

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

**Josep Maria Masqué Saumell**

**Departamento de Astronomía  
Universidad de Guanajuato**

## **Colaboradores:**

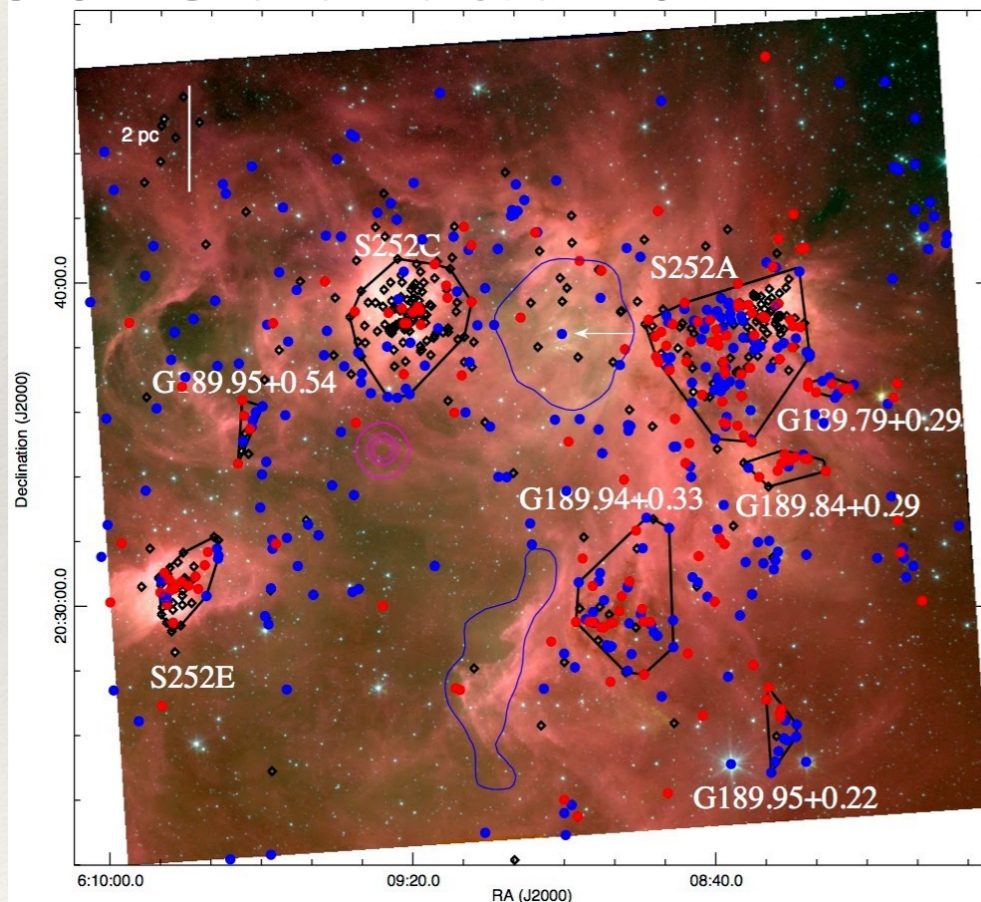
**Universidad de Guanajuato:** Miguel Angel Trinidad, Carlos A. Rodríguez, Harold Viveros  
**Instituto de RadioAstronomía y Astrofísica (UNAM):** Luís F. Rodríguez, Stan Kurtz,  
Laurent Loinard

**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



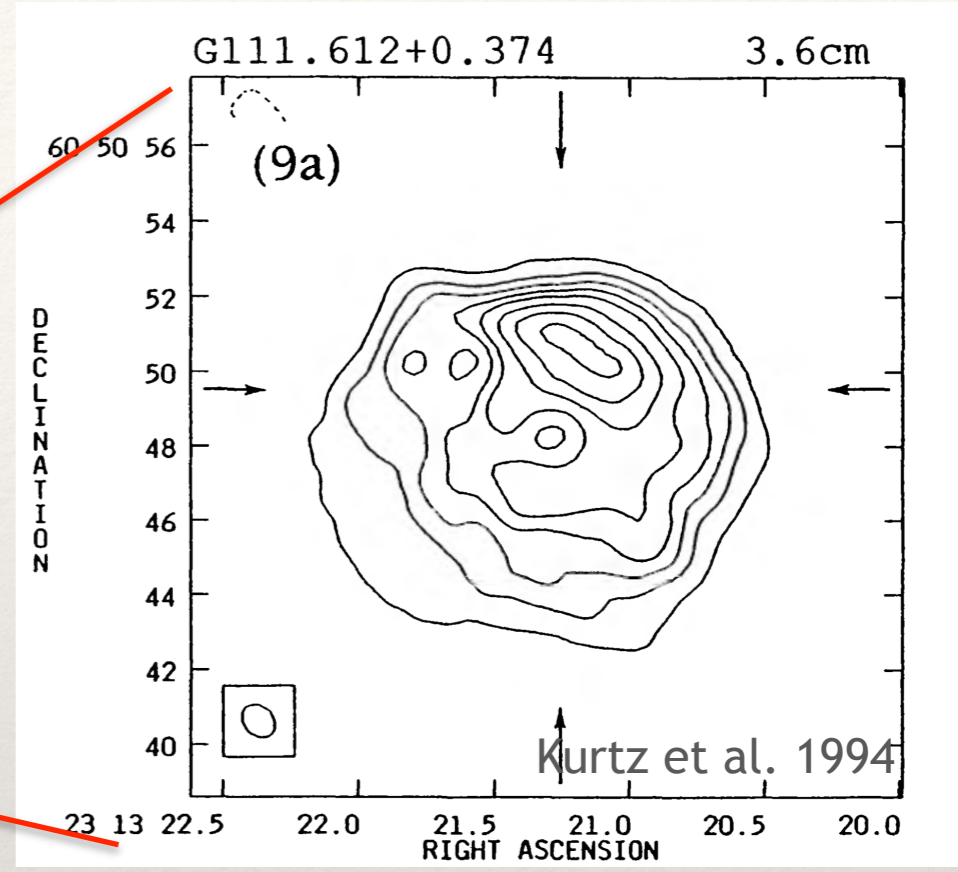
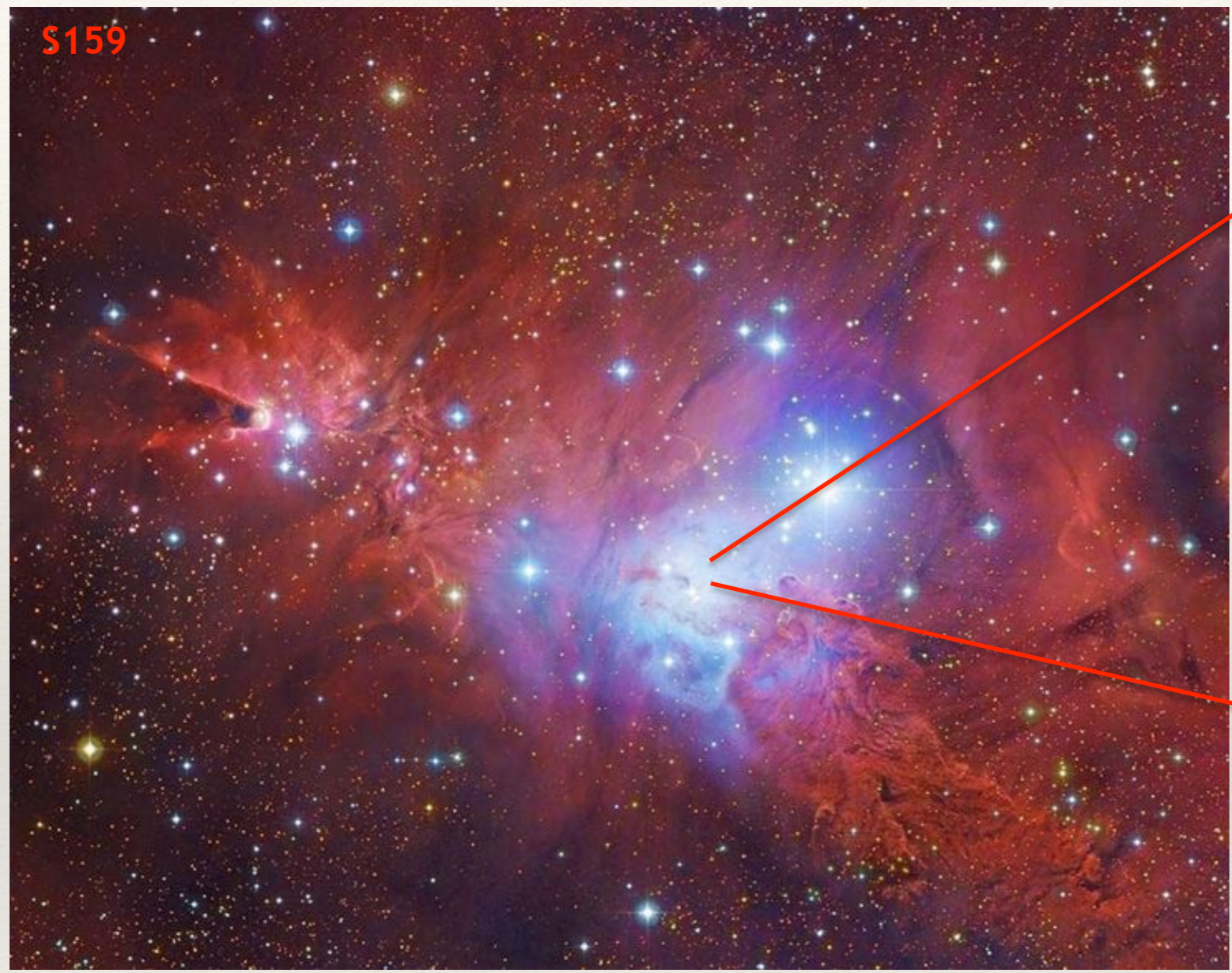
Las regiones de formación estelar masiva son los principales precursores de la población estelar actual de la Galaxia

