

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD NUCLEAR Y DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN LA EVOLUCIÓN DE GALAXIAS

Fernando Rico Villas CAB (INTA-CSIC)

Directores :

Jesús Martín-Pintado - CAB (INTA-CSIC)

Eduardo González-Alfonso - UAH

Tutor UCM :

Pablo G. Pérez-González



Objetivos

- Estudio del impacto de la formación estelar en la evolución de galaxias analizando el gas molecular denso en el núcleo de galaxias
- Establecer los procesos que conducen a:
 - Brotes intensos de formación estelar (SB)
 - Acrecimiento de material en el entorno del SMBH (AGN)
 - Calentamiento del gas
- Conocer el impacto del “feedback” (positivo o negativo)

●Proto-superclusters - Hot Cores

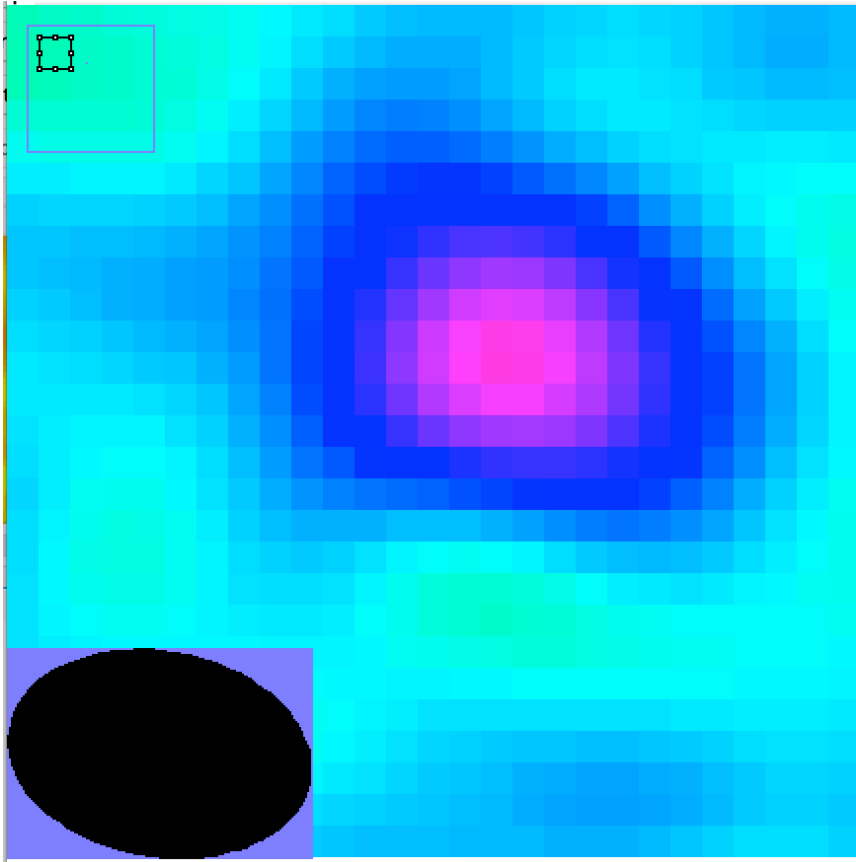
- Químicamente ricos
- Muy densos $n > 10^7 \text{ cm}^{-3}$
- Calientes $T > 200\text{K}$
- Alta Extinción ($A_V > 20 \text{ mag}$)
- Formación proto-estrellas (No hay región H II todavía)
- Polvo caliente brillante en el mIR \rightarrow reemite la radiación de las proto-estrellas masivas

●HC3N

- Estados vibracionales excitados por el mIR (15-50 micras) sin extinción.
- Traza las regiones de alta densidad que envuelven a las proto-estrellas masivas

FORMACIÓN ESTELAR - HC3N

NGC253



HC3N v7=1 a 219GHz
Beam = 0.3" x 0.2

Observaciones de ALMA -> Reducción de datos

- Caracterizar T_{ex} , N y tamaño mediante análisis LTE
 - $T_{\text{ex}} \sim 240$ K
 - $\log N(\text{HC3N}^*) \sim 15.8$
 - $\log N(\text{H}_2) \sim 24.6$
 - Size < 0.2"
 - $L > 7.9 \times 10^7 L_{\odot}$ (size $\sim 0.060''$)
- Tamaño del orden del beam de mejor resolución (0.19")
No resuelto (pero > 0.060)
- Nueva propuesta de observación con ALMA a mejor resolución angular para resolver su morfología y cinemática (ALMA Cycle 6 ~Abril 2018)

