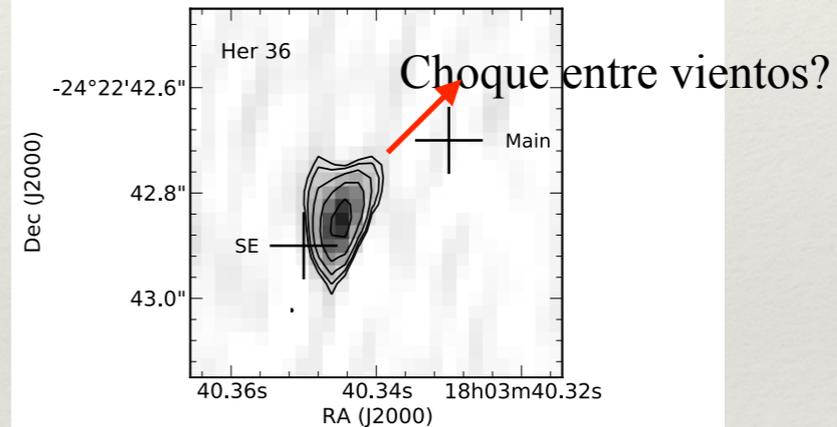
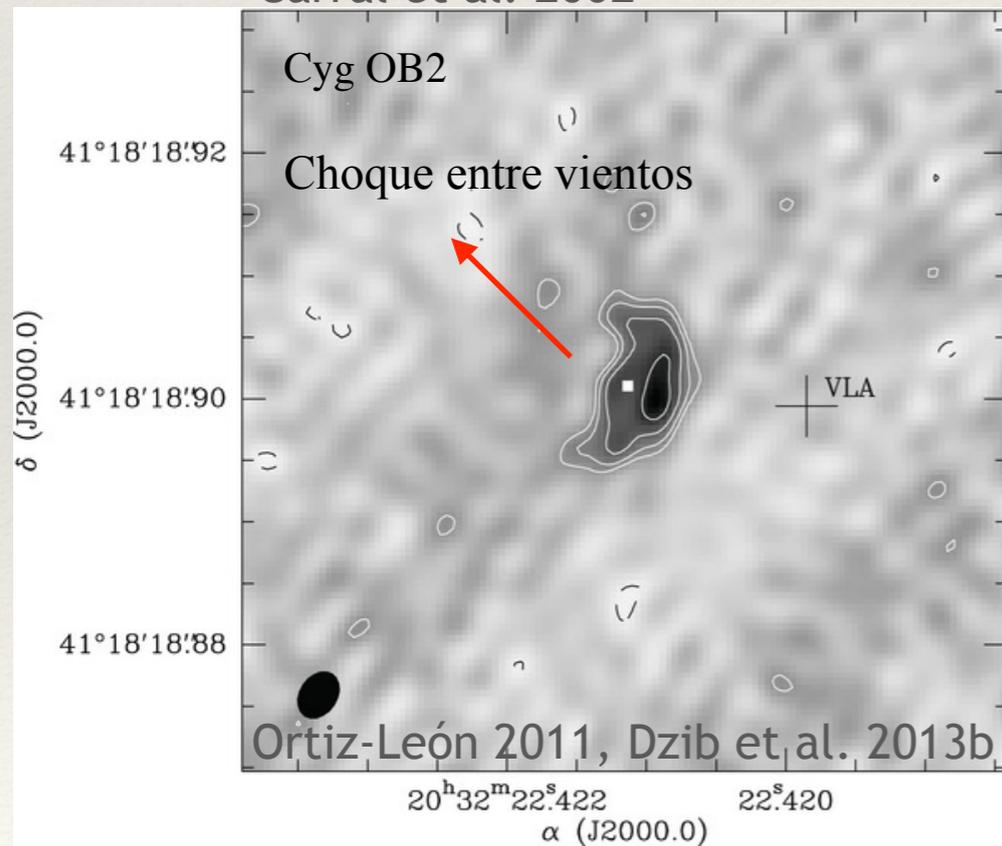
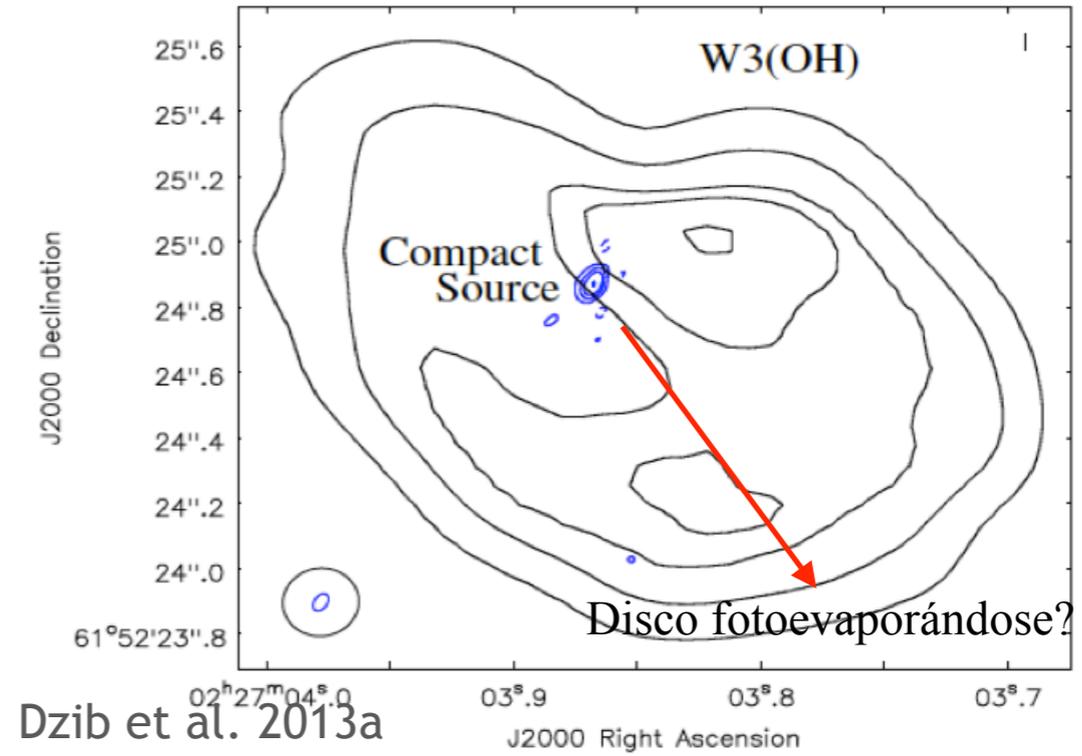
Diagnósticos: Morfologías no esféricas y/o estructura irregular, variación temporal, actividad protoestelar...

Necesitamos resolver la subestructura de las regiones UCHII

Ejemplos de Radio Fuentes Compactas (RFC)



Carral et al. 2002



M8: Masqué et al. 2014

Naturalezas distintas (see also Rodríguez et al. 2014)

Table 1

Characteristics of Compact Radio Continuum Sources in H II Regions

Rodríguez et al. 2012

| Class of Source | Emission Mechanism | Spectral Index | Polarization | Time Variability | Morphology | Excitation |
|----------------------|--------------------|----------------|--------------|------------------|------------|------------|
| HC H II region | Free-free | ~ 1 | No | No | Various | Internal |
| Ionized globule | Free-free | ~ -0.1 | No | No | Cometary | External |
| Proplyds | Free-free | ~ -0.1 | No | No | Cometary | External |
| Jet | Free-free | ~ 0.6 | No | Yes | Elongated | Internal |
| Spherical wind | Free-free | ~ 0.6 | No | No | Unresolved | Internal |
| Low-mass protostars | Gyrosynchrotron | $-2 - +2$ | Circular | Yes | Unresolved | Internal |
| Massive binary stars | Synchrotron | ~ -0.7 | Linear | Yes | Cometary | Internal |

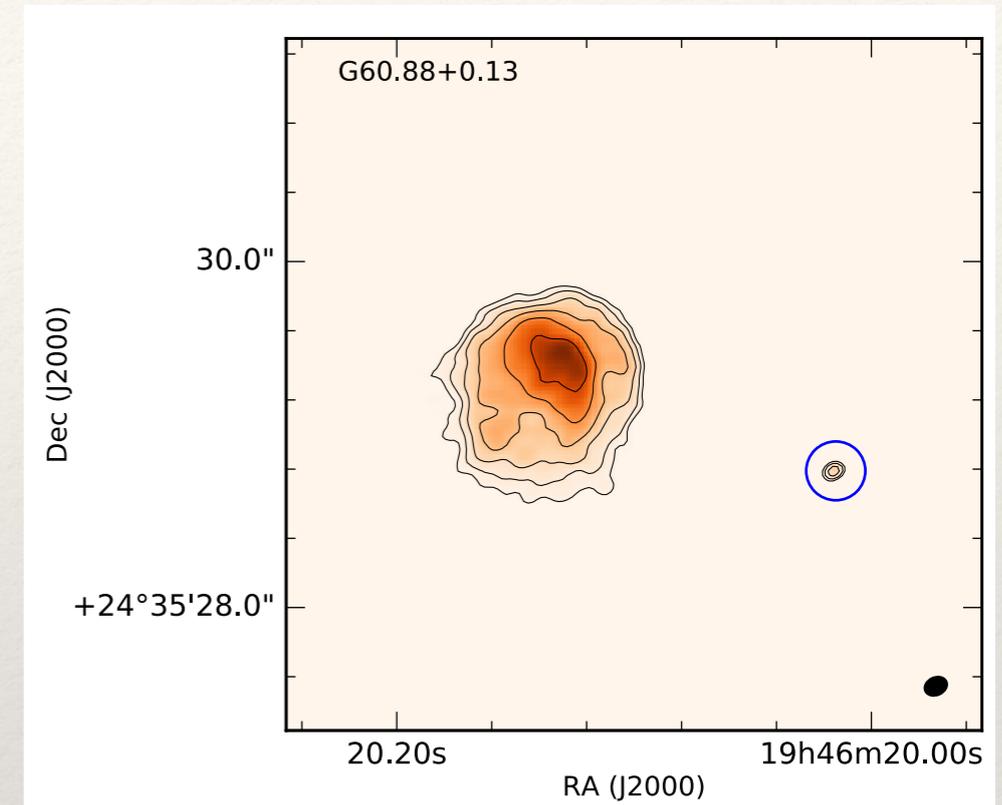
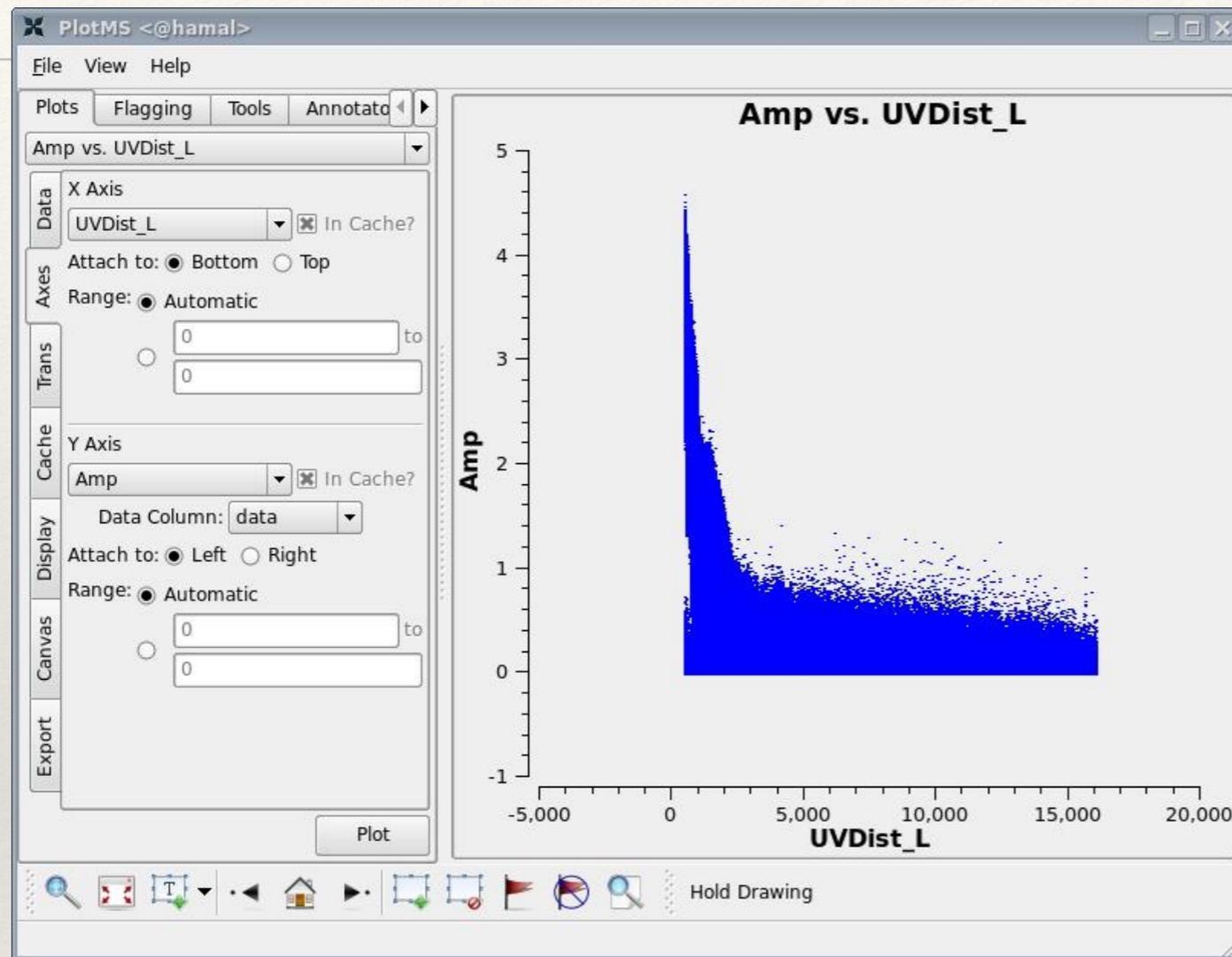