## REGIONES HII



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

## REGIONES HII ULTRA-COMPACTAS

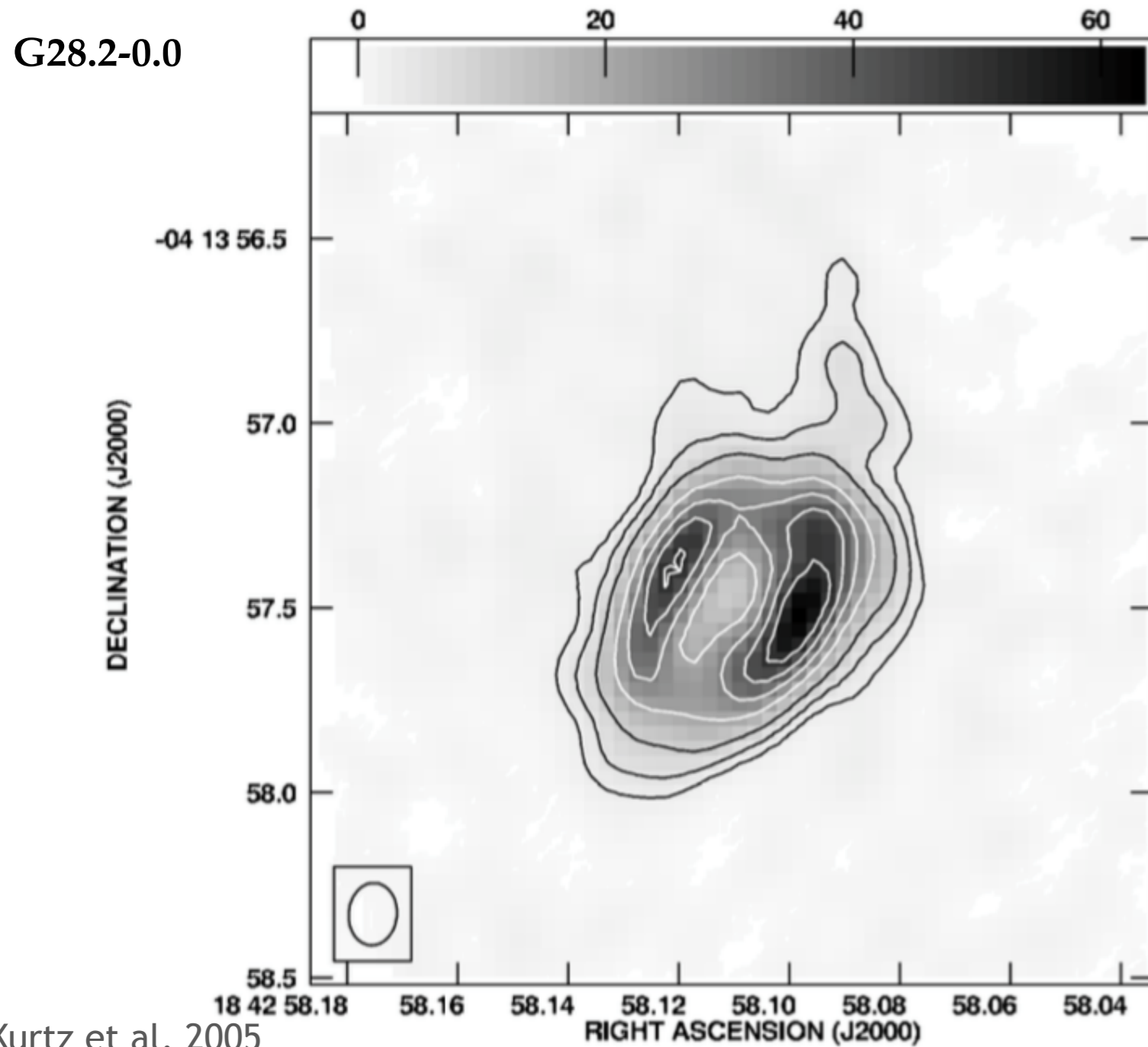


Tiempo de vida esperado  $10^4$  yr\*

- Tamaños  $< 0.1$  pc
- Densidades electrónicas  $> 10^4$  cm<sup>-3</sup>
- 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<sup>-3</sup>  
Masa ionizada 0.001 Msun

Secuencia evolutiva

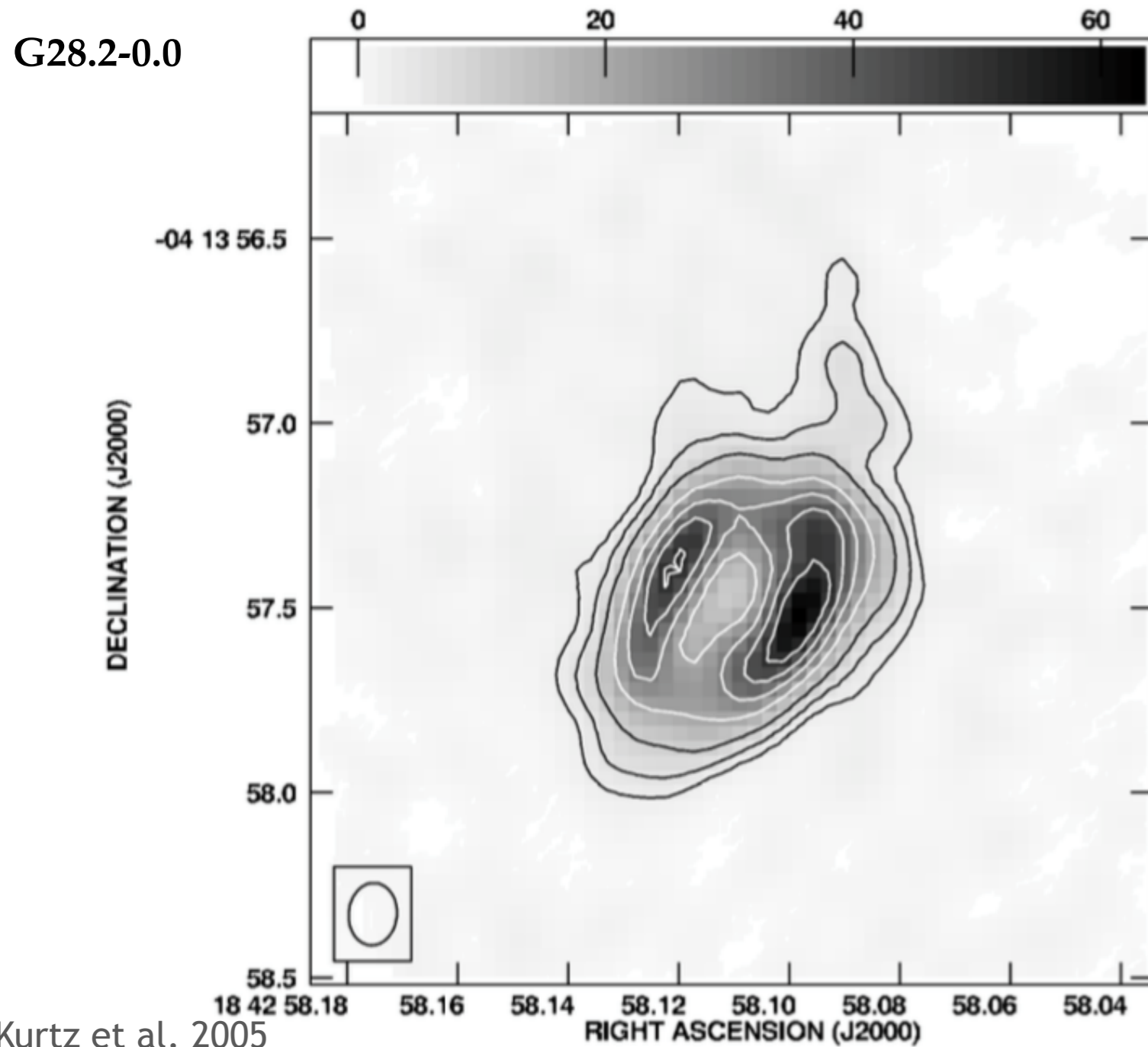
**UCHII**



**HCHII**

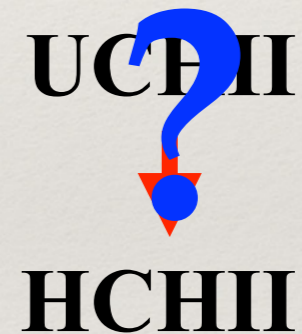
Se conocen muy pocas regiones HCHII (e.g. Sánchez-Monge et al. 2011)

## REGIONES HII HIPER-COMPACTAS



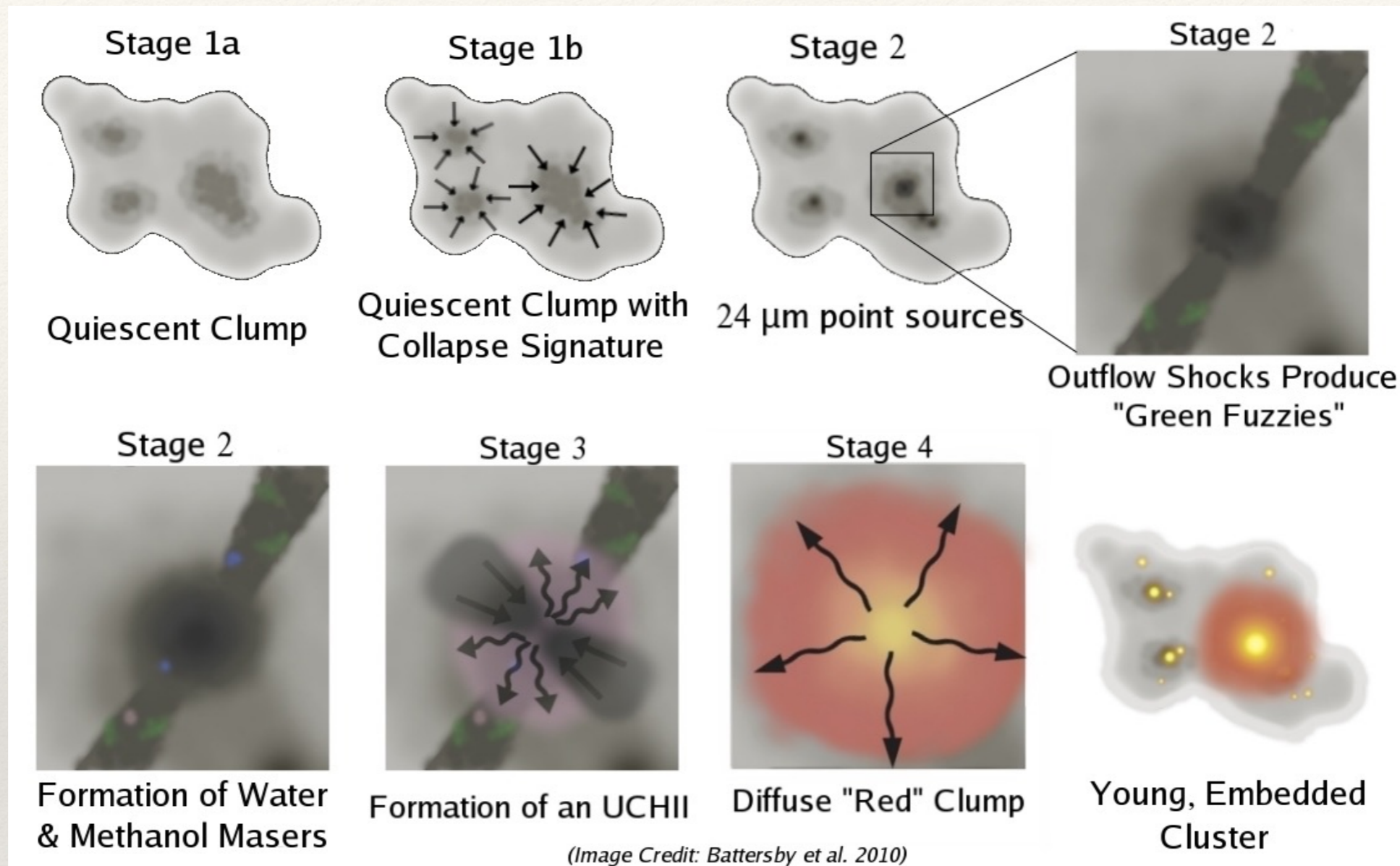
Tamaños  $< 0.03$  pc  
Densidades electrónicas  $> 10^6$  cm<sup>-3</sup>  
Masa ionizada 0.001 Msun

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:

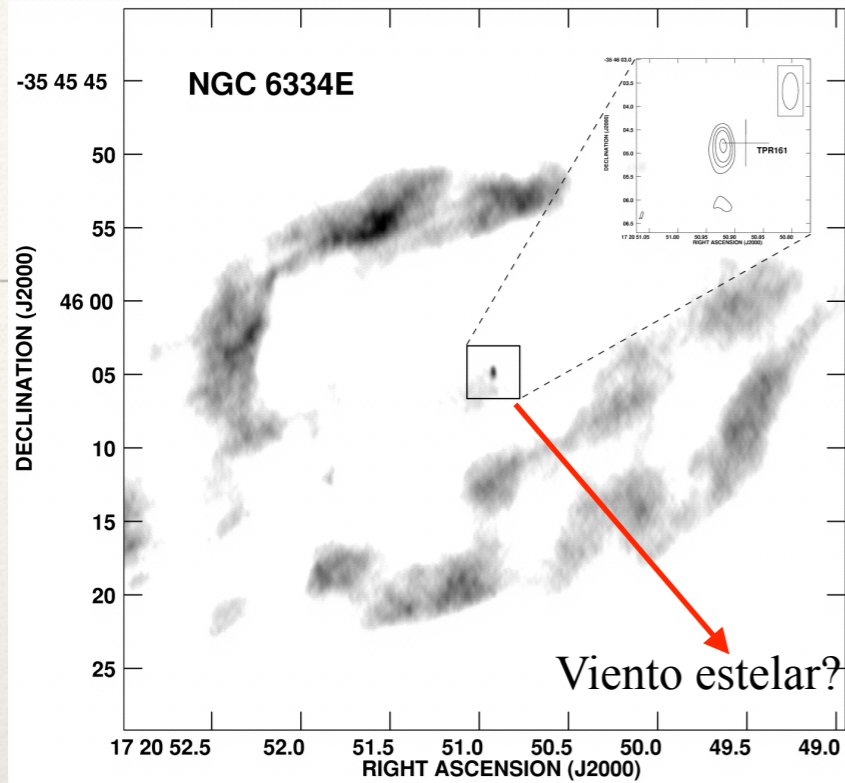
- Las regiones UCHII (or HCHII) están ligadas gravitacionalmente por la estrella masiva (Keto 2002, 2003).
- Dentro del escenario de acreción competitiva, una gran cantidad del material de la nube ambiente cae continuamente sobre la protoestrella masiva ‘ahogando’ la expansión de la región UCHII (e.g. 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...