FORMACIÓN ESTELAR - HC3N

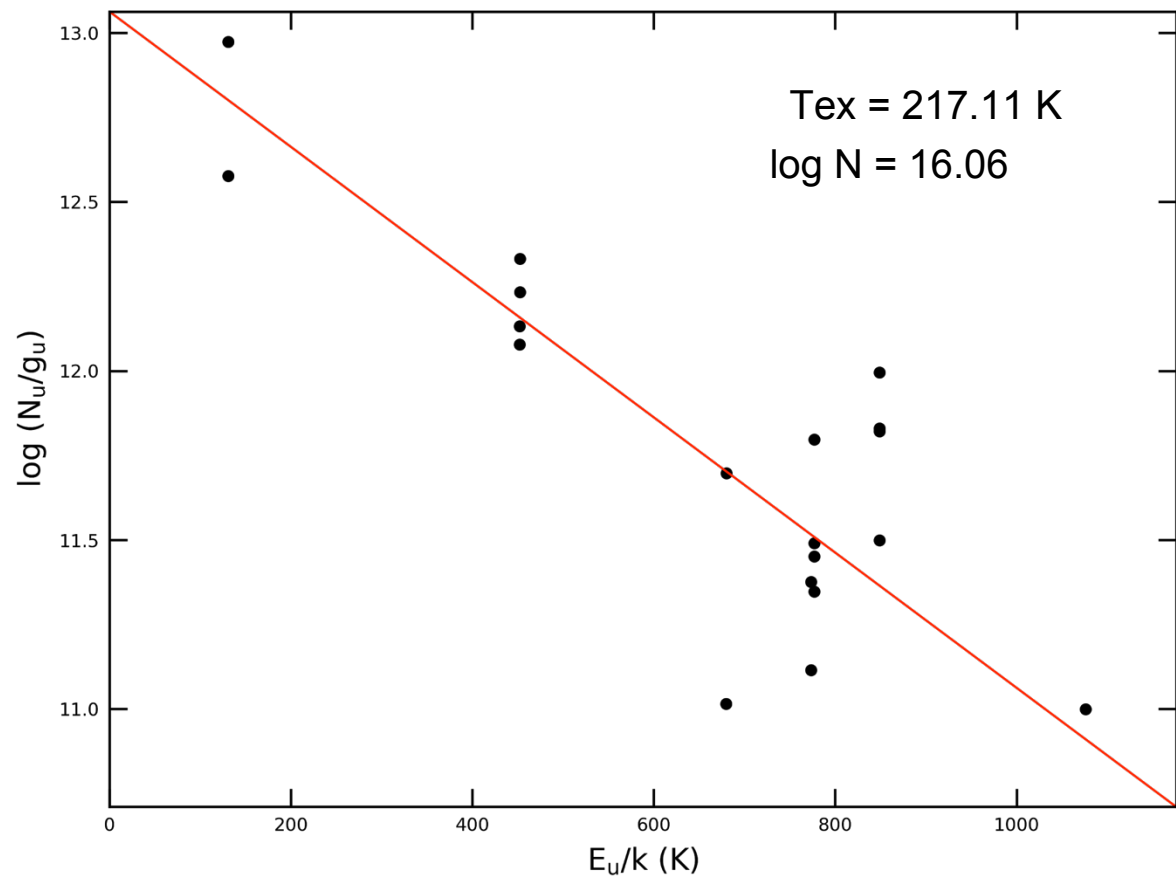
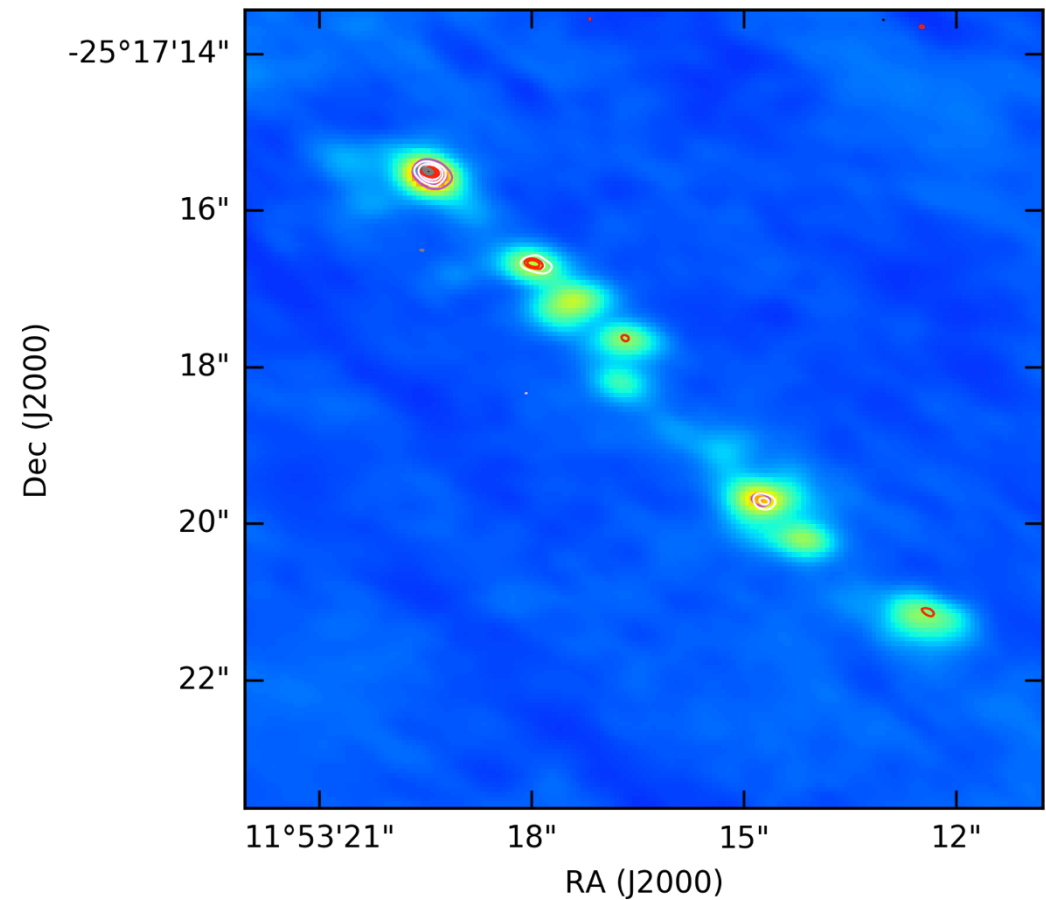