Necesitamos observar con:

- Alta sensibilidad (flujos de pocos mJy)
- Alta resolución angular (tamaños de 0.1 arcsec@2-3kpc)
- Buen cubrimiento UV (mapas con alta fidelidad)
- Emisión ópticamente delgada (evitar frecuencias demasiado bajas)

Observaciones con el *Very Large Array* usando sus bandas de frecuencia más altas y configuraciones extendidas

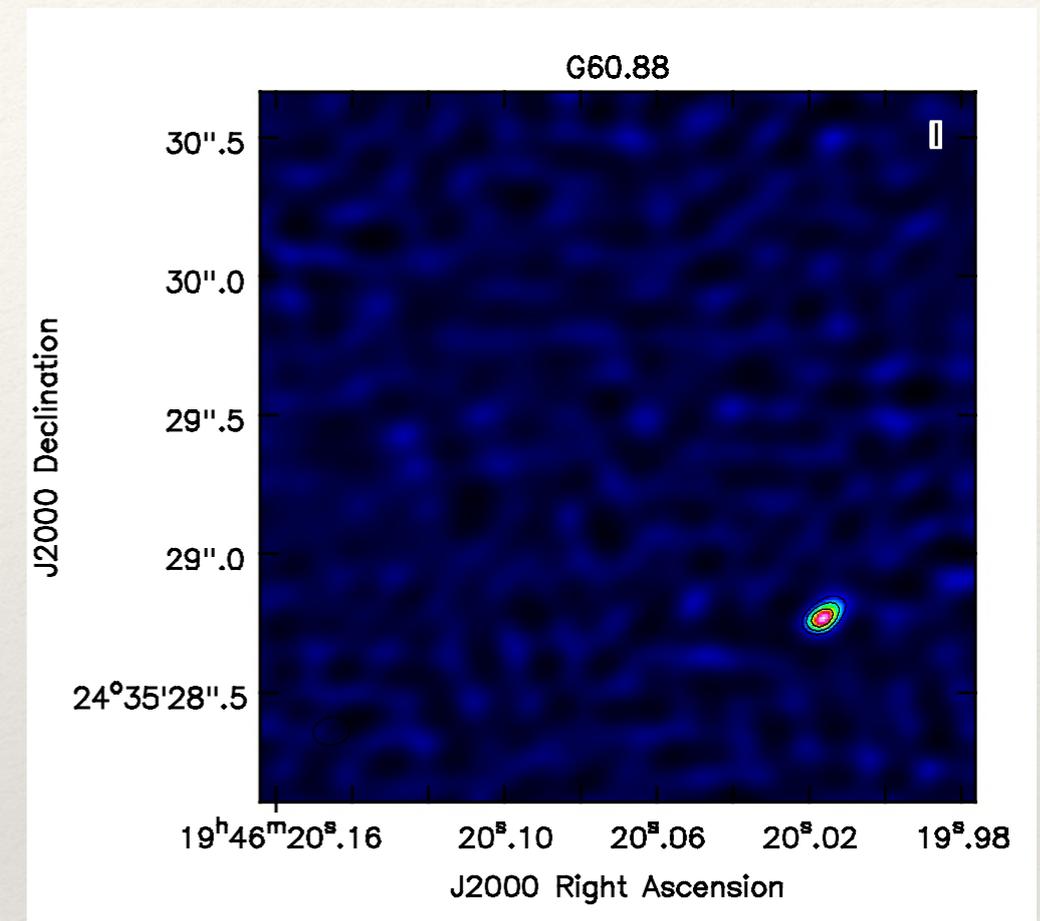
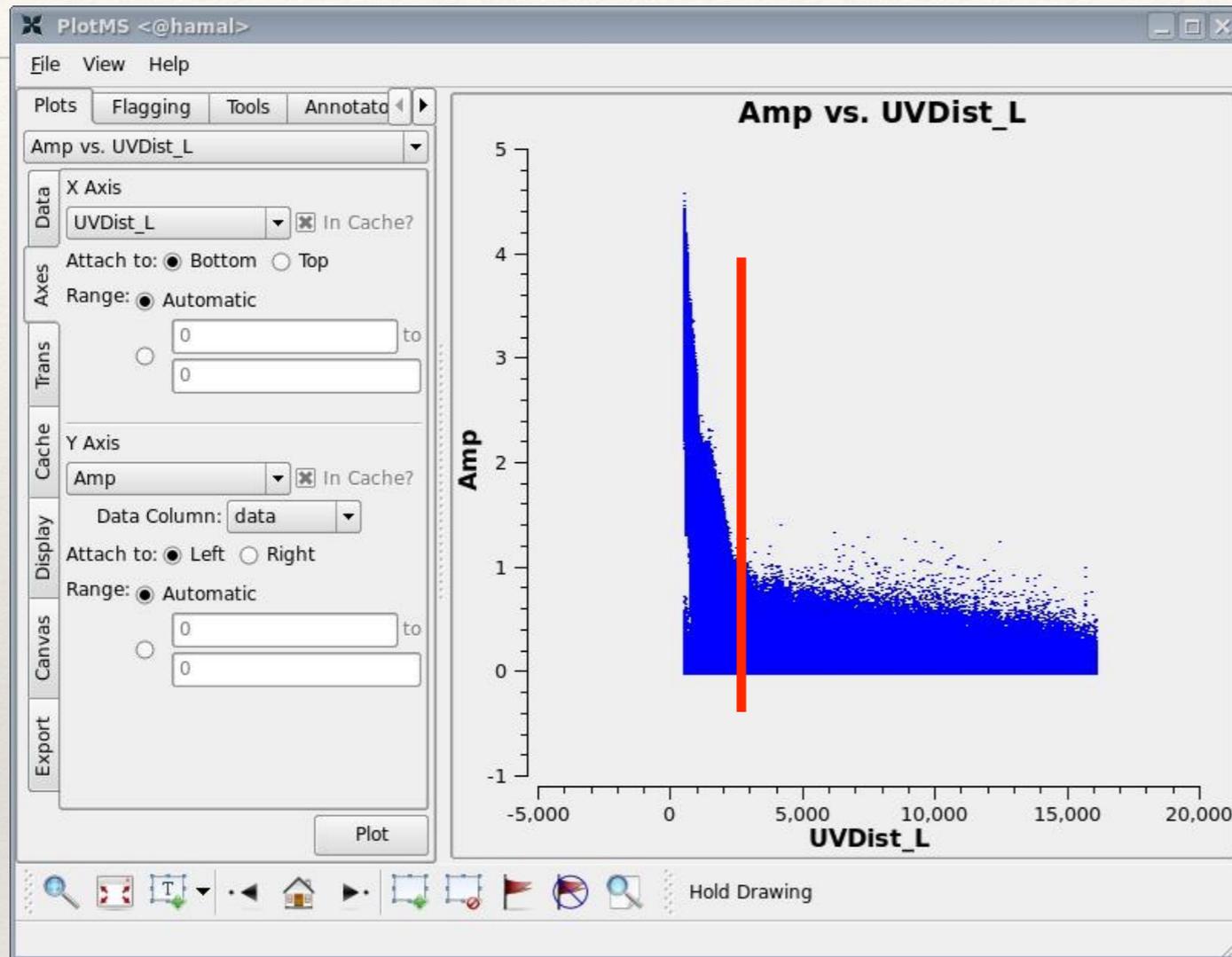
OBSERVACIONES INTERFEROMÉTRICAS



Regiones HII son fuertes emisores a longitudes de onda de cm

Nos interesan tan solo las líneas de base largas y que no están contaminadas por la emisión extendida

OBSERVACIONES INTERFEROMÉTRICAS



Regiones HII son fuertes emisores a longitudes de onda de cm

Nos interesan tan solo las líneas de base largas y que no están contaminadas por la emisión extendida