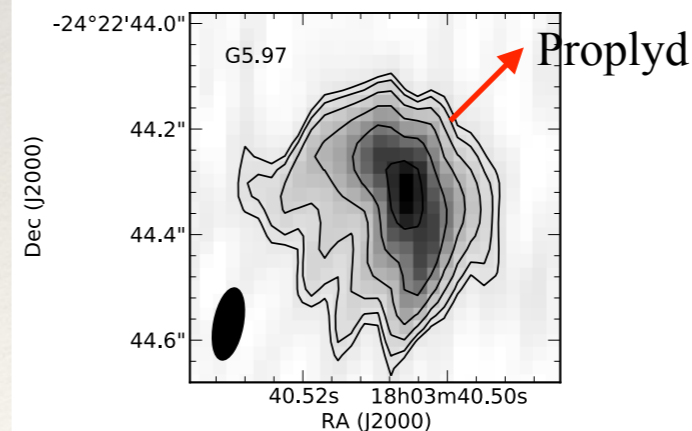
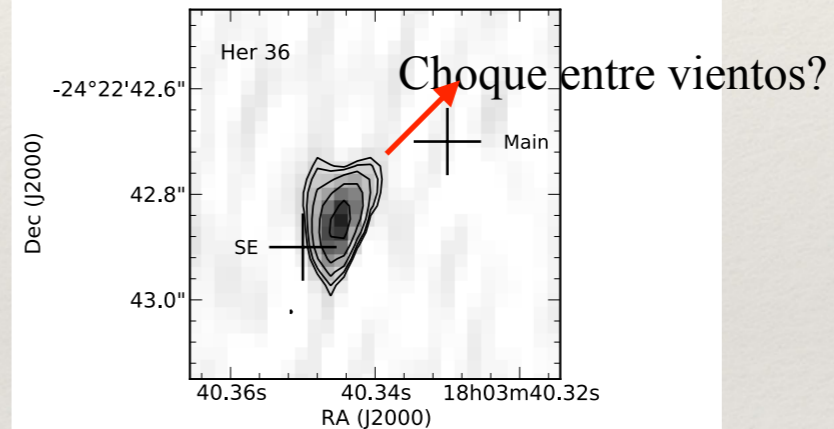
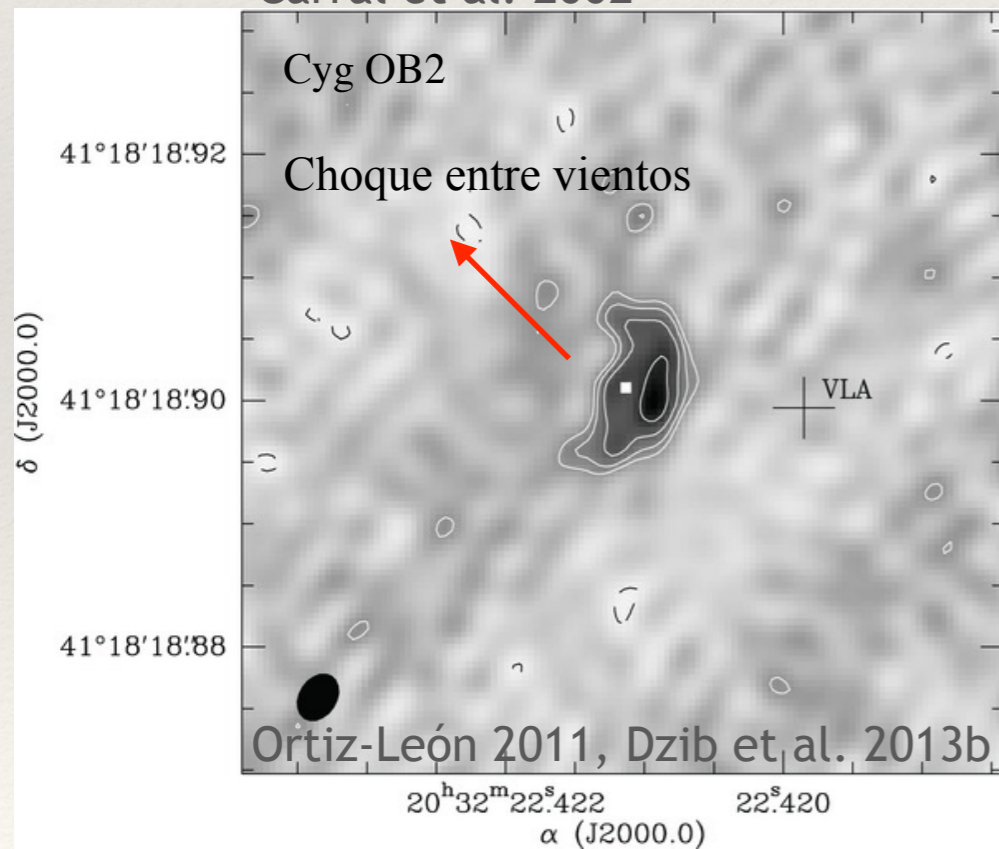
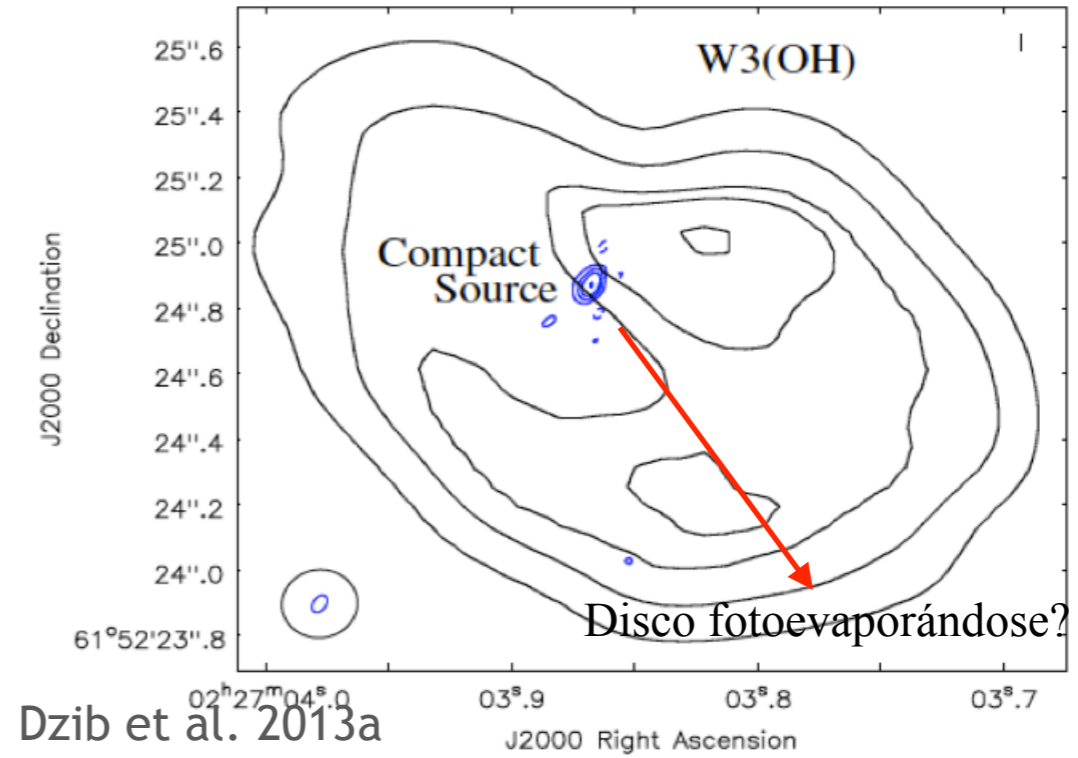
**Necesitamos resolver la subestructura de las regiones UCHII**



# 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	$\sim 1$	No	No	Various	Internal
Ionized globule	Free-free	$\sim -0.1$	No	No	Cometary	External
Proplyds	Free-free	$\sim -0.1$	No	No	Cometary	External
Jet	Free-free	$\sim 0.6$	No	Yes	Elongated	Internal
Spherical wind	Free-free	$\sim 0.6$	No	No	Unresolved	Internal
Low-mass protostars	Gyrosynchrotron	$-2 - +2$	Circular	Yes	Unresolved	Internal
Massive binary stars	Synchrotron	$\sim -0.7$	Linear	Yes	Cometary	Internal