Diagrama rotacional de HC3N*



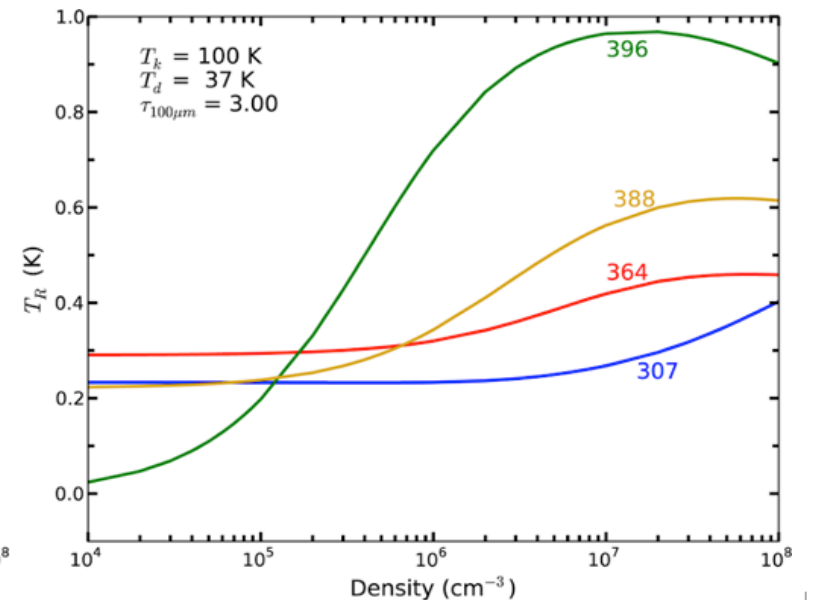
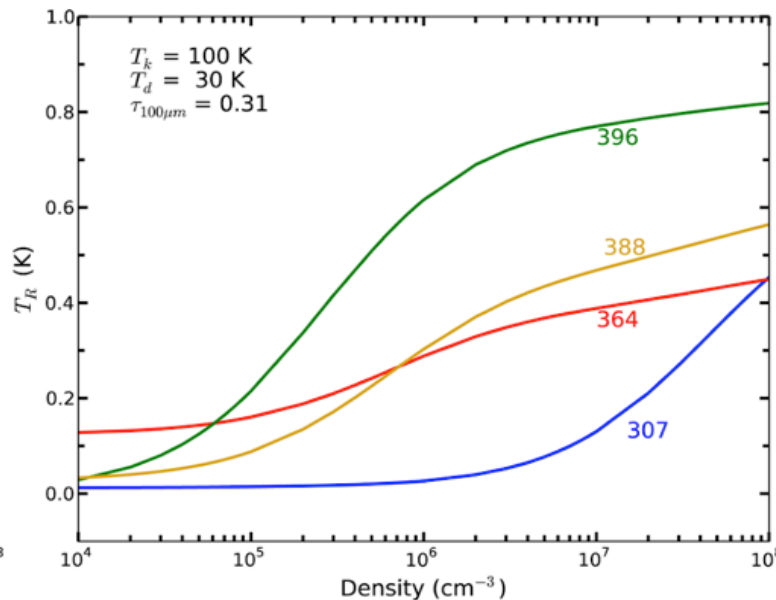
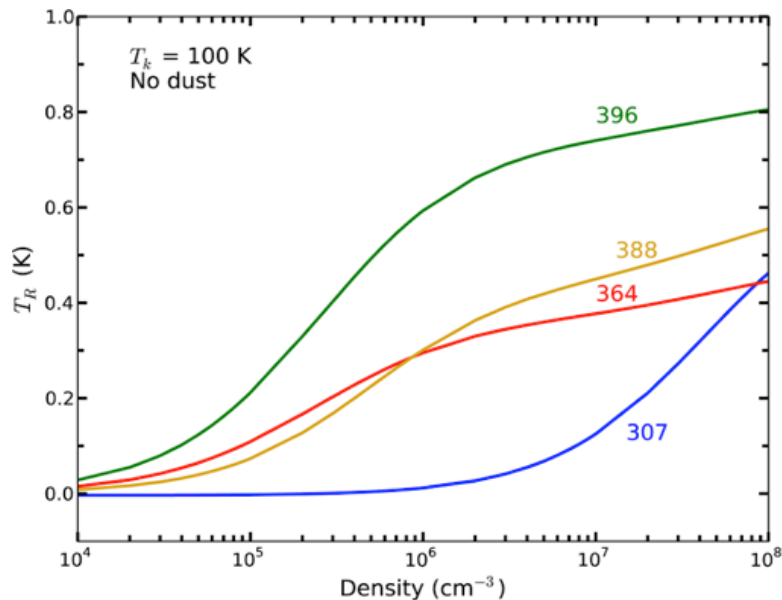
HC3N v7=1 a 219GHz (0.3" x 0.2")
sobre el cont n o de NGC253 a 350 GHz