Table 3
Parameters of the Compact Sources^a

| Region | Coordinates | | $\theta_M \times \theta_m$; P.A. ^b (mas \times mas; $^\circ$) | $S_{1.3\text{cm}}$ (mJy) | $I_{1.3\text{cm}}^{\text{Peak}}$ (mJy bm^{-1}) | Adopted Name |
|--------------|--|----------------------------|---|-----------------------------|---|----------------------------|
| | α (J2000) | δ (J2000) | | | | |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .506 | -24 ^o 22'44".33 | 255 \pm 12 \times 126 \pm 12; 23 \pm 5 | 8.0 \pm 0.4 | 1.40 \pm 0.06 | G5.97 proplyd ^c |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .345 | -24 ^o 22'42".85 | Unresolved or poorly determined | 1.3 \pm 0.1 | 0.94 \pm 0.05 | G5.97-Her 36 SE |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .360 | -24 ^o 22'39".85 | Unresolved or poorly determined | 1.16 \pm 0.11 | 0.97 \pm 0.05 | G5.97-Her 36N |
| G20.08-0.14 | 18 ^h 28 ^m 10 ^s .280 | -11 ^o 28'47".94 | 150 \pm 40 \times 70 \pm 20; 180 \pm 20 | 10.0 \pm 1.7 | 3.6 \pm 0.5 | G20.08-VLA1 |
| G28.29-0.36 | 18 ^h 44 ^m 15 ^s .109 | -4 ^o 17'55".34 | 90 \pm 10 \times 80 \pm 20; 50 \pm 60 | 2.43 \pm 0.14 | 1.03 \pm 0.07 | G28.29-VLA1 |
| G35.20-1.74 | 19 ^h 01 ^m 46 ^s .460 | 01 ^o 13'23".60 | 67 \pm 3 \times 39 \pm 3; 131 \pm 5 | 5.24 \pm 0.14 | 3.45 \pm 0.06 | G35.20-VLA1 |
| G60.88+0.13 | 19 ^h 46 ^m 20 ^s .016 | 24 ^o 35'28".79 | Unresolved or poorly determined | 0.33 \pm 0.05 | 0.34 \pm 0.03 | G60.88-VLA1 |
| G61.48+0.09A | 19 ^h 46 ^m 49 ^s .123 | 25 ^o 12'45".19 | 170 \pm 20 \times 64 \pm 13; 162 \pm 5 | 2.4 \pm 0.2 | 0.62 \pm 0.04 | G61.48-VLA1 |
| G61.48+0.09A | 19 ^h 46 ^m 49 ^s .092 | 25 ^o 12'45".00 | Unresolved or poorly determined | 0.4 \pm 0.07 | 0.32 \pm 0.04 | G61.48-VLA2 |
| G76.18+0.13 | 20 ^h 23 ^m 45 ^s .744 | 37 ^o 38'32".46 | Unresolved or poorly determined | 2.38 \pm 0.06 | 2.21 \pm 0.03 | G76.18-VLA1 |
| G76.38-0.62 | 20 ^h 27 ^m 26 ^s .774 | 37 ^o 22'47".75 | 96 \pm 2 \times 54 \pm 1; 108 \pm 2 | 21.7 \pm 0.3 | 10.90 \pm 0.09 | G76.38-VLA1 |
| G78.44+2.66 | 20 ^h 19 ^m 38 ^s .849 | 40 ^o 56'36".68 | Unresolved or poorly determined | 0.21 \pm 0.04 | 0.24 \pm 0.02 | G78.44-VLA4 ^d |
| G78.44+2.66 | 20 ^h 19 ^m 39 ^s .600 | 40 ^o 56'31".93 | Unresolved or poorly determined | 0.24 \pm 0.06 | 0.14 \pm 0.02 | G78.44-VLA1 |

Masqué et al. 2017

Table 4
Derived Physical Parameters of the Compact Sources^a

| Source | T_B^b (K) | τ^c | EM^d ($10^8 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}^{-1}$) | n_e^e (10^5 cm^{-3}) | θ_{eq}^f ($''$) | $\log(\dot{N})^g$ s^{-1} | Size (au \times au) |
|-----------------|-----------------|-----------------|--|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| G5.97-Proplyd | 900 \pm 100 | 0.10 \pm 0.01 | 1.9 \pm 0.2 | 4.1 \pm 0.3 | 0.18 \pm 0.01 | 45.05 | 330 \pm 20 \times 160 \pm 20 |
| G5.97-Her 36 SE | \geq 600 | \geq 0.06 | \geq 1.2 | \geq 4.8 | \leq 0.09 | 44.23 | \leq 200 \times \leq 70 |
| G5.97-Her 36N | \geq 600 | \geq 0.06 | \geq 1.1 | \geq 4.6 | \leq 0.087 | 44.20 | \leq 200 \times \leq 70 |
| G20.08-VLA1 | 3300 \pm 1500 | 0.4 \pm 0.2 | 8 \pm 4 | 6.9 \pm 1.3 | 0.11 \pm 0.02 | 46.22 | 520 \pm 130 \times 180 \pm 80 |
| G28.29-VLA1 | 1200 \pm 300 | 0.13 \pm 0.04 | 2.6 \pm 0.8 | 4.4 \pm 0.7 | 0.09 \pm 0.011 | 45.34 | 300 \pm 50 \times 270 \pm 60 |
| G35.20-VLA1 | 7400 \pm 700 | 1.3 \pm 0.3 | 27 \pm 5 | 18.4 \pm 1.8 | 0.051 \pm 0.002 | 45.89 | 210 \pm 10 \times 130 \pm 10 |
| G60.88-VLA1 | \geq 200 | \geq 0.02 | \geq 0.4 | \geq 2.4 | \leq 0.08 | 44.15 | \leq 200 \times \leq 100 |
| G61.48-VLA1 | 800 \pm 200 | 0.08 \pm 0.02 | 1.7 \pm 0.4 | 4.1 \pm 0.6 | 0.104 \pm 0.012 | 44.89 | 340 \pm 40 \times 130 \pm 30 |
| G61.48-VLA2 | \geq 2000 | \geq 0.3 | \geq 5.0 | \geq 8.5 | \leq 0.07 | 45.38 | \leq 200 \times \leq 100 |
| G78.44-VLA4 | \geq 600 | \geq 0.06 | \geq 1.1 | \geq 3.9 | \leq 0.07 | 44.06 | \leq 300 \times \leq 200 |
| G78.44-VLA1 | \geq 100 | \geq 0.02 | \geq 0.3 | \geq 2.1 | \leq 0.07 | 43.85 | \leq 300 \times \leq 200 |

Primeros resultados (1.3cm@A conf.)

Table 3
Parameters of the Compact Sources^a

| Region | Coordinates | | $\theta_M \times \theta_m$; P.A. ^b (mas × mas; °) | $S_{1.3\text{cm}}$ (mJy) | $I_{1.3\text{cm}}^{\text{Peak}}$ (mJy bm^{-1}) | Adopted Name |
|--------------|--|------------------|--|-----------------------------|---|----------------------------|
| | α (J2000) | δ (J2000) | | | | |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .506 | -24°22'44".33 | 255 ± 12 × 126 ± 12; 23 ± 5 | 8.0 ± 0.4 | 1.40 ± 0.06 | G5.97 proplyd ^c |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .345 | -24°22'42".85 | Unresolved or poorly determined | 1.3 ± 0.1 | 0.94 ± 0.05 | G5.97-Her 36 SE |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .360 | -24°22'39".85 | Unresolved or poorly determined | 1.16 ± 0.11 | 0.97 ± 0.05 | G5.97-Her 36N |
| G20.08-0.14 | 18 ^h 28 ^m 10 ^s .280 | -11°28'47".94 | 150 ± 40 × 70 ± 20; 180 ± 20 | 10.0 ± 1.7 | 3.6 ± 0.5 | G20.08-VLA1 |
| G28.29-0.36 | 18 ^h 44 ^m 15 ^s .109 | -4°17'55".34 | 90 ± 10 × 80 ± 20; 50 ± 60 | 2.43 ± 0.14 | 1.03 ± 0.07 | G28.29-VLA1 |
| G35.20-1.74 | 19 ^h 01 ^m 46 ^s .460 | 01°13'23".60 | 67 ± 3 × 39 ± 3; 131 ± 5 | 5.24 ± 0.14 | 3.45 ± 0.06 | G35.20-VLA1 |
| G60.88+0.13 | 19 ^h 46 ^m 20 ^s .016 | 24°35'28".79 | Unresolved or poorly determined | 0.33 ± 0.05 | 0.34 ± 0.03 | G60.88-VLA1 |
| G61.48+0.09A | 19 ^h 46 ^m 49 ^s .123 | 25°12'45".19 | 170 ± 20 × 64 ± 13; 162 ± 5 | 2.4 ± 0.2 | 0.62 ± 0.04 | G61.48-VLA1 |
| G61.48+0.09A | 19 ^h 46 ^m 49 ^s .092 | 25°12'45".00 | Unresolved or poorly determined | 0.4 ± 0.07 | 0.32 ± 0.04 | G61.48-VLA2 |
| G76.18+0.13 | 20 ^h 23 ^m 45 ^s .744 | 37°38'32".46 | Unresolved or poorly determined | 2.38 ± 0.06 | 2.21 ± 0.03 | G76.18-VLA1 |
| G76.38-0.62 | 20 ^h 27 ^m 26 ^s .774 | 37°22'47".75 | 96 ± 2 × 54 ± 1; 108 ± 2 | 21.7 ± 0.3 | 10.90 ± 0.09 | G76.38-VLA1 |
| G78.44+2.66 | 20 ^h 19 ^m 38 ^s .849 | 40°56'36".68 | Unresolved or poorly determined | 0.21 ± 0.04 | 0.24 ± 0.02 | G78.44-VLA4 ^d |
| G78.44+2.66 | 20 ^h 19 ^m 39 ^s .600 | 40°56'31".93 | Unresolved or poorly determined | 0.24 ± 0.06 | 0.14 ± 0.02 | G78.44-VLA1 |

Masqué et al. 2017

Table 4
Derived Physical Parameters of the Compact Sources^a

| Source | T_B^b (K) | τ^c | EM^d ($10^8 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}^{-1}$) | n_e^e (10^5 cm^{-3}) | θ_{eq}^f (") | $\log(\dot{N})^g$ s^{-1} | Size (au × au) |
|-----------------|----------------|-------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| G5.97-Proplyd | 900 ± 100 | 0.10 ± 0.01 | 1.9 ± 0.2 | 4.1 ± 0.3 | 0.18 ± 0.01 | 45.05 | 330 ± 20 × 160 ± 20 |
| G5.97-Her 36 SE | ≥600 | ≥0.06 | ≥1.2 | ≥4.8 | ≤0.09 | 44.23 | ≤200 × ≤70 |
| G5.97-Her 36N | ≥600 | ≥0.06 | ≥1.1 | ≥4.6 | ≤0.087 | 44.20 | ≤200 × ≤70 |
| G20.08-VLA1 | 3300 ± 1500 | 0.4 ± 0.2 | 8 ± 4 | 6.9 ± 1.3 | 0.11 ± 0.02 | 46.22 | 520 ± 130 × 180 ± 80 |
| G28.29-VLA1 | 1200 ± 300 | 0.13 ± 0.04 | 2.6 ± 0.8 | 4.4 ± 0.7 | 0.09 ± 0.011 | 45.34 | 300 ± 50 × 270 ± 60 |
| G35.20-VLA1 | 7400 ± 700 | 1.3 ± 0.3 | 27 ± 5 | 18.4 ± 1.8 | 0.051 ± 0.002 | 45.89 | 210 ± 10 × 130 ± 10 |
| G60.88-VLA1 | ≥200 | ≥0.02 | ≥0.4 | ≥2.4 | ≤0.08 | 44.15 | ≤200 × ≤100 |
| G61.48-VLA1 | 800 ± 200 | 0.08 ± 0.02 | 1.7 ± 0.4 | 4.1 ± 0.6 | 0.104 ± 0.012 | 44.89 | 340 ± 40 × 130 ± 30 |
| G61.48-VLA2 | ≥2000 | ≥0.3 | ≥5.0 | ≥8.5 | ≤0.07 | 45.38 | ≤200 × ≤100 |
| G78.44-VLA4 | ≥600 | ≥0.06 | ≥1.1 | ≥3.9 | ≤0.07 | 44.06 | ≤300 × ≤200 |
| G78.44-VLA1 | ≥100 | ≥0.02 | ≥0.3 | ≥2.1 | ≤0.07 | 43.85 | ≤300 × ≤200 |

Primeros resultados (1.3cm@A conf.)