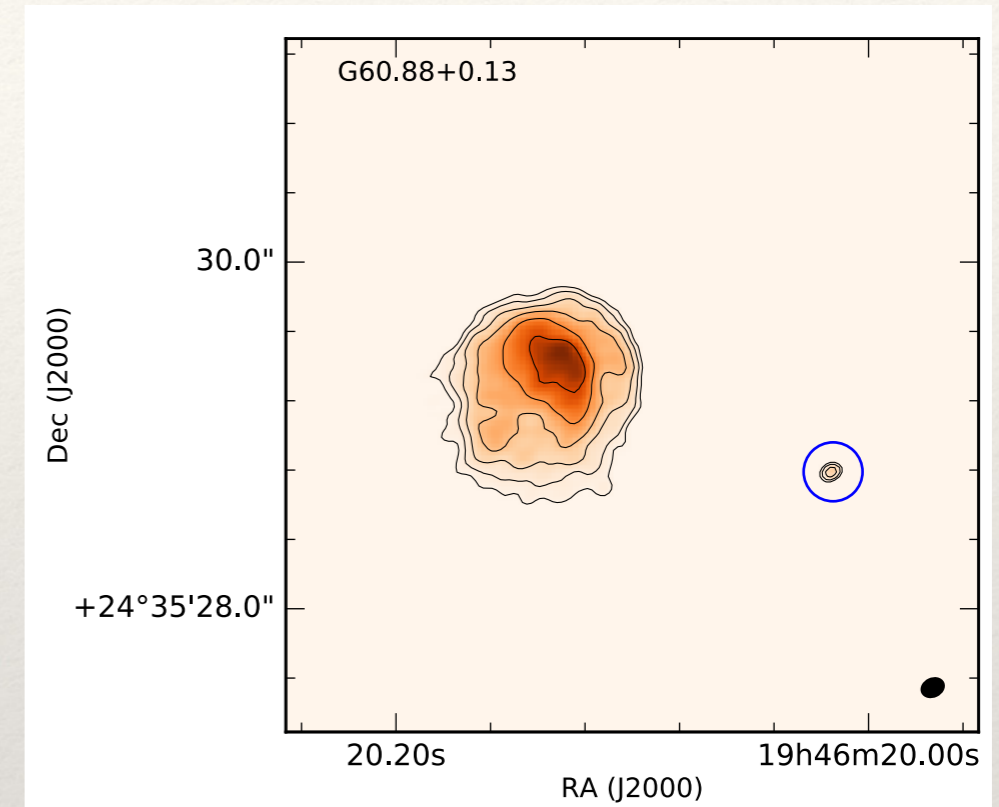
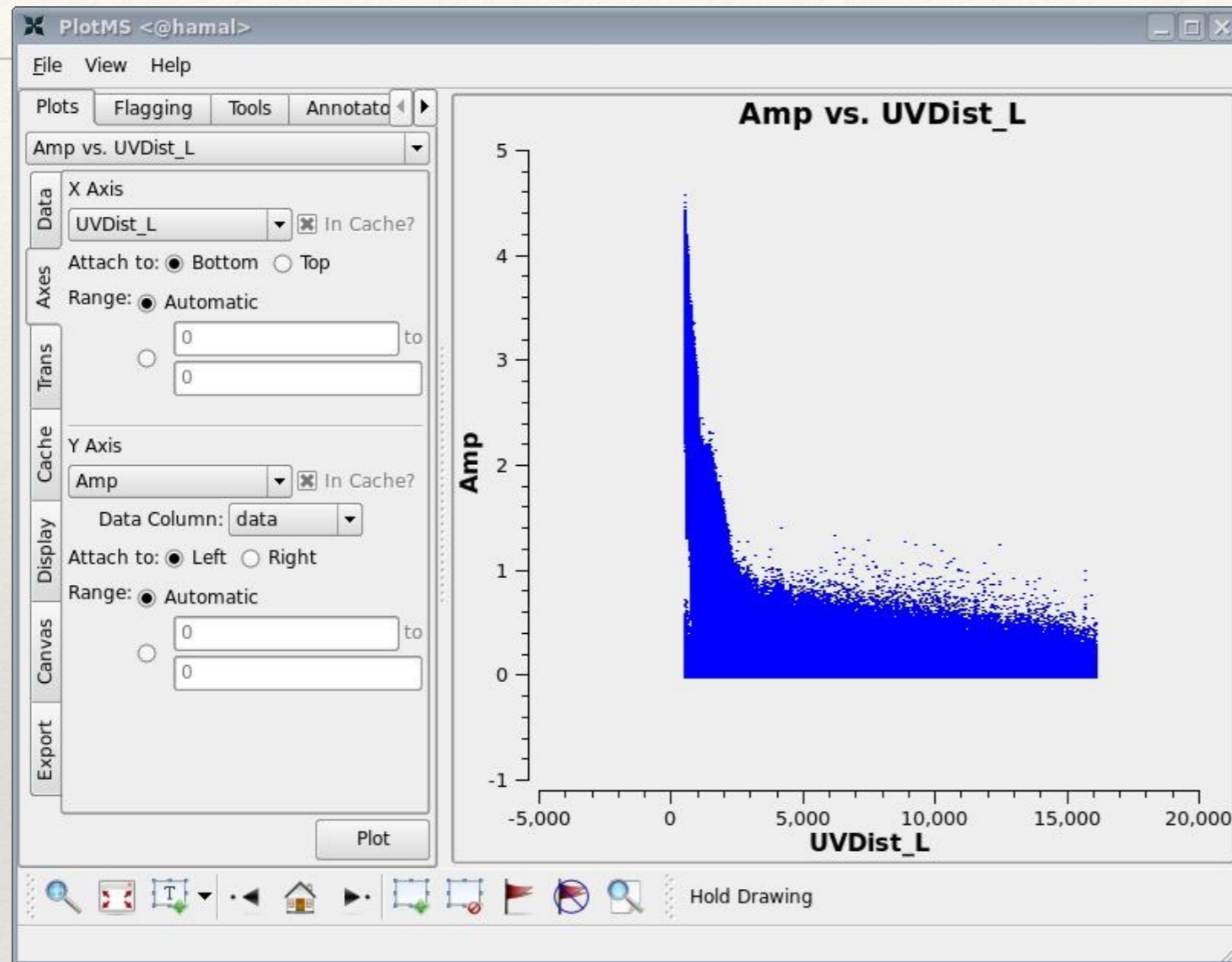


Necesitamos observar con:

- 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**

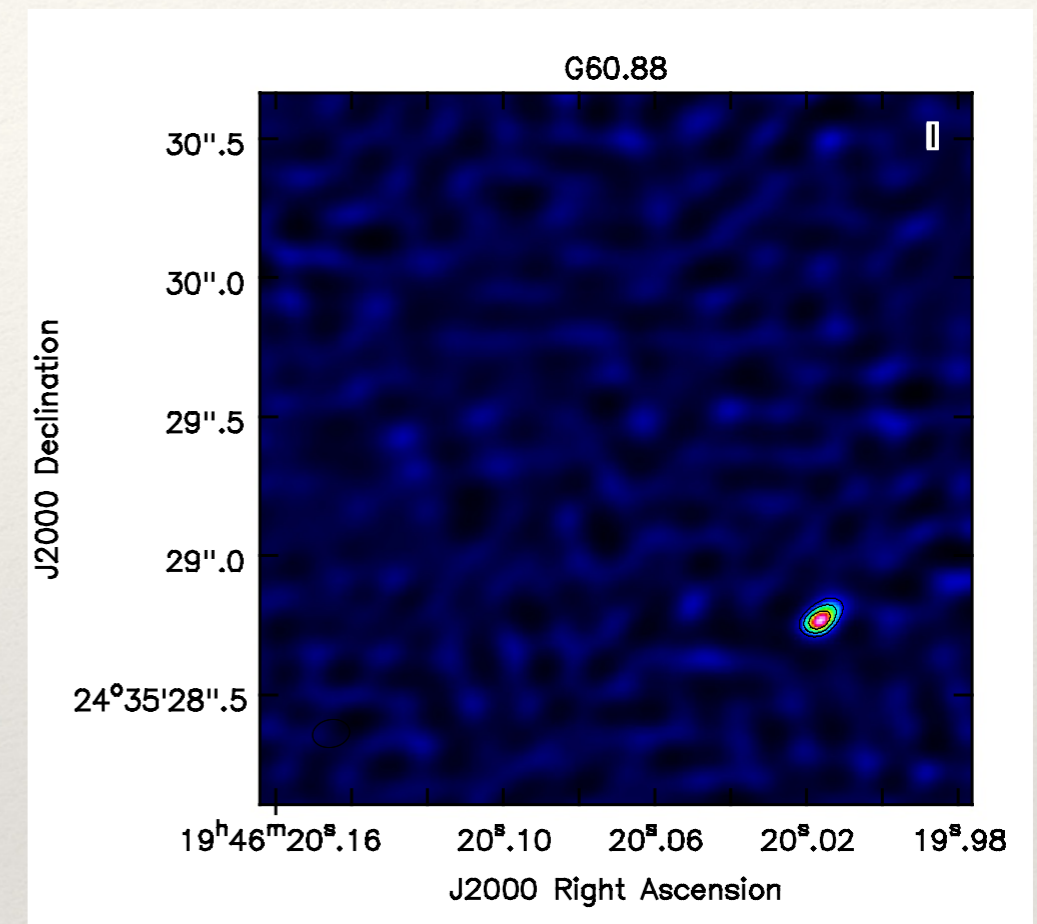
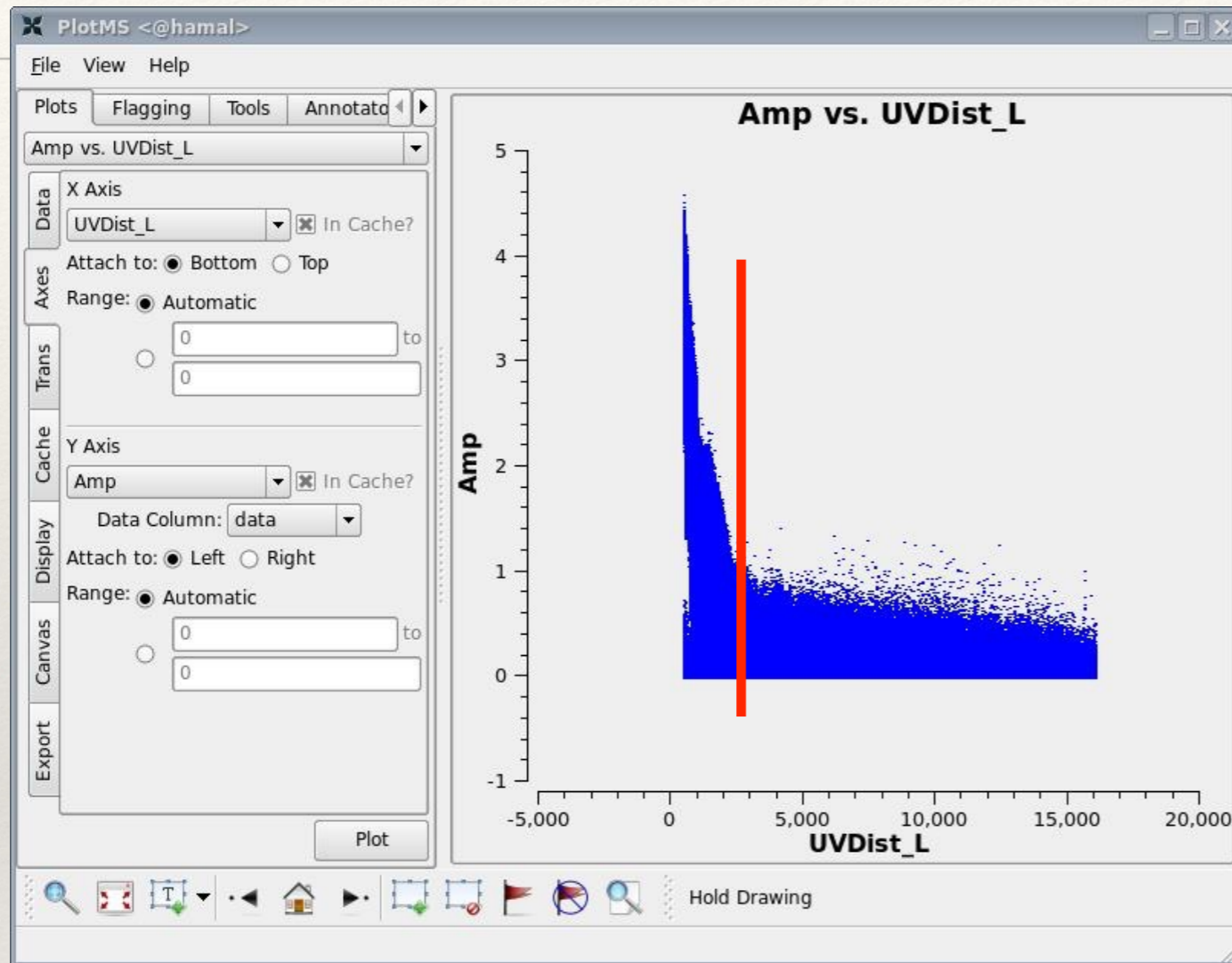
## OBSERVACIONES INTERFEROMÉTRICAS



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<sup>a</sup>

Region	Coordinates		$\theta_M \times \theta_m$ ; P.A. <sup>b</sup> (mas × mas; °)	$S_{1.3\text{cm}}$ (mJy)	$I_{1.3\text{cm}}^{\text{Peak}}$ (mJy $\text{bm}^{-1}$ )	Adopted Name
	$\alpha$ (J2000)	$\delta$ (J2000)				
G5.97-1.17	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .506	-24°22'44".33	255 ± 12 × 126 ± 12; 23 ± 5	8.0 ± 0.4	1.40 ± 0.06	G5.97 proplyd <sup>c</sup>
G5.97-1.17	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> .849	40°56'36".68	Unresolved or poorly determined	0.21 ± 0.04	0.24 ± 0.02	G78.44-VLA4 <sup>d</sup>
G78.44+2.66	20 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> .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<sup>a</sup>

Source	$T_B^b$ (K)	$\tau^c$	$EM^d$ ( $10^8 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}^{-1}$ )	$n_e^e$ ( $10^5 \text{ cm}^{-3}$ )	$\theta_{\text{eq}}^f$ (")	$\log(\dot{N})^g$ $\text{s}^{-1}$	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<sup>a</sup>