FORMACIÓN ESTELAR - H₃O⁺ NGC253

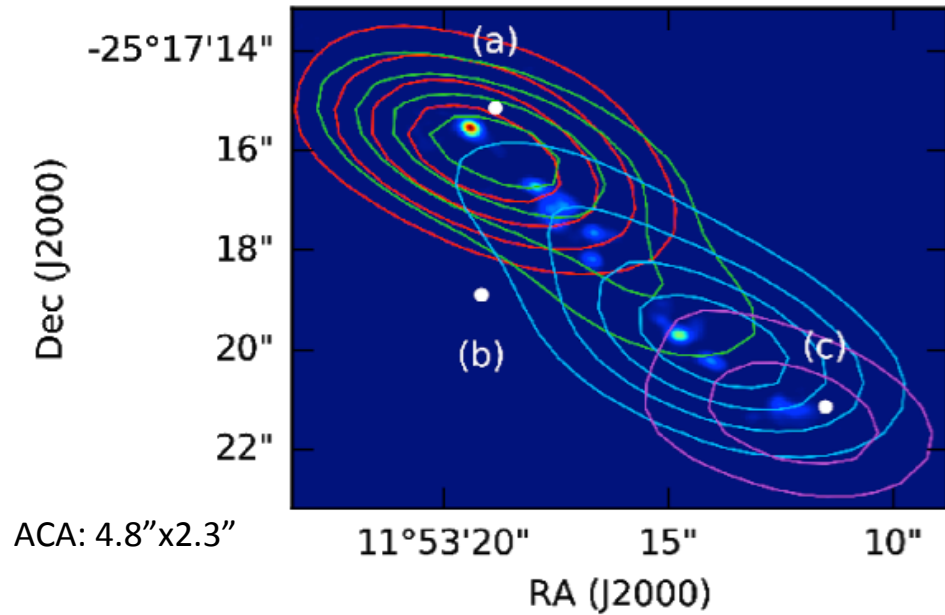
H₃O⁺

- Papel clave en la química del O
- Gas molecular denso y caliente
- Estimar el grado de ionización:
 - Debido a rayos cósmicos (Supernovas i.e. Starbursts)
 - Debido a rayos-X (AGN)