Table 3
Parameters of the Compact Sources^a

| Region | Coordinates | | $\theta_M \times \theta_m$; P.A. ^b (mas × mas; °) | $S_{1.3\text{cm}}$ (mJy) | $I_{1.3\text{cm}}^{\text{Peak}}$ (mJy bm^{-1}) | Adopted Name |
|--------------|--|------------------|--|-----------------------------|---|----------------------------|
| | α (J2000) | δ (J2000) | | | | |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .506 | -24°22'44".33 | 255 ± 12 × 126 ± 12; 23 ± 5 | 8.0 ± 0.4 | 1.40 ± 0.06 | G5.97 proplyd ^c |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .345 | -24°22'42".85 | Unresolved or poorly determined | 1.3 ± 0.1 | 0.94 ± 0.05 | G5.97-Her 36 SE |
| G5.97-1.17 | 18 ^h 03 ^m 40 ^s .360 | -24°22'39".85 | Unresolved or poorly determined | 1.16 ± 0.11 | 0.97 ± 0.05 | G5.97-Her 36N |
| G20.08-0.14 | 18 ^h 28 ^m 10 ^s .280 | -11°28'47".94 | 150 ± 40 × 70 ± 20; 180 ± 20 | 10.0 ± 1.7 | 3.6 ± 0.5 | G20.08-VLA1 |
| G28.29-0.36 | 18 ^h 44 ^m 15 ^s .109 | -4°17'55".34 | 90 ± 10 × 80 ± 20; 50 ± 60 | 2.43 ± 0.14 | 1.03 ± 0.07 | G28.29-VLA1 |
| G35.20-1.74 | 19 ^h 01 ^m 46 ^s .460 | 01°13'23".60 | 67 ± 3 × 39 ± 3; 131 ± 5 | 5.24 ± 0.14 | 3.45 ± 0.06 | G35.20-VLA1 |
| G60.88+0.13 | 19 ^h 46 ^m 20 ^s .016 | 24°35'28".79 | Unresolved or poorly determined | 0.33 ± 0.05 | 0.34 ± 0.03 | G60.88-VLA1 |
| G61.48+0.09A | 19 ^h 46 ^m 49 ^s .123 | 25°12'45".19 | 170 ± 20 × 64 ± 13; 162 ± 5 | 2.4 ± 0.2 | 0.62 ± 0.04 | G61.48-VLA1 |
| G61.48+0.09A | 19 ^h 46 ^m 49 ^s .092 | 25°12'45".00 | Unresolved or poorly determined | 0.4 ± 0.07 | 0.32 ± 0.04 | G61.48-VLA2 |
| G76.18+0.13 | 20 ^h 23 ^m 45 ^s .744 | 37°38'32".46 | Unresolved or poorly determined | 2.38 ± 0.06 | 2.21 ± 0.03 | G76.18-VLA1 |
| G76.38-0.62 | 20 ^h 27 ^m 26 ^s .774 | 37°22'47".75 | 96 ± 2 × 54 ± 1; 108 ± 2 | 21.7 ± 0.3 | 10.90 ± 0.09 | G76.38-VLA1 |
| G78.44+2.66 | 20 ^h 19 ^m 38 ^s .849 | 40°56'36".68 | Unresolved or poorly determined | 0.21 ± 0.04 | 0.24 ± 0.02 | G78.44-VLA4 ^d |
| G78.44+2.66 | 20 ^h 19 ^m 39 ^s .600 | 40°56'31".93 | Unresolved or poorly determined | 0.24 ± 0.06 | 0.14 ± 0.02 | G78.44-VLA1 |

Masqué et al. 2017

Table 4
Derived Physical Parameters of the Compact Sources^a

| Source | T_B^b (K) | τ^c | EM^d ($10^8 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}^{-1}$) | n_e^e (10^5 cm^{-3}) | θ_{eq}^f (") | $\log(\dot{N})^g$ s^{-1} | Size (au × au) |
|-----------------|----------------|-------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| G5.97-Proplyd | 900 ± 100 | 0.10 ± 0.01 | 1.9 ± 0.2 | 4.1 ± 0.3 | 0.18 ± 0.01 | 45.05 | 330 ± 20 × 160 ± 20 |
| G5.97-Her 36 SE | ≥600 | ≥0.06 | ≥1.2 | ≥4.8 | ≤0.09 | 44.23 | ≤200 × ≤70 |
| G5.97-Her 36N | ≥600 | ≥0.06 | ≥1.1 | ≥4.6 | ≤0.087 | 44.20 | ≤200 × ≤70 |
| G20.08-VLA1 | 3300 ± 1500 | 0.4 ± 0.2 | 8 ± 4 | 6.9 ± 1.3 | 0.11 ± 0.02 | 46.22 | 520 ± 130 × 180 ± 80 |
| G28.29-VLA1 | 1200 ± 300 | 0.13 ± 0.04 | 2.6 ± 0.8 | 4.4 ± 0.7 | 0.09 ± 0.011 | 45.34 | 300 ± 50 × 270 ± 60 |
| G35.20-VLA1 | 7400 ± 700 | 1.3 ± 0.3 | 27 ± 5 | 18.4 ± 1.8 | 0.051 ± 0.002 | 45.89 | 210 ± 10 × 130 ± 10 |
| G60.88-VLA1 | ≥200 | ≥0.02 | ≥0.4 | ≥2.4 | ≤0.08 | 44.15 | ≤200 × ≤100 |
| G61.48-VLA1 | 800 ± 200 | 0.08 ± 0.02 | 1.7 ± 0.4 | 4.1 ± 0.6 | 0.104 ± 0.012 | 44.89 | 340 ± 40 × 130 ± 30 |
| G61.48-VLA2 | ≥2000 | ≥0.3 | ≥5.0 | ≥8.5 | ≤0.07 | 45.38 | ≤200 × ≤100 |
| G78.44-VLA4 | ≥600 | ≥0.06 | ≥1.1 | ≥3.9 | ≤0.07 | 44.06 | ≤300 × ≤200 |
| G78.44-VLA1 | ≥100 | ≥0.02 | ≥0.3 | ≥2.1 | ≤0.07 | 43.85 | ≤300 × ≤200 |

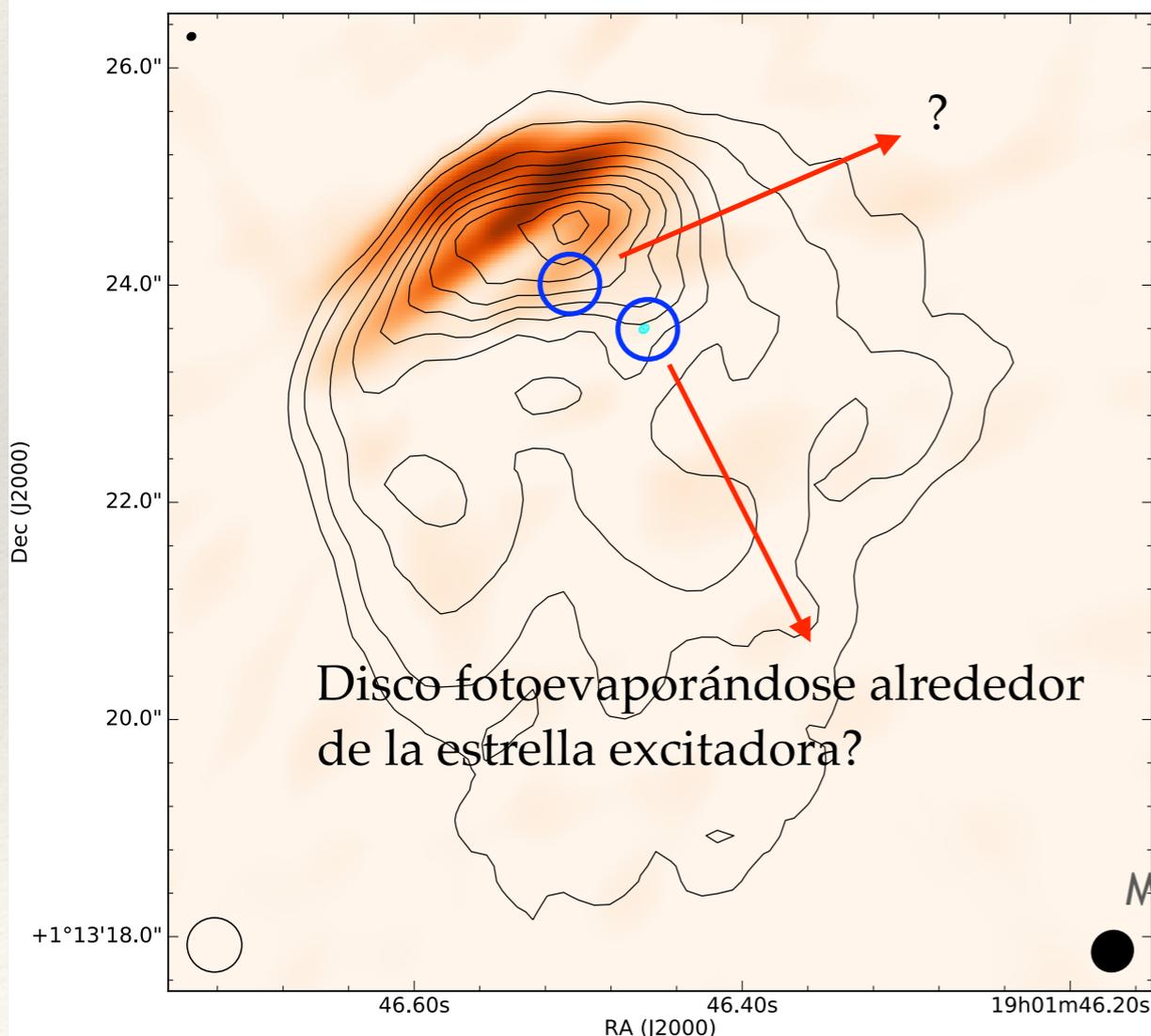
FUENTES EMBEBIDAS

Coinciden espacialmente (al menos en proyección) con la emisión de la región UCHII