Region	Coordinates		$\theta_M \times \theta_m$ ; P.A. <sup>b</sup> (mas × mas; °)	$S_{1.3\text{cm}}$ (mJy)	$I_{1.3\text{cm}}^{\text{Peak}}$ (mJy $\text{bm}^{-1}$ )	Adopted Name
	$\alpha$ (J2000)	$\delta$ (J2000)				
G5.97-1.17	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .506	-24°22'44".33	255 ± 12 × 126 ± 12; 23 ± 5	8.0 ± 0.4	1.40 ± 0.06	G5.97 proplyd <sup>c</sup>
G5.97-1.17	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> .849	40°56'36".68	Unresolved or poorly determined	0.21 ± 0.04	0.24 ± 0.02	G78.44-VLA4 <sup>d</sup>
G78.44+2.66	20 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> .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<sup>a</sup>

Source	$T_B^b$ (K)	$\tau^c$	$EM^d$ ( $10^8 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}^{-1}$ )	$n_e^e$ ( $10^5 \text{ cm}^{-3}$ )	$\theta_{\text{eq}}^f$ (")	$\log(\dot{N})^g$ $\text{s}^{-1}$	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<sup>a</sup>

Region	Coordinates		$\theta_M \times \theta_m$ ; P.A. <sup>b</sup> (mas × mas; °)	$S_{1.3\text{cm}}$ (mJy)	$I_{1.3\text{cm}}^{\text{Peak}}$ (mJy $\text{bm}^{-1}$ )	Adopted Name
	$\alpha$ (J2000)	$\delta$ (J2000)				
G5.97-1.17	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .506	-24°22'44".33	255 ± 12 × 126 ± 12; 23 ± 5	8.0 ± 0.4	1.40 ± 0.06	G5.97 proplyd <sup>c</sup>
G5.97-1.17	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .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 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> .849	40°56'36".68	Unresolved or poorly determined	0.21 ± 0.04	0.24 ± 0.02	G78.44-VLA4 <sup>d</sup>
G78.44+2.66	20 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> .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<sup>a</sup>

Source	$T_B^b$ (K)	$\tau^c$	$EM^d$ ( $10^8 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}^{-1}$ )	$n_e^e$ ( $10^5 \text{ cm}^{-3}$ )	$\theta_{\text{eq}}^f$ (")	$\log(\dot{N})^g$ $\text{s}^{-1}$	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