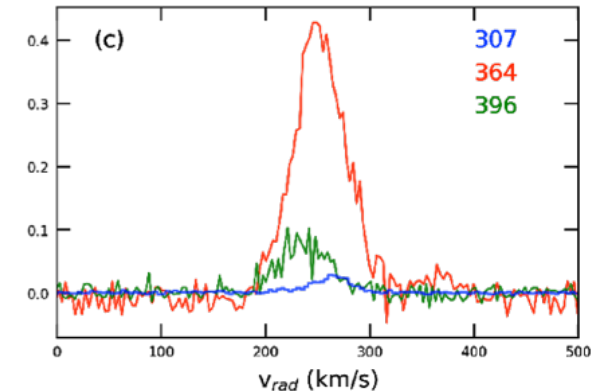
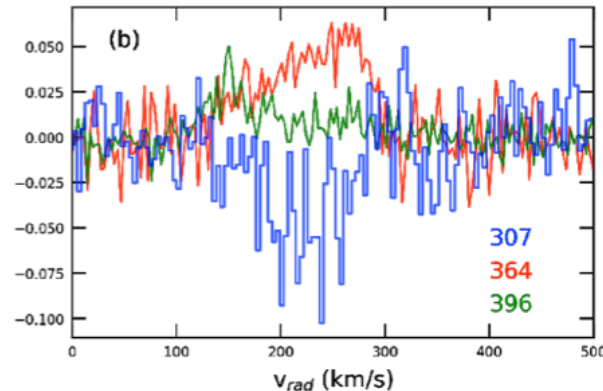
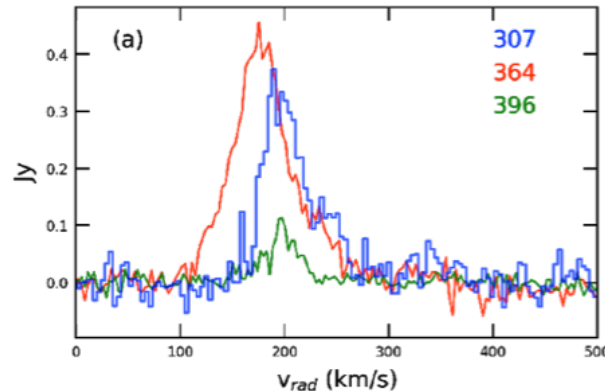
- A estas λ (submm) la emisión del polvo en IR \rightarrow importante en la ex. de H₃O⁺
- Modelos de excitación radiativa no-LTE
- 396GHz única no afectada por la radiación del polvo (a bajas densidades)