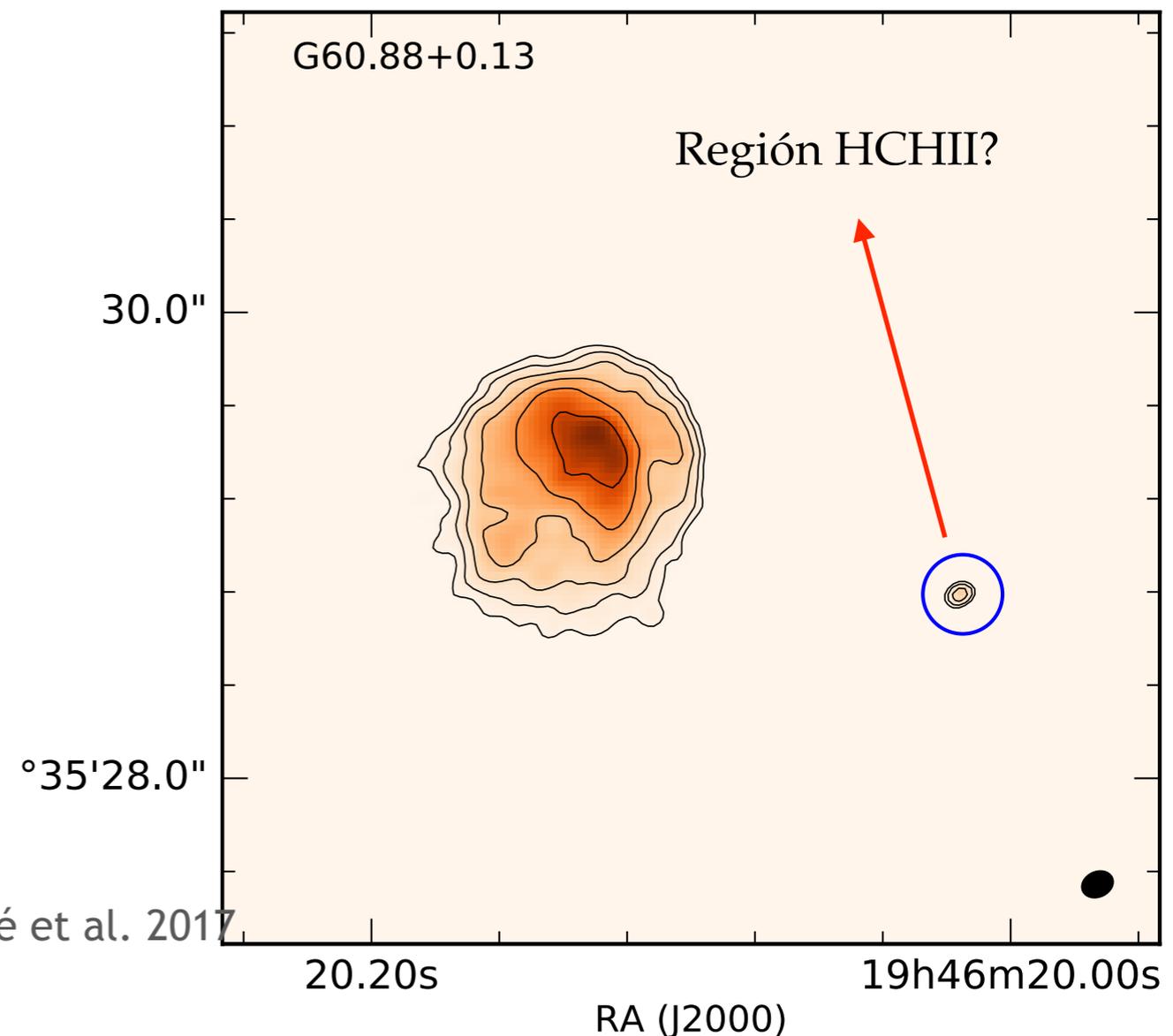
FUENTES CIRCUNDANTES

Aparecen alrededor de la región UCHII
Pueden pertenecer a la región de formación estelar pero no están directamente asociadas a la región UCHII

G35.20-1.74



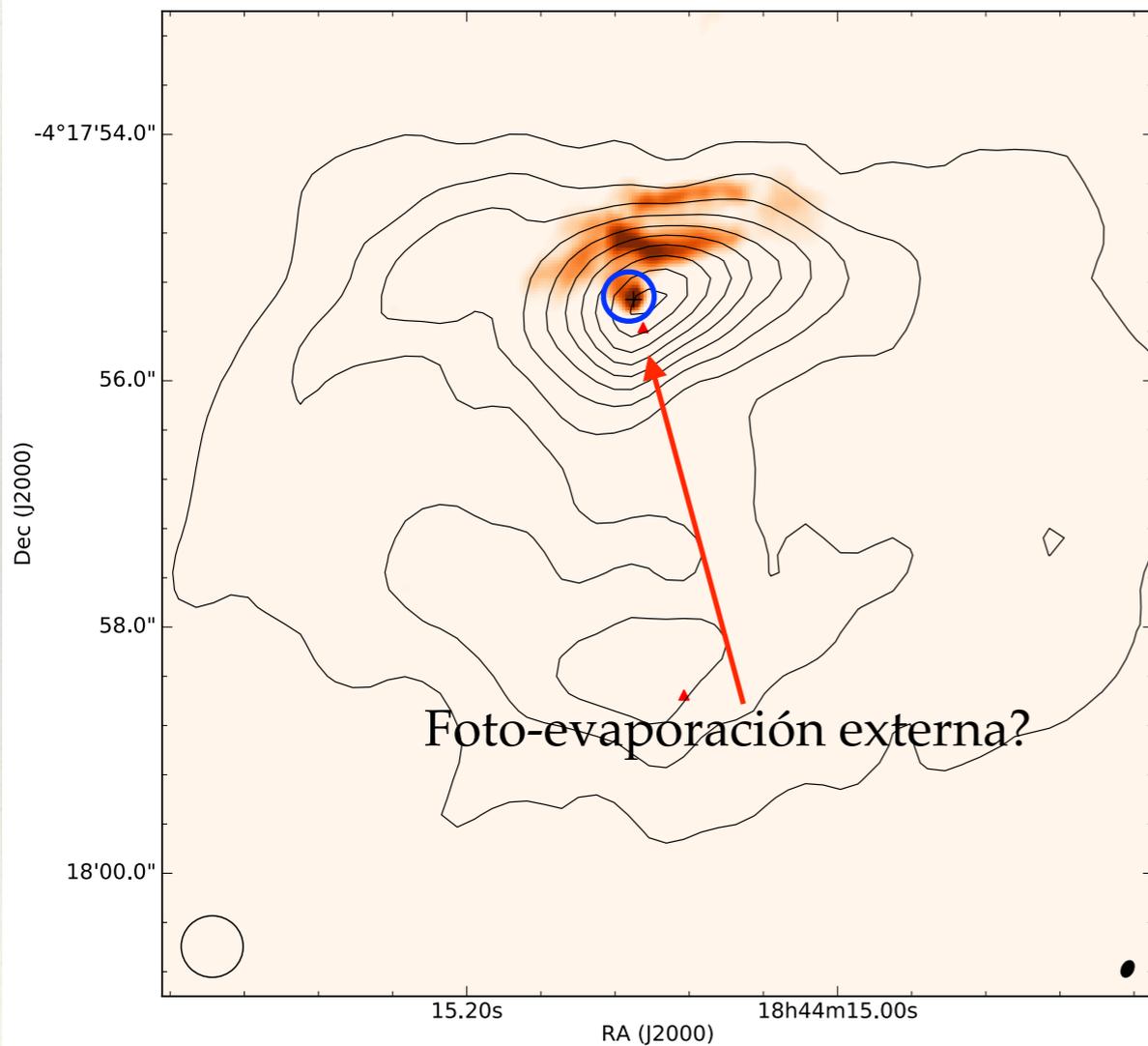
G60.88+0.13



FUENTES EMBEBIDAS

Coinciden espacialmente (al menos en proyección) con la emisión de la región UCHII