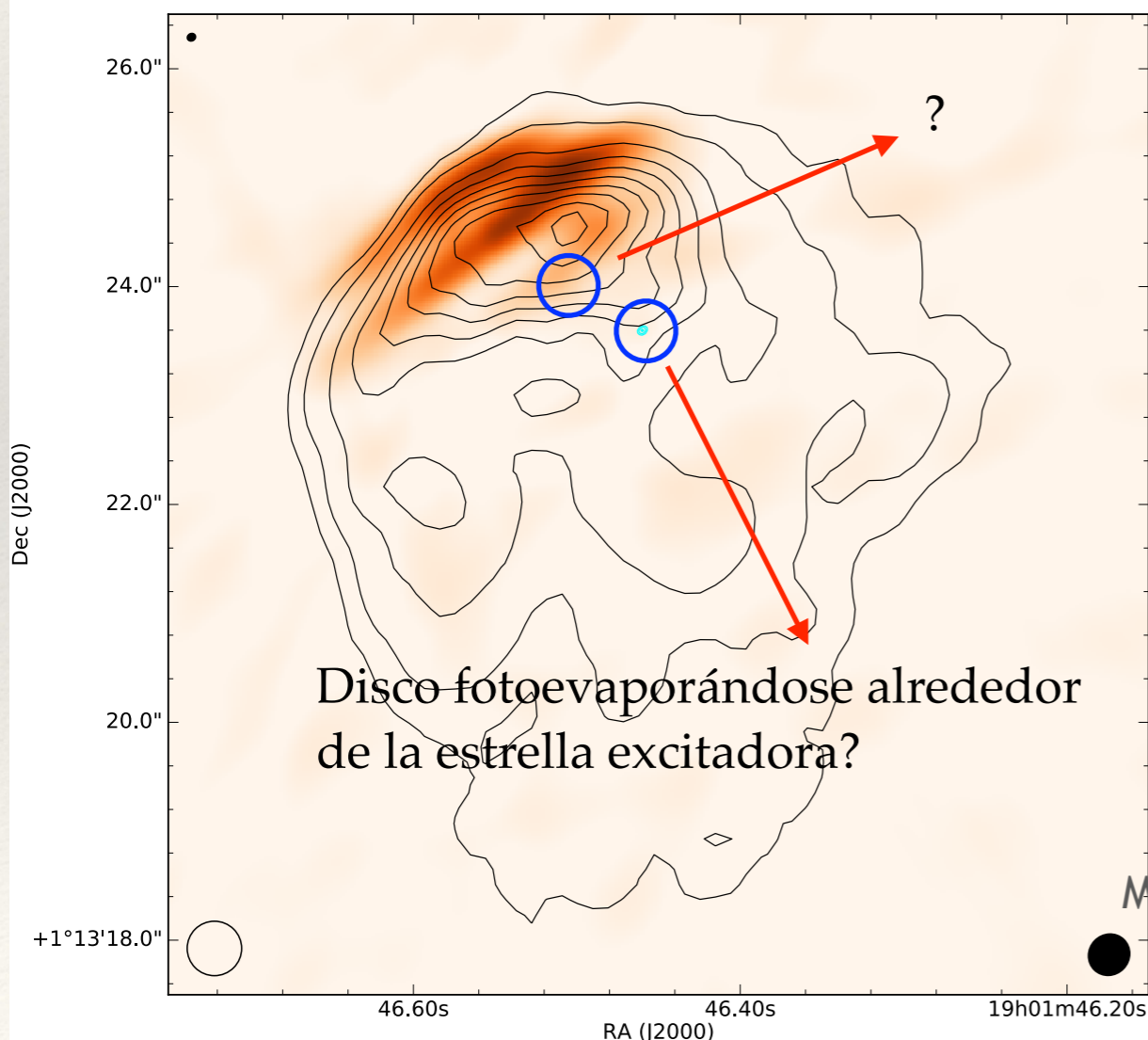
## FUENTES EMBEBIDAS

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

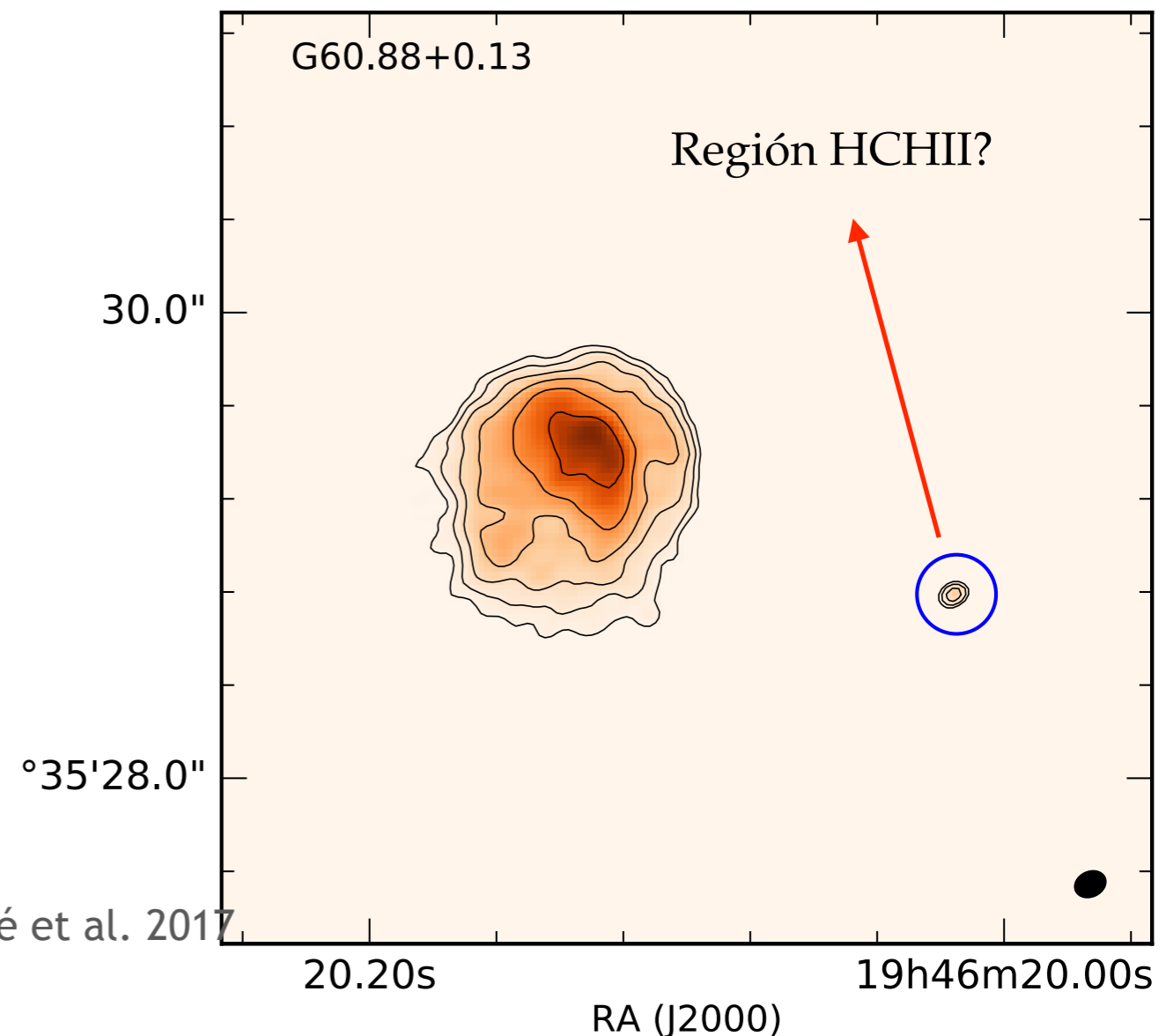
## FUENTES CIRCUNDANTES

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



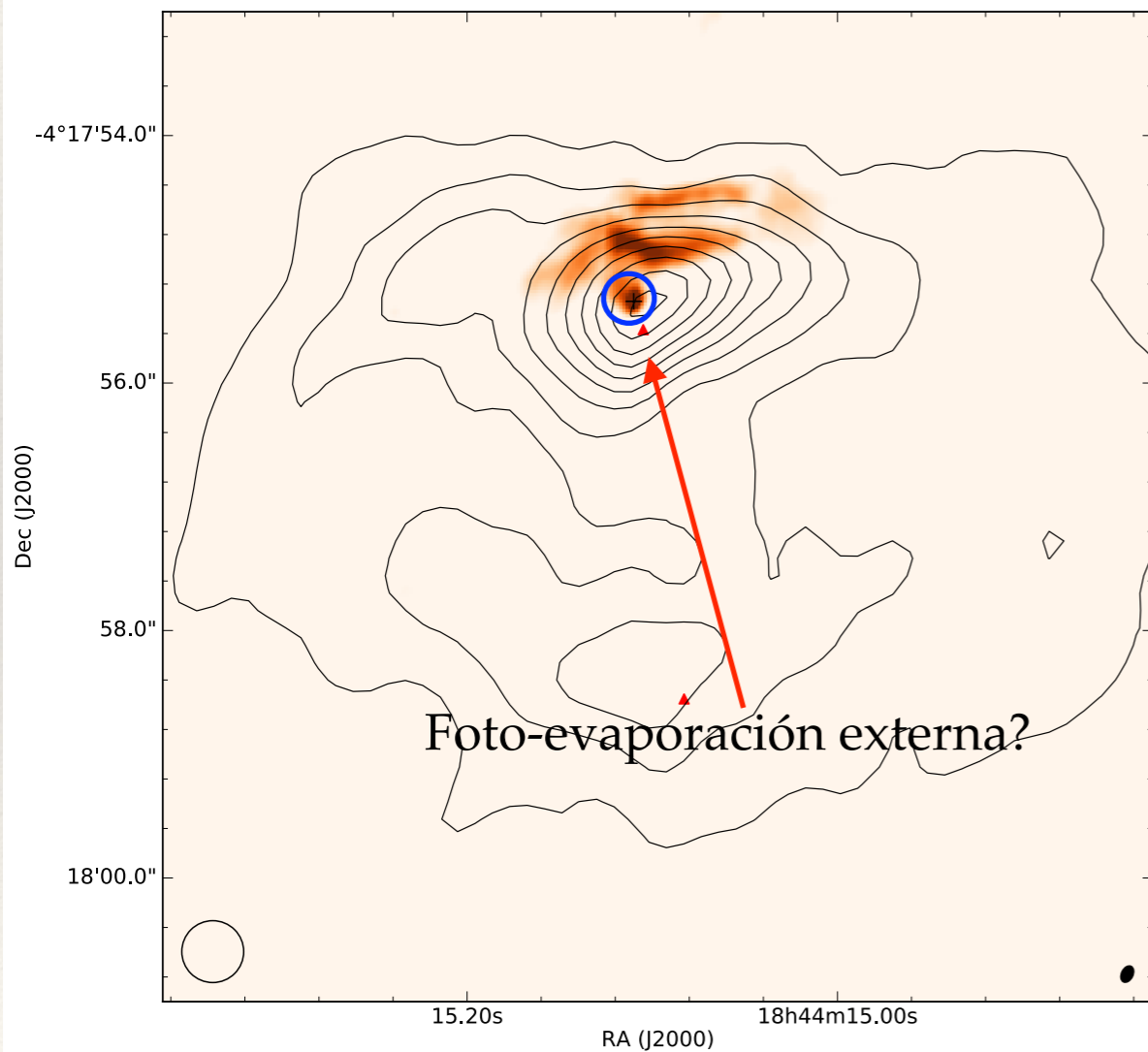
G60.88+0.13



## FUENTES EMBEBIDAS

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

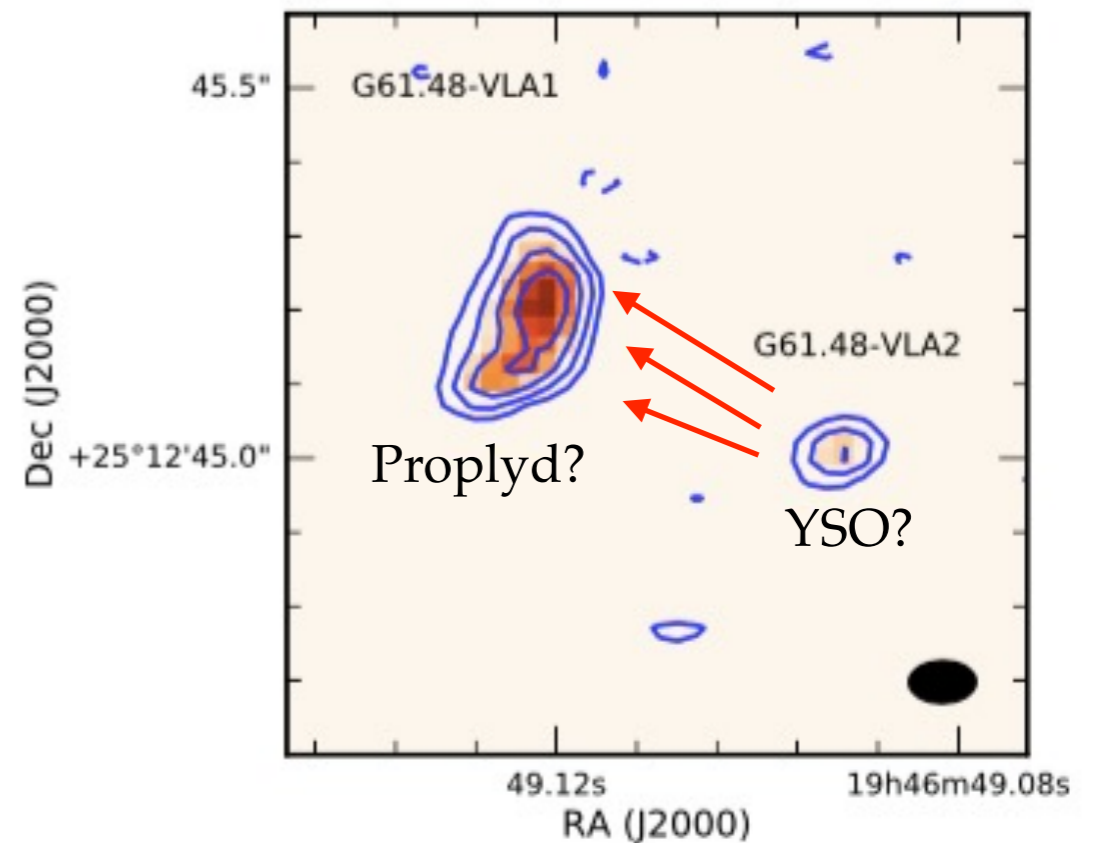
G35.20-1.74



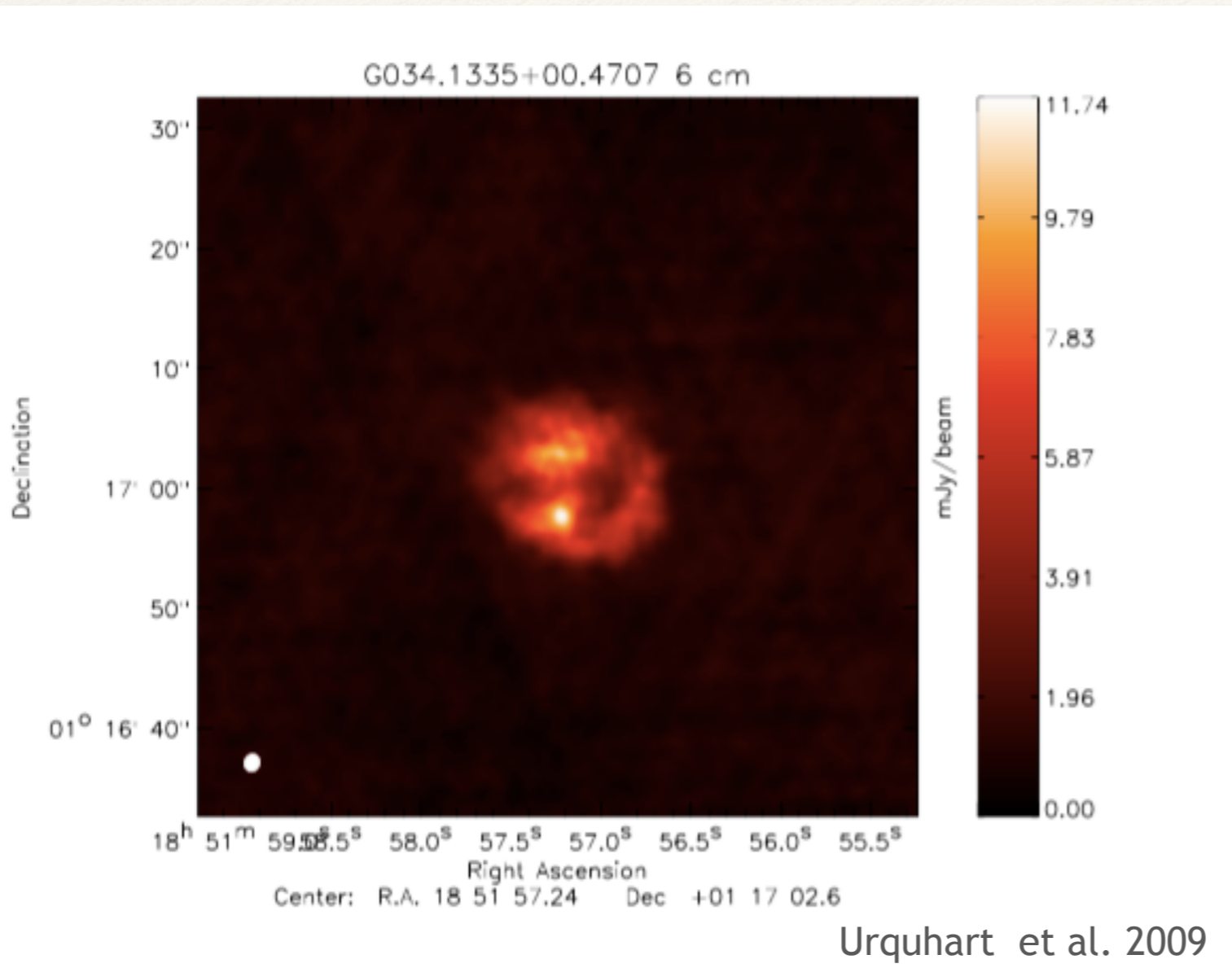
## FUENTES CIRCUNDANTES

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

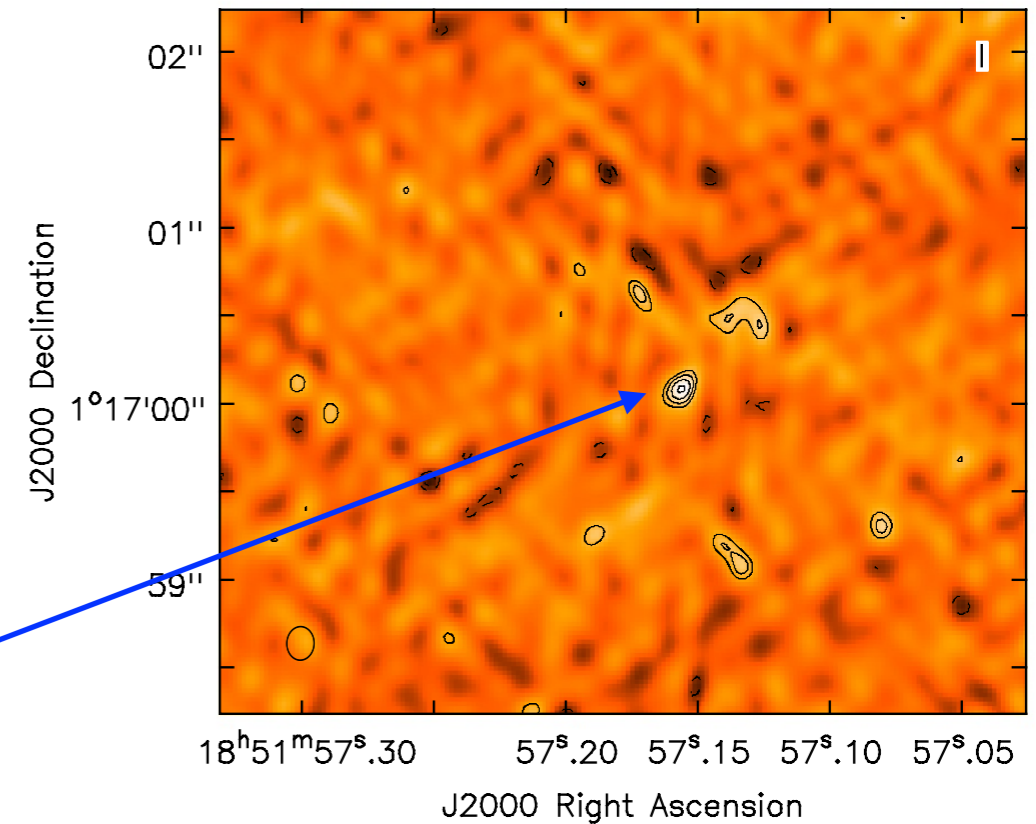
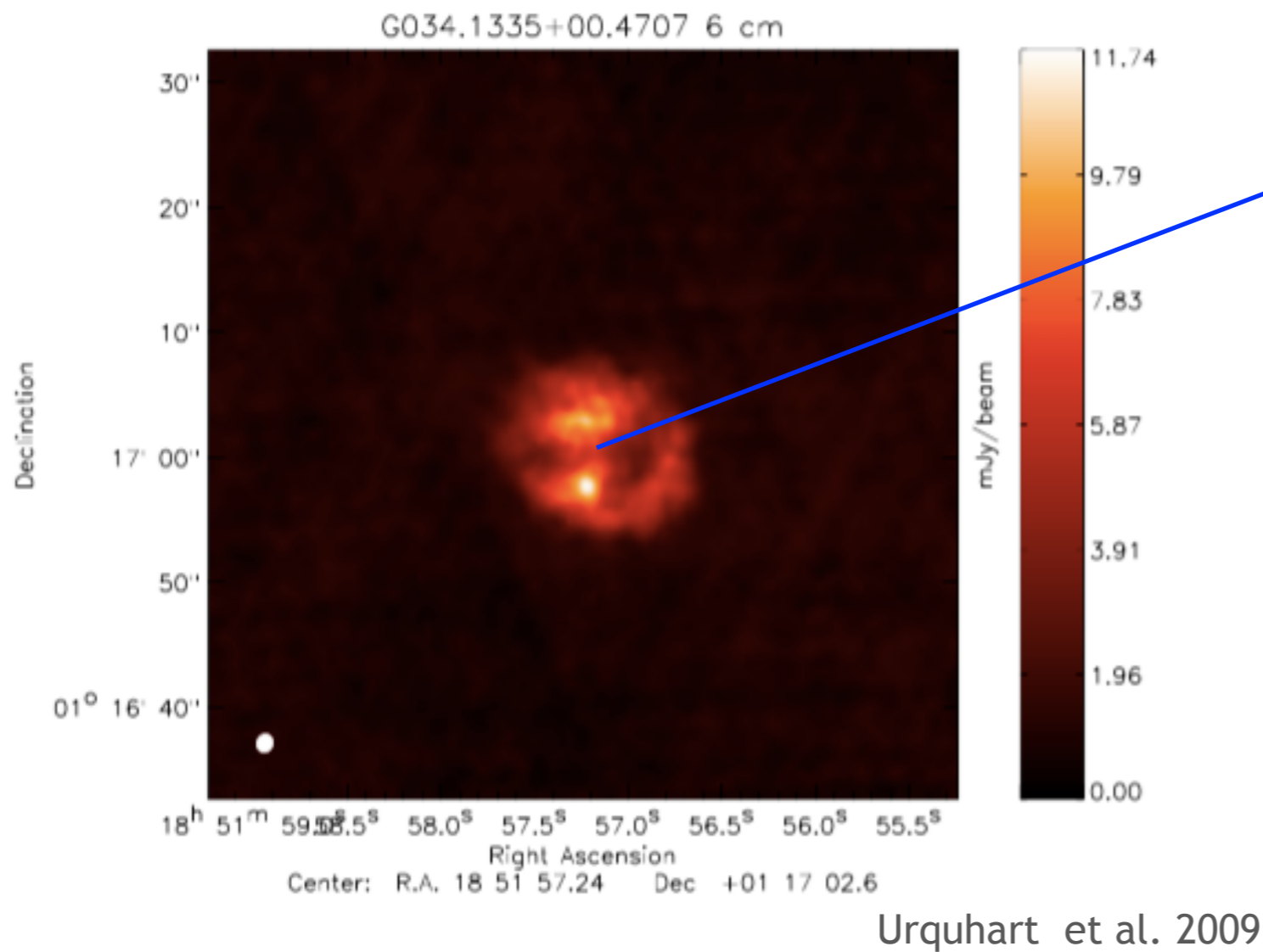