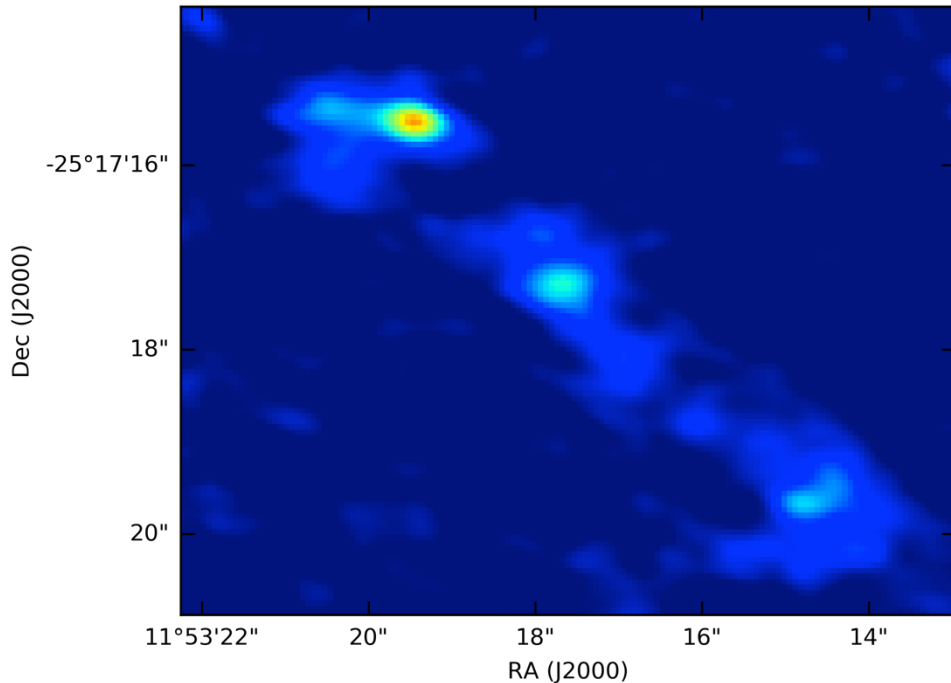
FORMACIÓN ESTELAR - H3O⁺



- Observaciones APEX (1 antena 12m)
 - **No detectan la de 396GHz**
 - Línea de 364GHz traza la componente difusa
 - Ionización dominada por rayos cósmicos (*Villicana-Pedraza 2017*)
 - Densidad $n(\text{H}_2) \sim 10^3 \text{ cm}^{-3}$
 - Escalas de $\sim 150 \text{ pc}$ (Todo el núcleo)
- Observaciones ACA (12 antenas 7m)
 - **Detección 396GHz**
 - Densidad $n(\text{H}_2) \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$
 - Escalas de $\sim 50 \text{ pc}$ (GMCs)
 - Densidad mayor a estas escalas



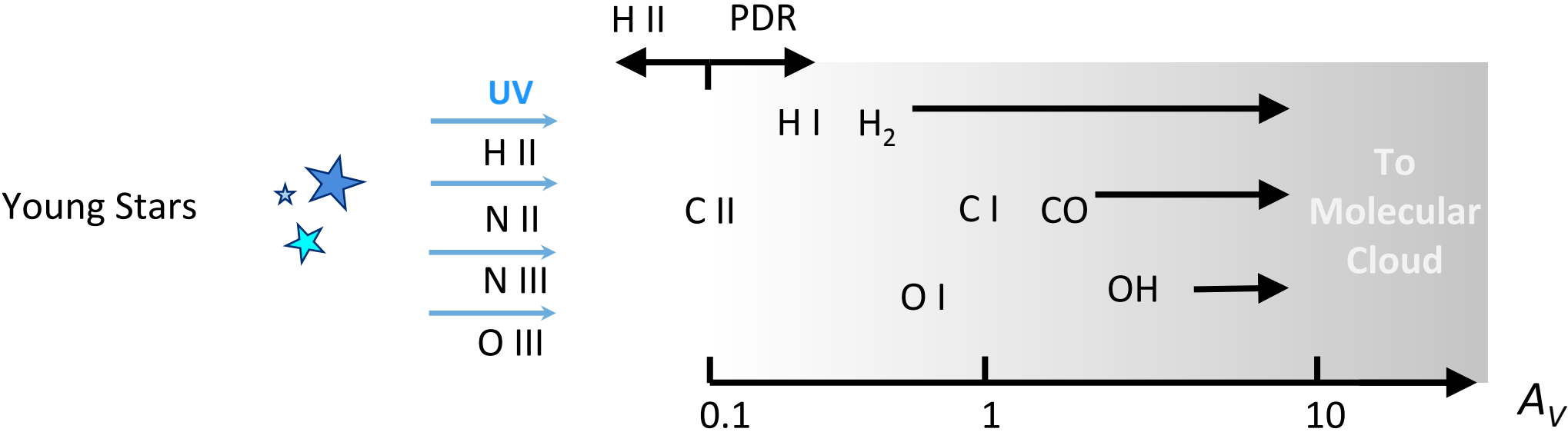
FORMACIÓN ESTELAR - H₃O⁺



Intensidad integrada (100km/s) de la línea de 364 GHz a 0.4'' de resolución

- Alta resolución:
 - ALMA 50 antenas de 12m
 - Beam 0.5''x0.4''
 - H₃O⁺ 364GHz muestra estructuras de pequeña escala
- Propuesta de observación (aceptada):
 - Línea de 396GHz
 - Misma resolución que la de 364GHz
 - Obtener abundancias precisas
 - Determinar la fuente de ionización
 - A la espera datos ALMA