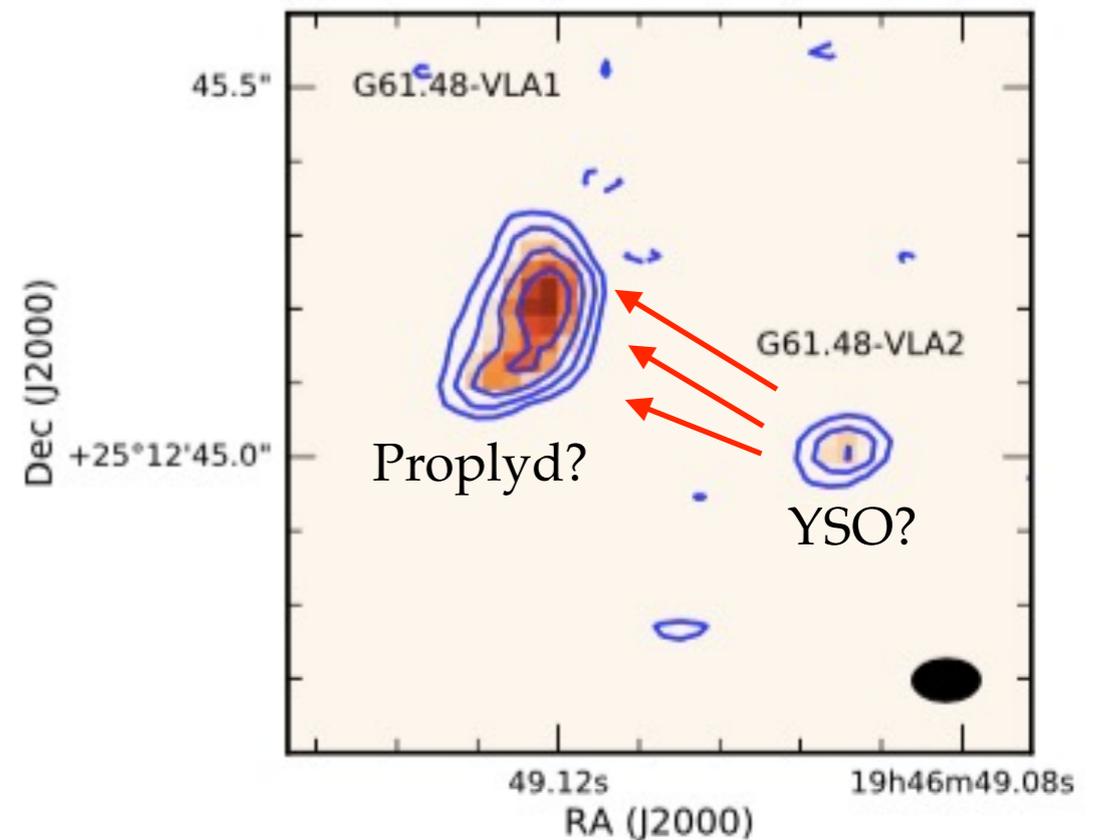
G35.20-1.74



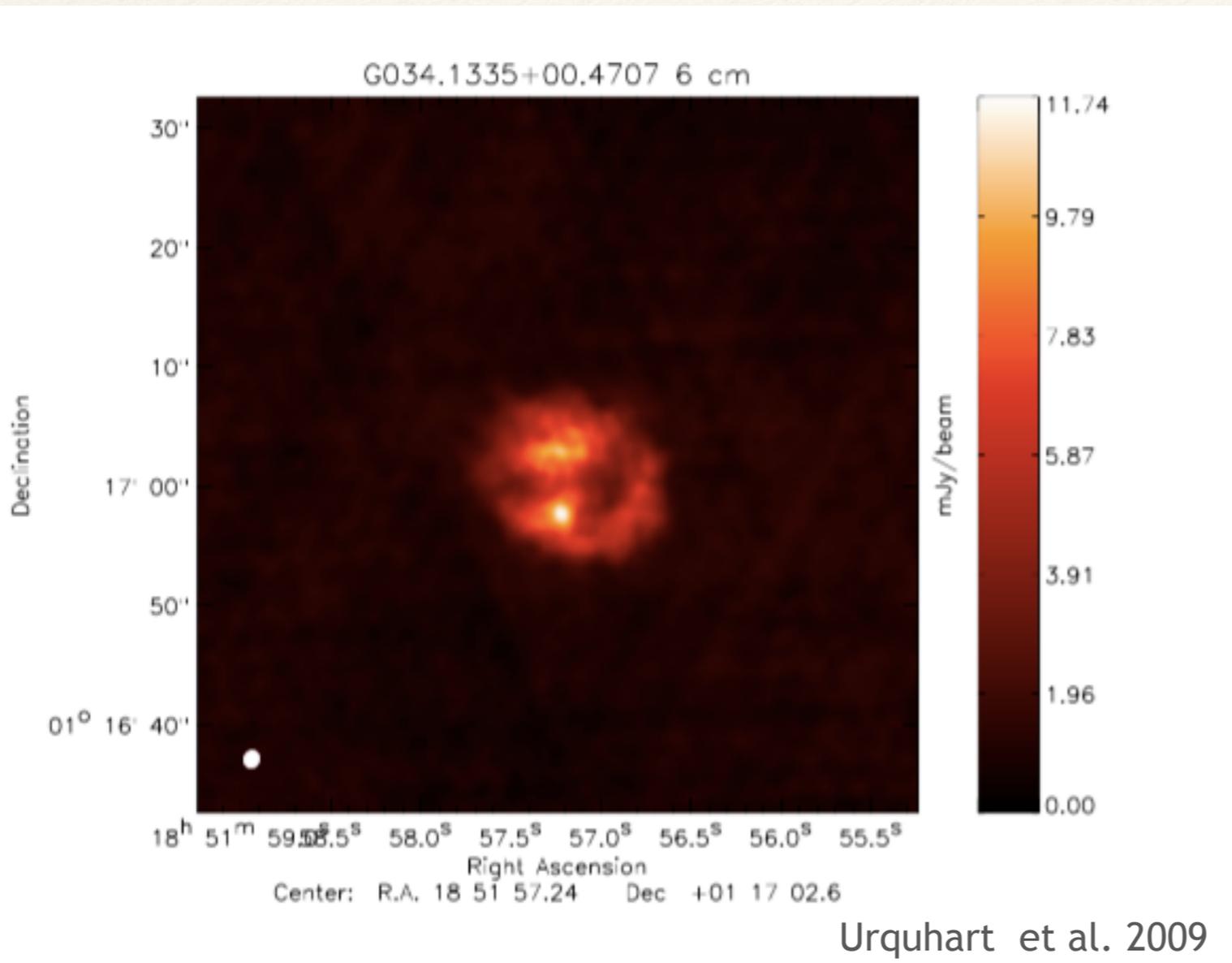
FUENTES CIRCUNDANTES

Aparecen alrededor de la región UCHII
Pueden pertenecer a la región de formación estelar pero no están directamente asociadas a la región UCHII.

G61.48-0.09-A

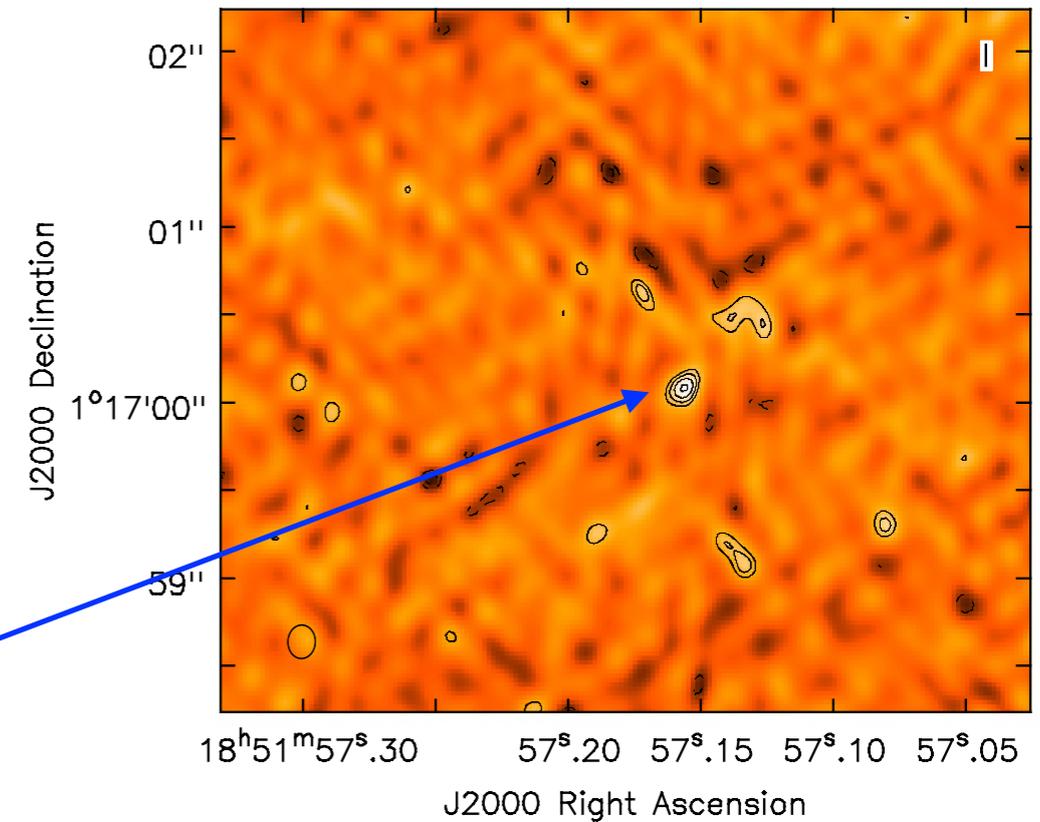
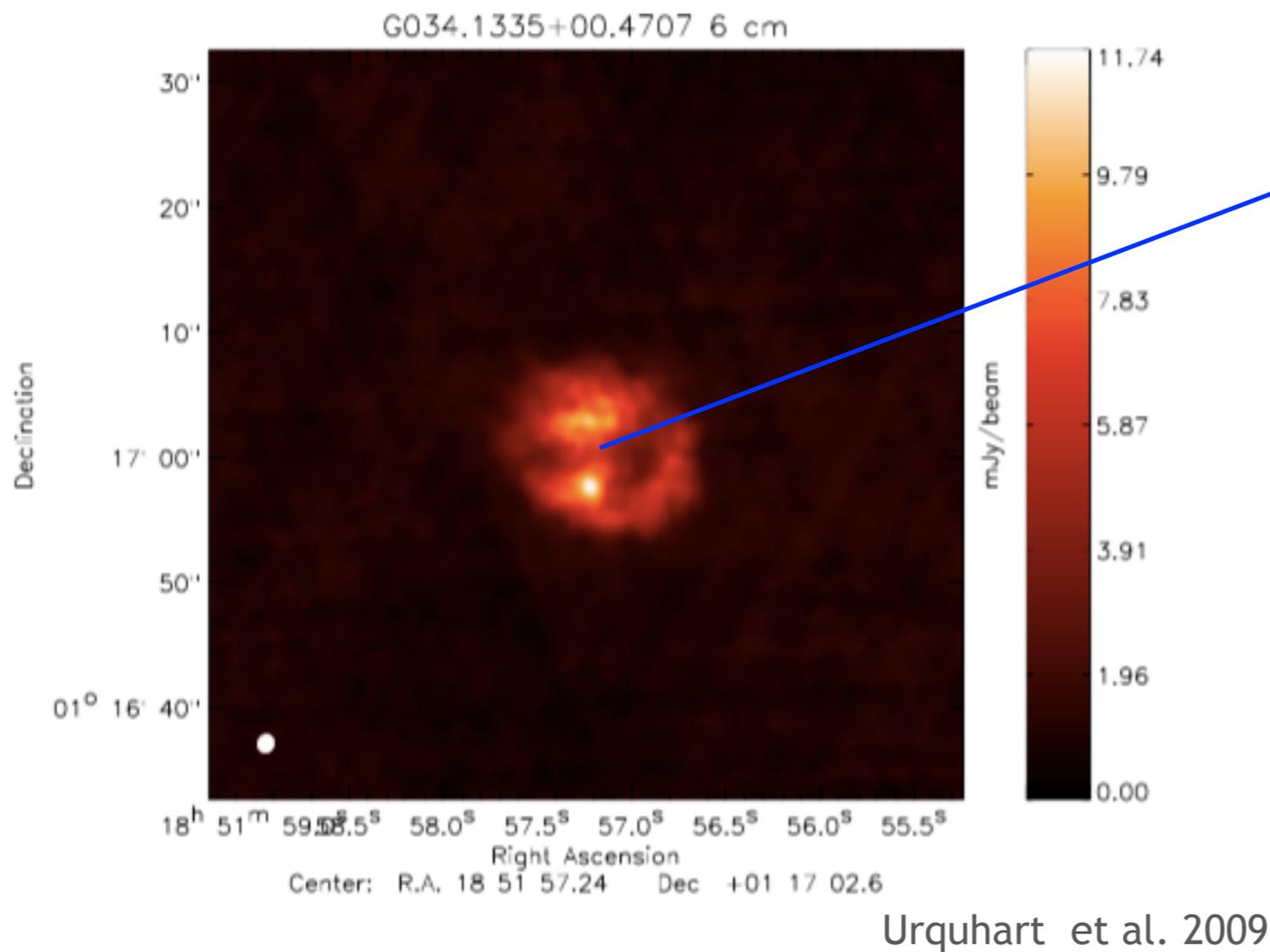


Masqué et al. 2017



Diagnóstico: TODAS las regions UCHII tienen RFCs embebidas (algunas de ellas posiblemente sean extremadamente débiles)

G34.13 >> Una RFC de 0.1 mJy de flujo
 G40.55 >> Nada (pero hay que buscar mejor)