Masqué et al. 2017



**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)



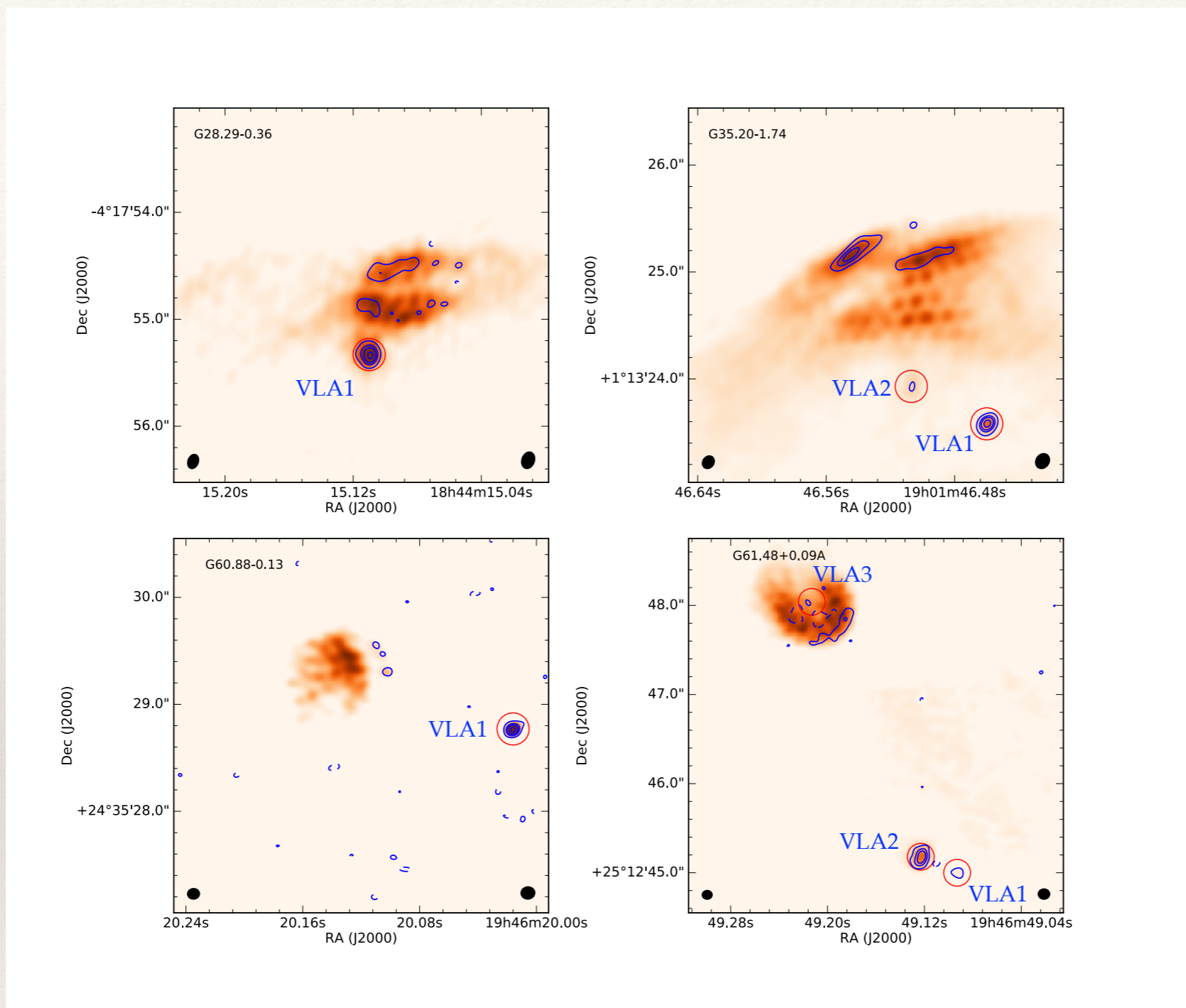
Baselines > 0.75 km

*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

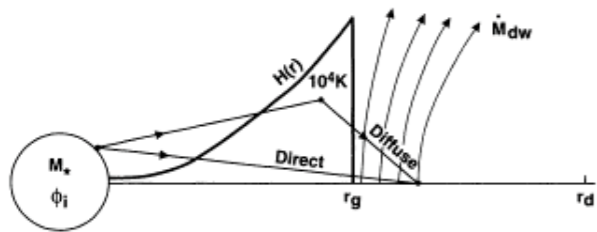
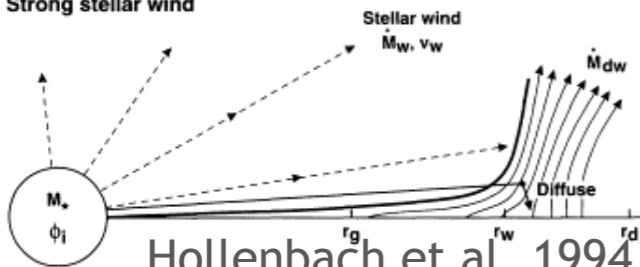


FIG. 1a

Strong stellar wind



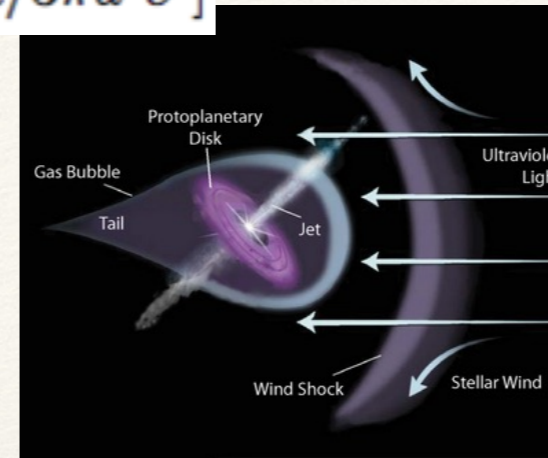
Hollenbach et al. 1994

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

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)

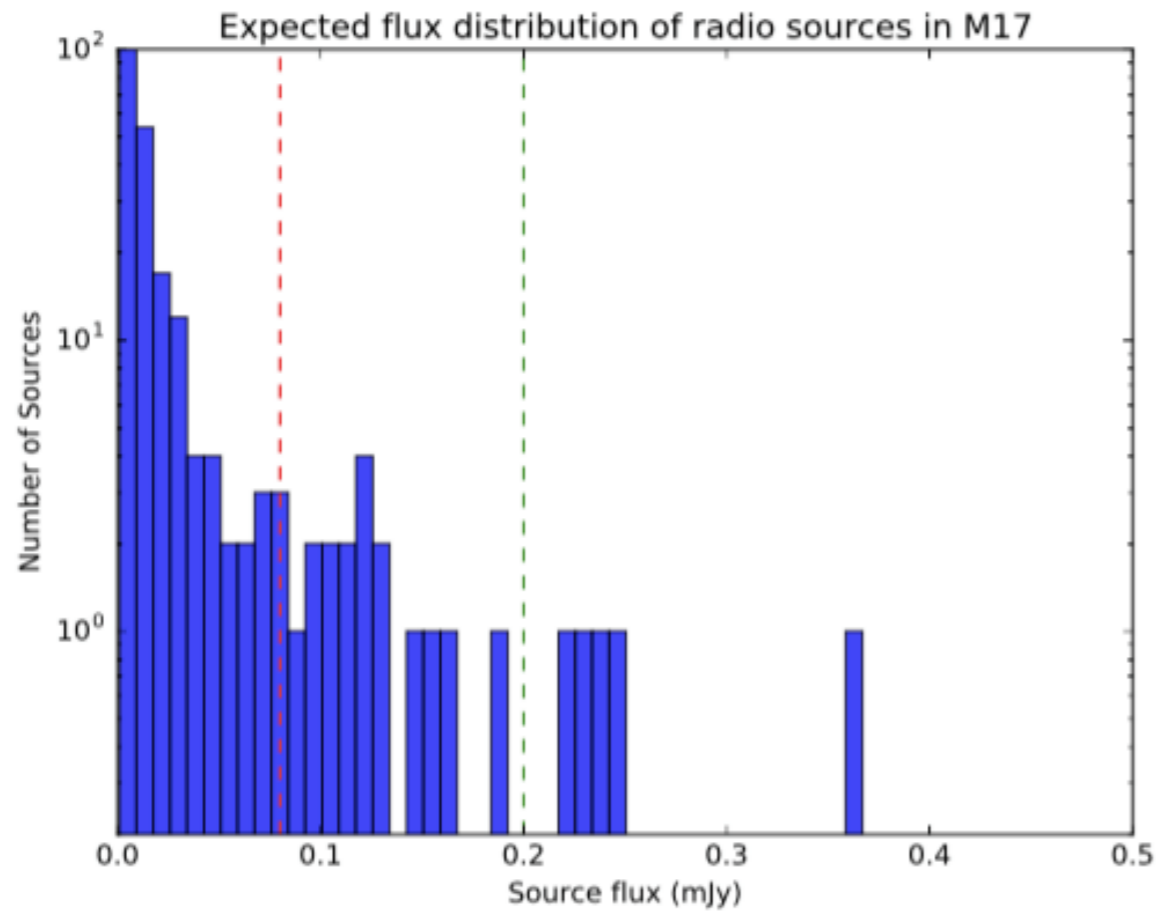
## RFC 'embebidas'