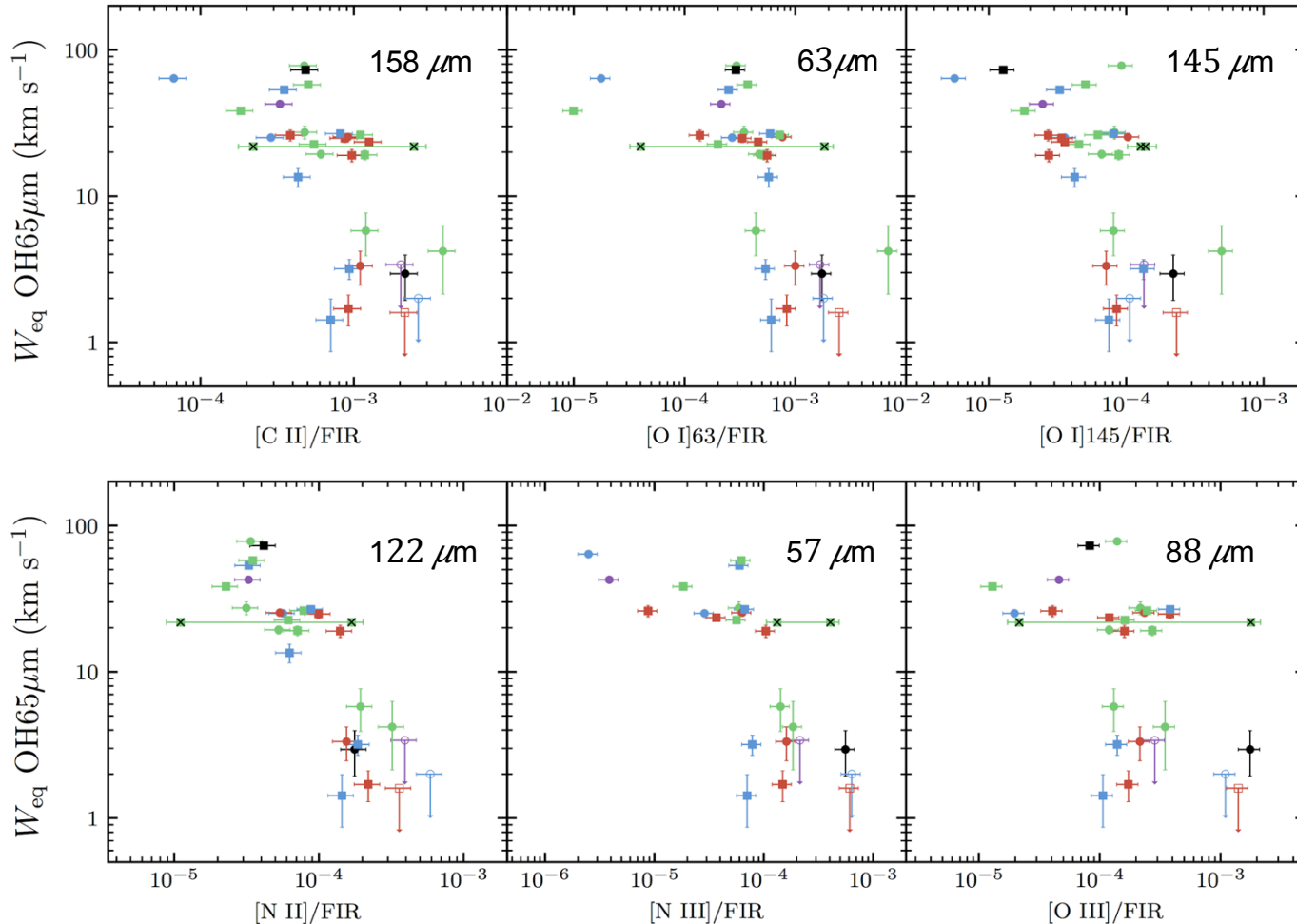
DÉFICIT LÍNEAS ESTRUCTURA EN (U)LIRGs CON HERSCHEL



| Line | Type | λ (μm) | E_u (K) | E_l (K) | A_{ul} (s^{-1}) | n_u | n_l | g_u | g_l | EP (eV) | IP (eV) | n_{crit} (cm^{-3}) |
|---------|------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| [C II] | PDR | 157.74 | 91.25 | 0 | 2.36×10^{-6} | 3/2 | 1/2 | 4 | 2 | 11.26 | 24.38 | $\sim 3 \times 10^3$ [H] ~ 50 [e] |
| [O I] | PDR | 63.18 | 227.77 | 0 | 0.89×10^{-4} | 1 | 2 | 4 | 2 | ... | 13.62 | $\sim 4.7 \times 10^5$ [H] |
| [O I] | PDR | 145.53 | 326.64 | 227.77 | 0.18×10^{-4} | 0 | 1 | 1 | 3 | ... | 13.62 | $1 \times 10^5 (T/100)^{-0.57}$ [H] |
| [N II] | H II | 121.90 | 188.16 | 70.13 | 7.46×10^{-6} | 2 | 1 | 5 | 3 | 14.53 | 29.6 | 3.1×10^2 [e] |
| [N III] | H II | 57.32 | 250.93 | 0 | 4.79×10^{-5} | 3/2 | 1/2 | 4 | 2 | 29.60 | 47.45 | 3×10^3 [e] |
| [O III] | H II | 88.36 | 162.85 | 0 | 2.61×10^{-5} | 1 | 0 | 3 | 1 | 35.12 | 54.93 | 5.1×10^2 [e] |