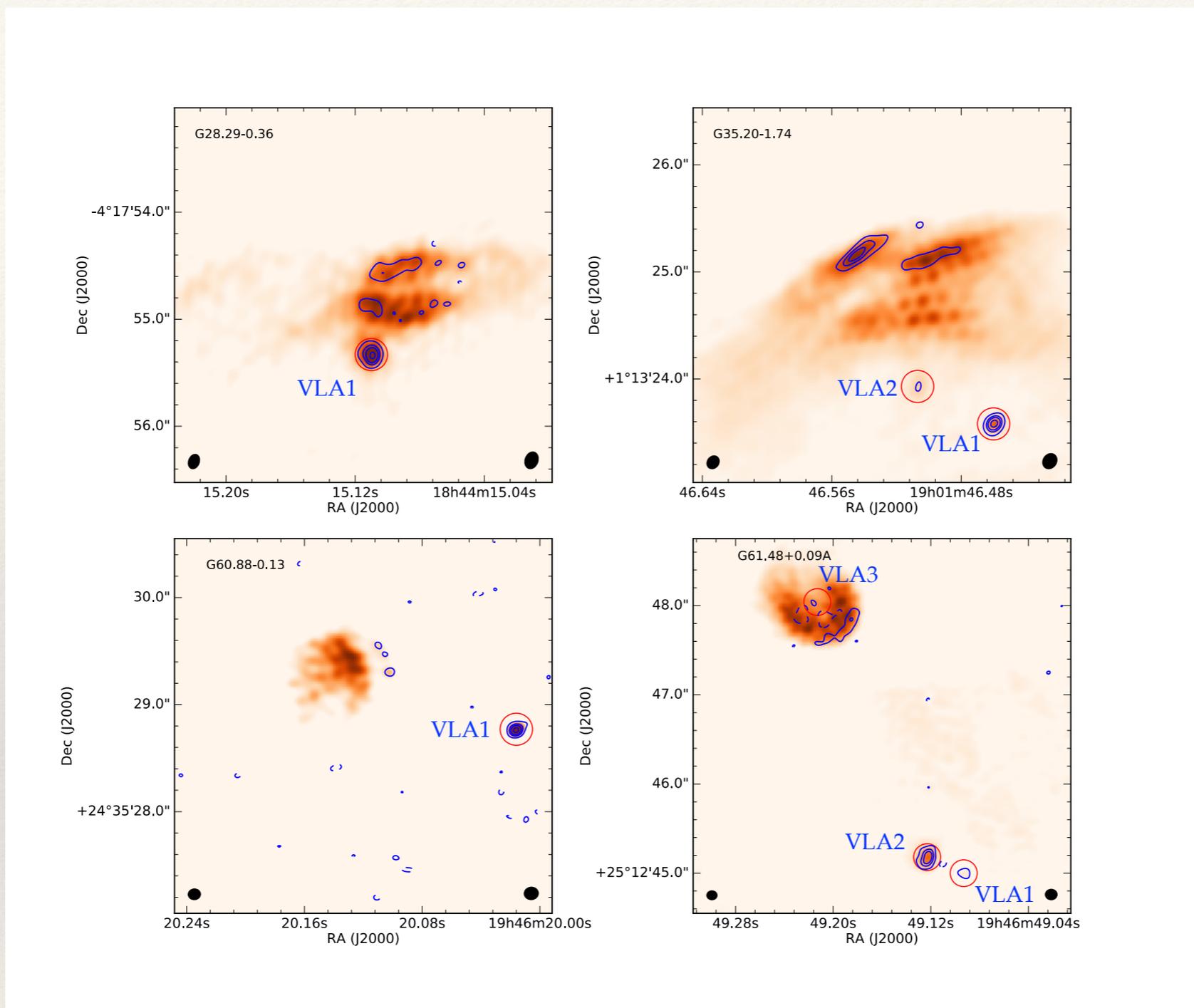
Baselines > 0.75 km

rms of 15 microJy

Tesis Doctoral de Harold Viveros

Diagnóstico: TODAS las regions UCHII tienen RFCs embebidas (algunas de ellas posiblemente sean extremadamente débiles)

Naturaleza de las RFC (7 mm@B conf.)



Datos a 7 mm y 1.3 cm tiene aproximadamente la misma resolución angular

| | | |
|-------------|-------------|-----------------------|
| G28.29-VLA1 | 0.3 (0.2) | Viento Fotoevaporante |
| G35.20-VLA1 | 0.13 (0.08) | Viento Fotoevaporante |
| G35.20-VLA2 | -0.3 | ? |
| G60.88-VLA1 | 1.6 (0.3) | HCHII |
| G61.48-VLA1 | 0.0 (0.2) | Viento Fotoevaporante |
| G61.48-VLA2 | 0.7 (0.5) | Viento (jet?) |
| G61.48-VLA3 | 0.1 | ? |

La emisión de la mayoría de RFC (50-100%) embebidas parece identificarse con el viento del material foto-evaporado

Los objetos circundantes tienen naturalezas más variadas

Weak stellar wind

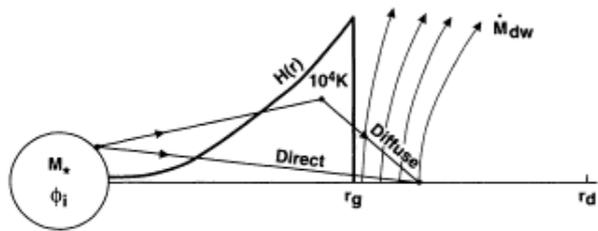
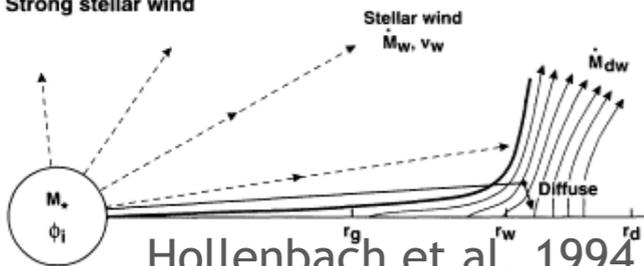


FIG. 1a

Strong stellar wind



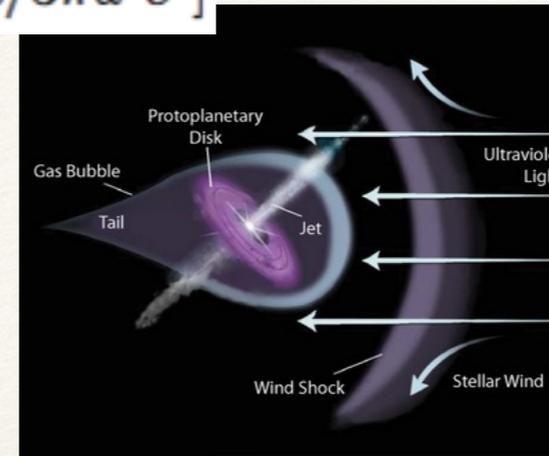
Hollenbach et al. 1994

$$J = 2J_0 / [1 + \sqrt{1 + \alpha \dot{N}_{star} R / 3\pi d^2 c^2}]$$

Spitzer et al. 1978

$$J_0 = \dot{N}_{star} / 4\pi d^2$$

$$\dot{M} = \pi R^2 J \mu m_H$$



RFC 'circundantes'

Ritmos de fotoevaporación de 10^{-6} - 10^{-7} MSun/yr

Tiempos de vida of 10^5 - 10^6 años (suponiendo 0.1 Msun)

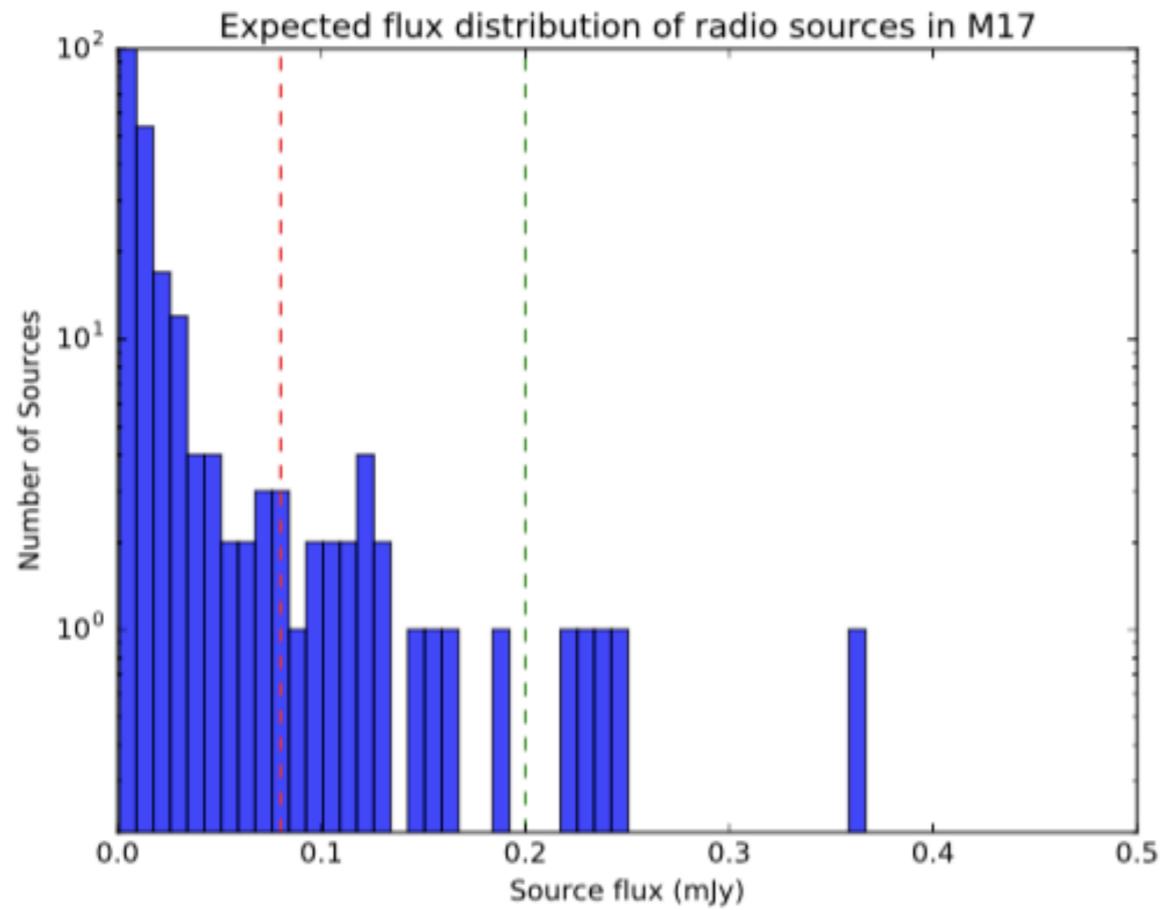
RFC 'embebidas'

Ritmos de fotoevaporación 10^{-5} - 10^{-6} MSun/yr

Tiempos de vida de 10^4 - 10^5 años (suponiendo 0.1 Msun)

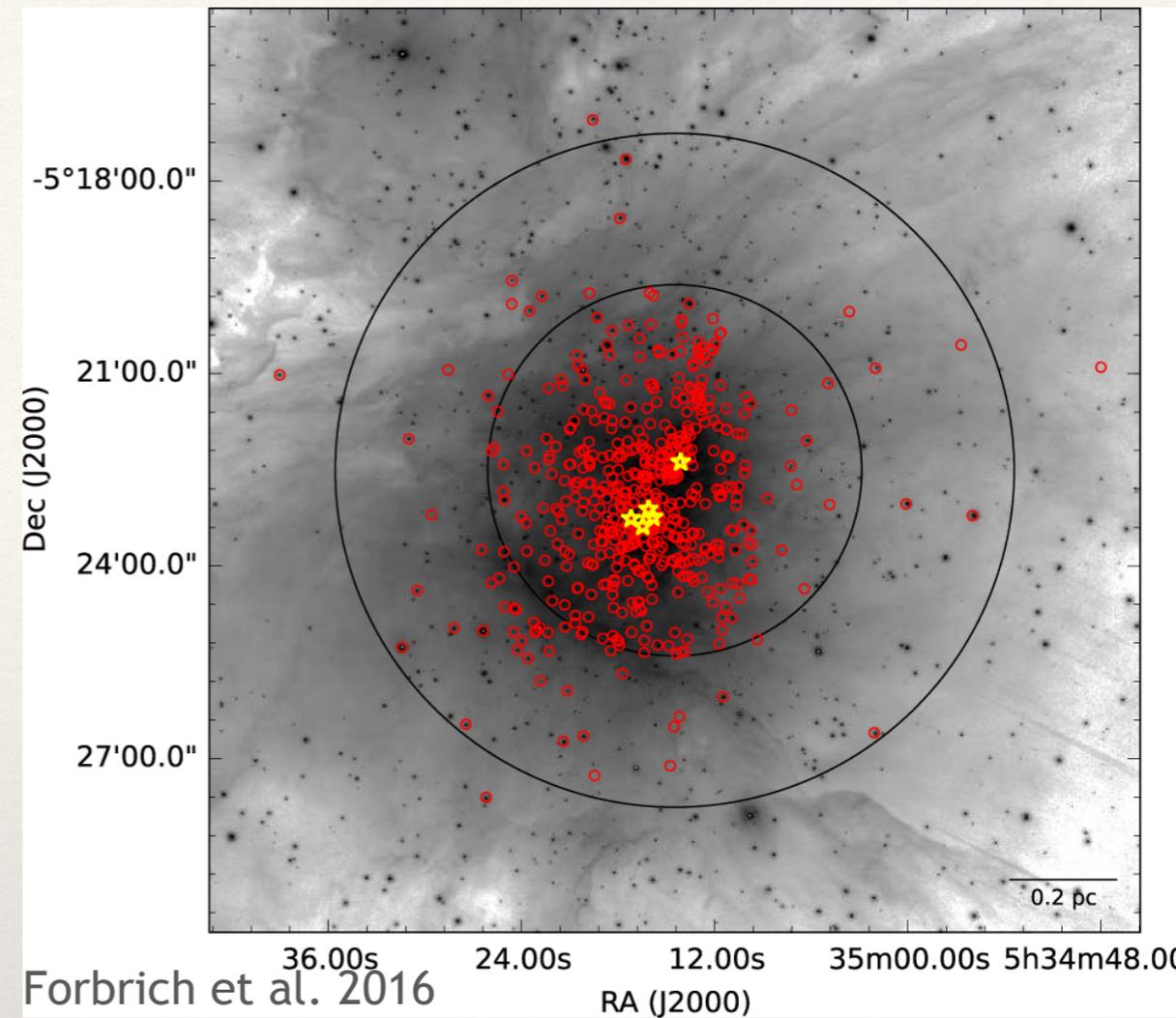
Proplyds masivos o glóbulos de gas neutro fotoevaporándose