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

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

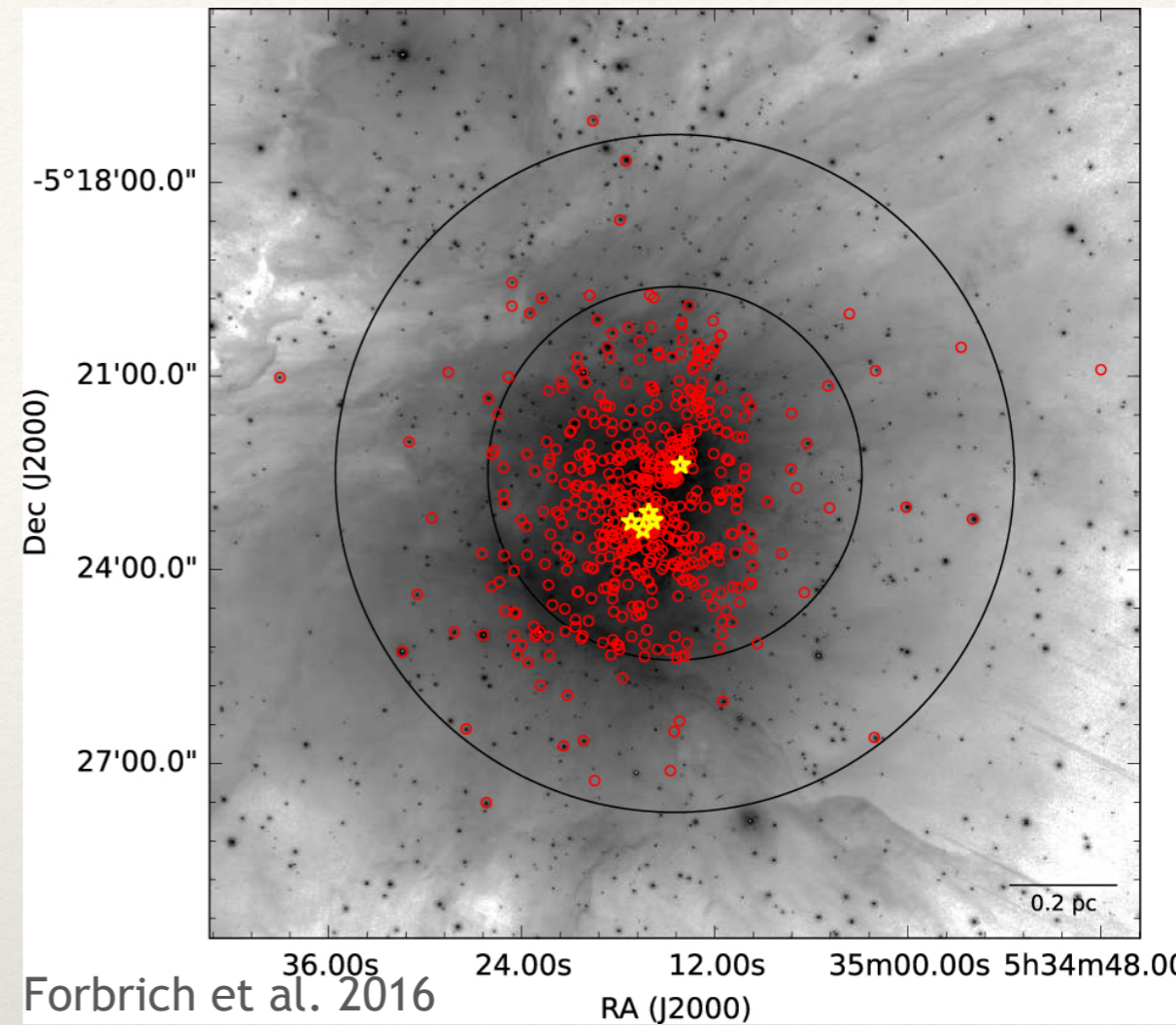
Proplyds masivos o glóbulos de gas neutro fotoevaporándose

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.

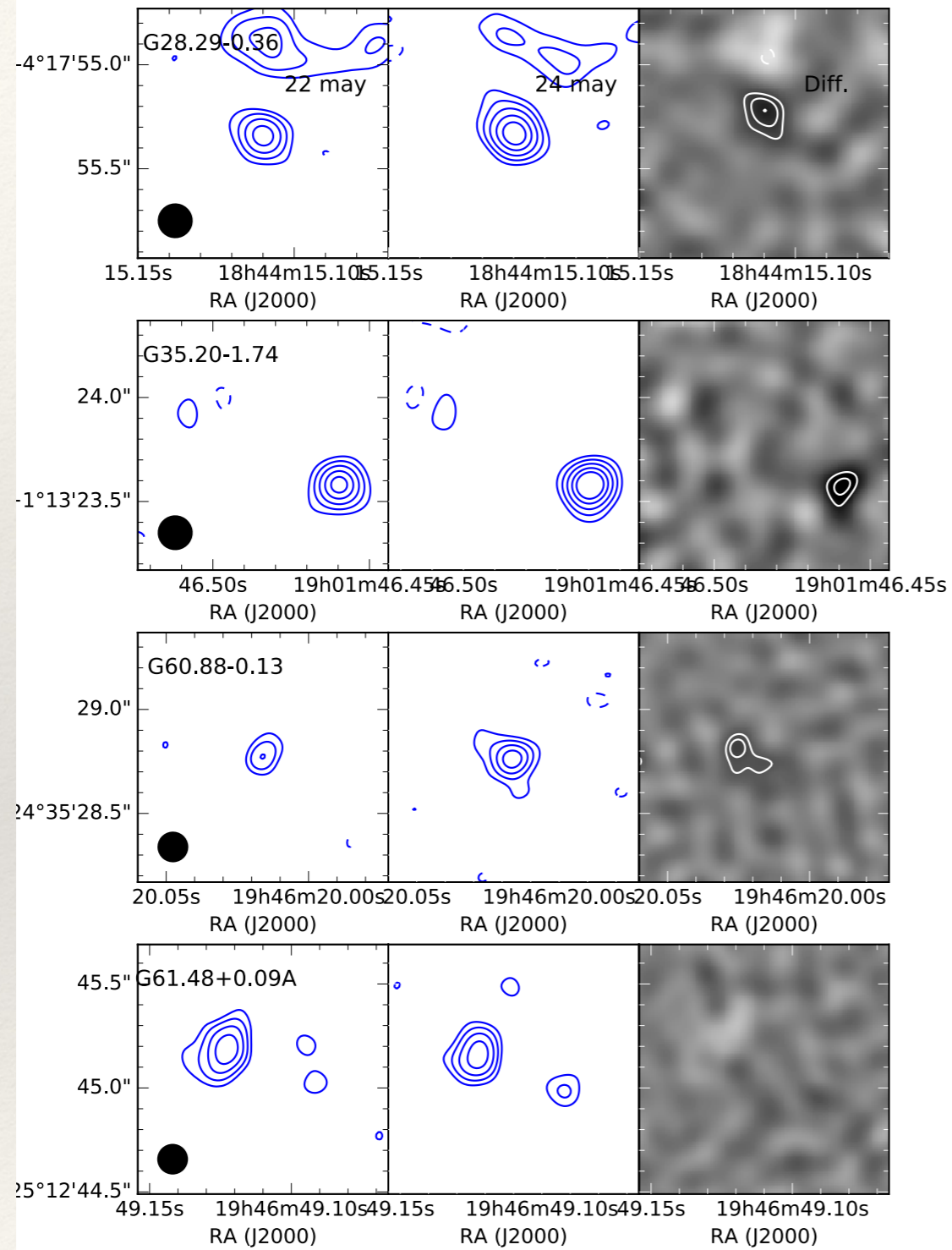
**Podríamos estar vislumbrando una versión primordial de la población estelar de la Galaxia**

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

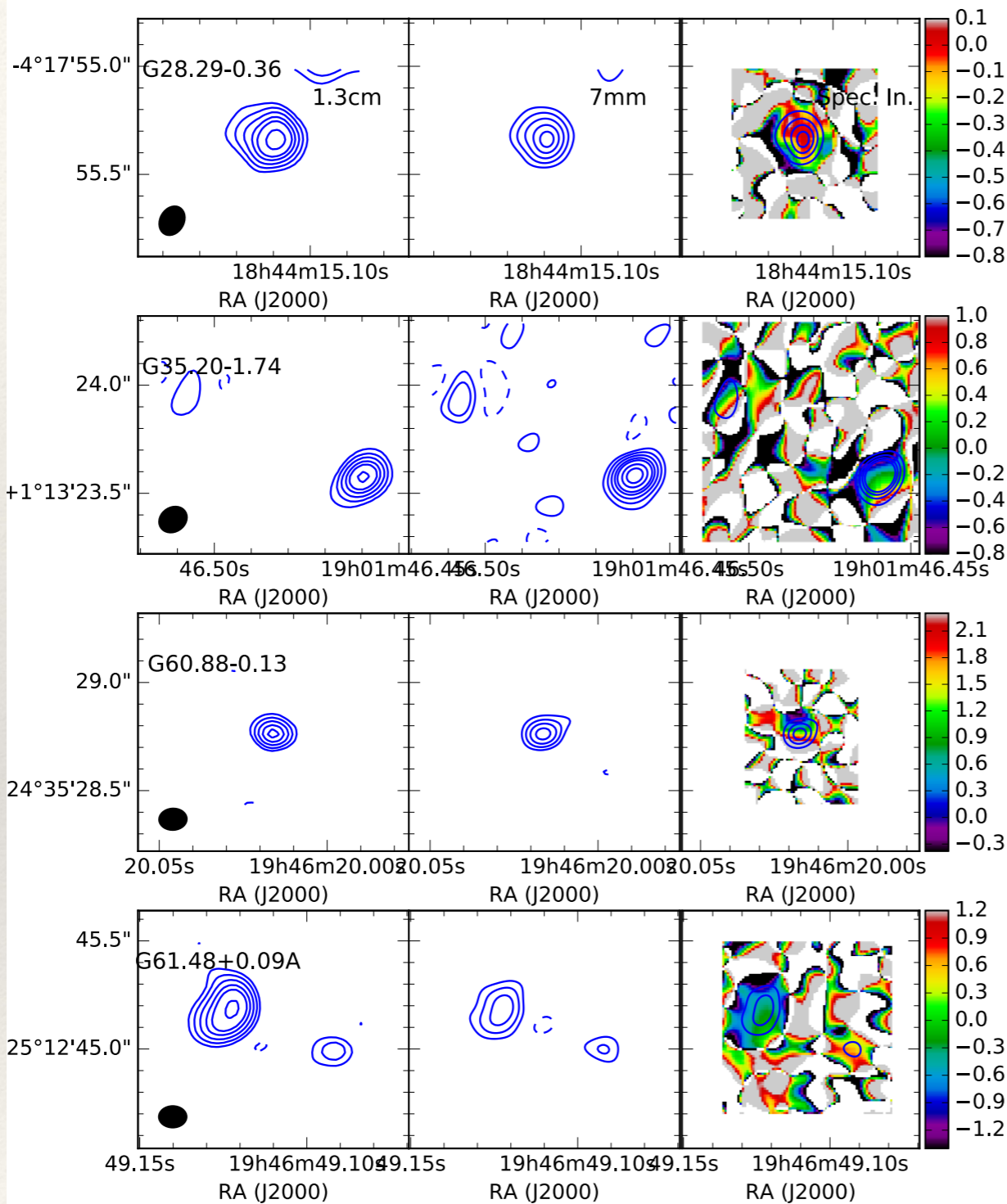


**MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN**

Carina Nébula  
Flickr: Llacertae



Variación temporal en dos días  
de diferencia (radioestrella?)



Pequeños gradientes de índice espectral (¿?)