Proplyds/glóbulos con bajo ritmo de fotoevaporación o fuentes no térmicas (objetos más evolucionados)



Población de RFC de Orion escalada a 2 kpc

Distribución Universal?



| | <i>rms (microJy/bm)</i> | <i>Nsources</i> |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| Garay et al. 1987 | 1,000 | 21 |
| Chuchwell et al. 1987 | 200 | 29 |
| Zapata et al. 2004 | 50 | 77 |
| Kounkel et al. 2014* | 60 | 374 |
| Forbrich et al. 2016 | 3** | 556 |

* Gran campo de visión

** El ruido depende de la región considerada en el mapa

- La presencia de RFCs en regiones UCHII parece ser un fenómeno común:

13 RFC en 12 regiones UCHII (Masqué et al. 2017);

7 RFC en unas 30 regiones UCHII

con una sensibilidad pobre ($rms > 0.1$ mJy/bm; Urquhuart et al. 2009)

(Tesis de Maestría de Marco Salazar)

- Algunas de las RFC embebidas en regiones UCHII pueden ser objetos fotoevaporándose con una tasa de pérdida de masa $> 10^{-6}$ Msun/yr. Bajo este escenario, la región UCHII itself sería una característica observacional debido a la gran cantidad de material que emana de la(s) RFC(s).

Esta posibilidad podría solucionar el problema de tiempo de vida de las regiones UCHII.

- Alrededor de regiones UCHII, lejos de su parte más brillante, también se encuentran RFCs. En este caso estaríamos detectando objetos foto evaporándose con una tasa de pérdida de material menor ($< 10^{-6}$ Msun/yr) o incluso objetos más evolucionados. Estudios recientes (e.g. Orión) demuestran que las regiones de formación estelar probablemente contengan una población extremadamente rica de RFCs.

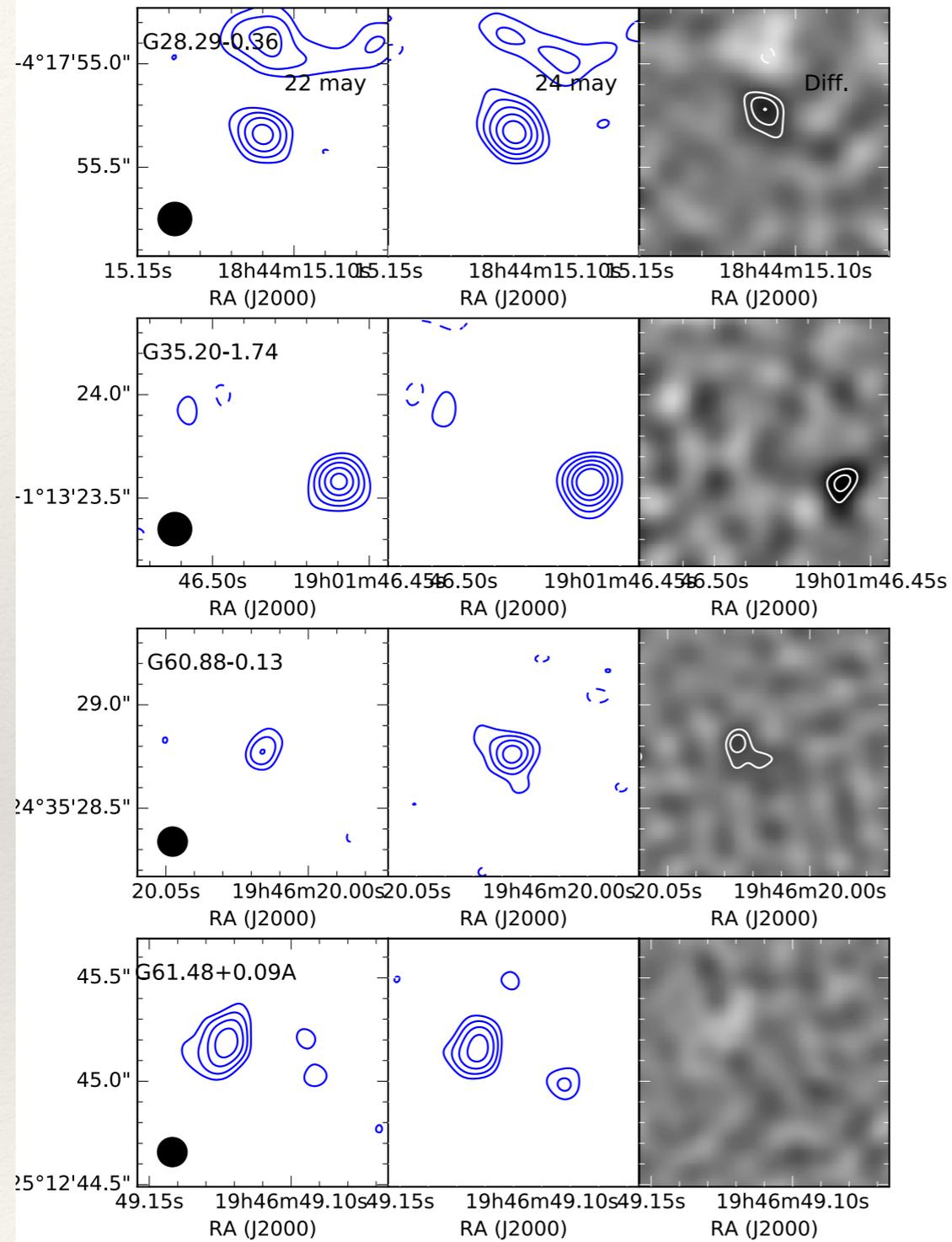
Podríamos estar vislumbrando una versión primordial de la población estelar de la Galaxia

- **Líneas futuras:** Necesitamos modelar las RFC! (e.g. emisión molecular o máser, Tesis de Doctorado de Harold Viveros).

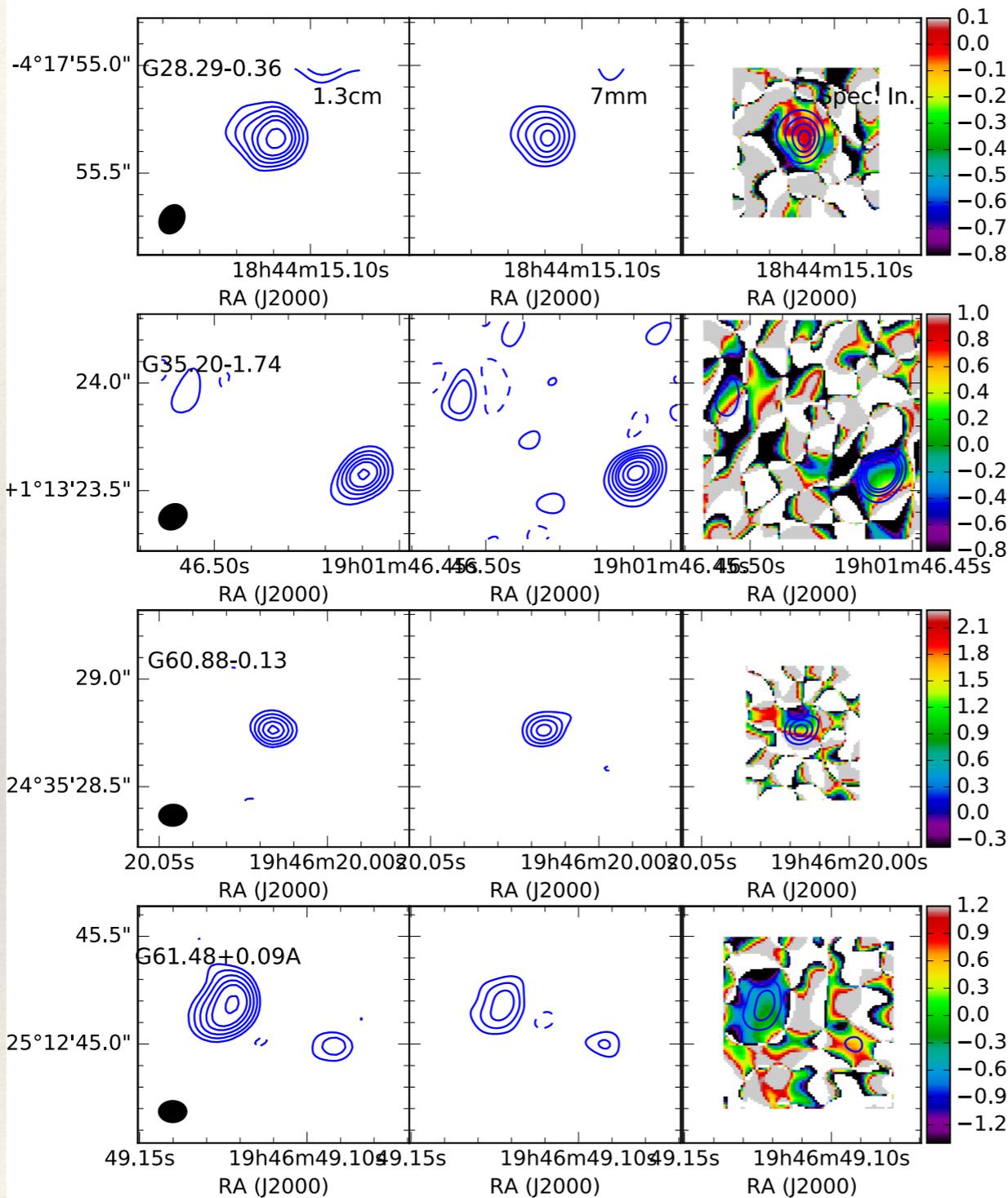


**MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN**

Carina Nébula
Flickr: Llacertae



Variación temporal en dos días
de diferencia (radioestrella?)



Pequeños gradientes de índice espectral (¿?)