RADIATIVE FEEDBACK OF STAR FORMATION IN GALAXIES

Déficit líneas estructura fina en (U)LIRGs con Herschel



- Estancia Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics
- (U)LIRGs - $LIR > 10^{11} - 10^{12} L_{\odot}$
 - IR del UV reprocesado por polvo
 - Líneas EF fiR trazan la form. estelar

Alta formación estelar

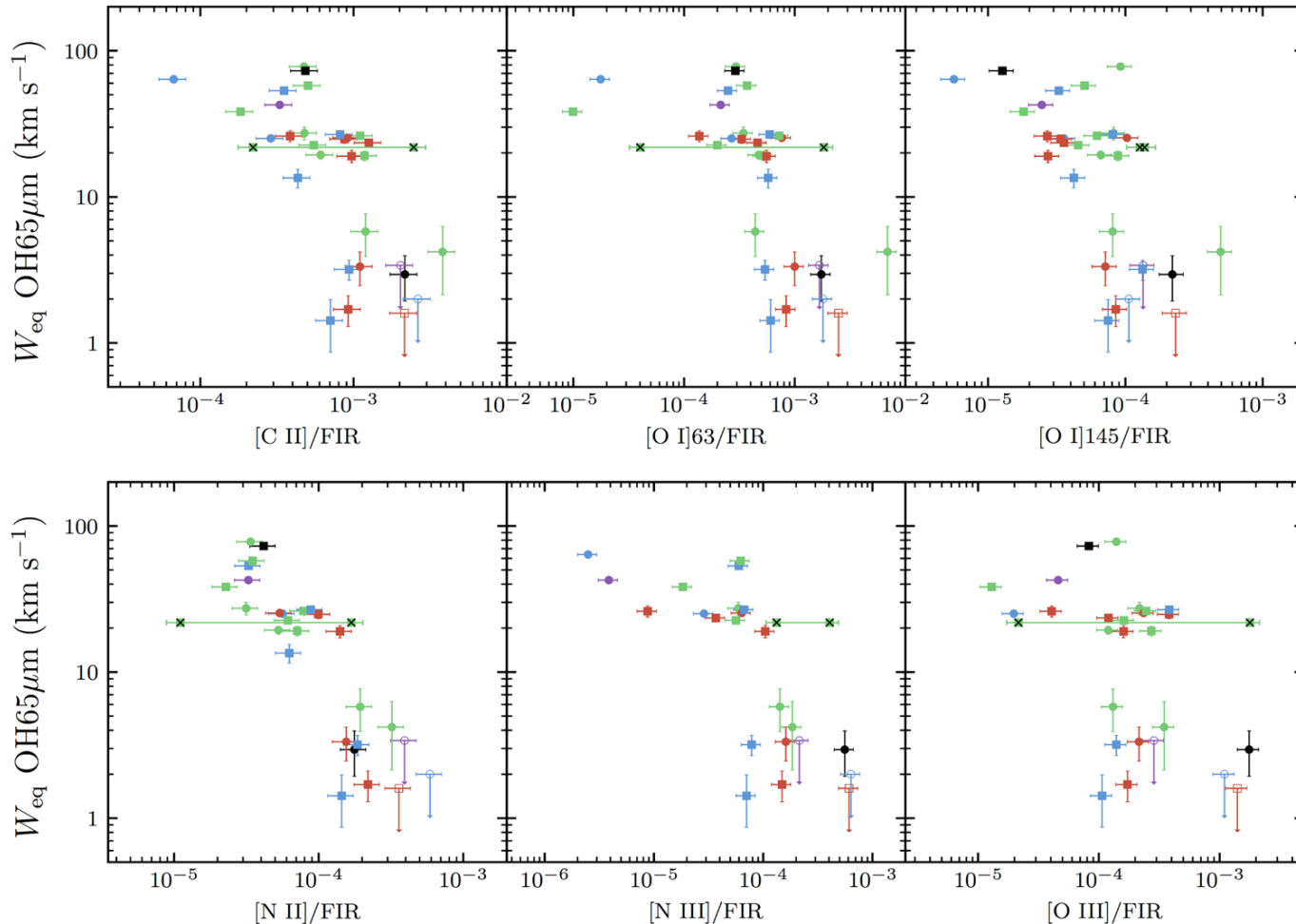


Líneas de EF fiR + intensas

- Alta absorción molecular en fiR
 - OH 65 μm
 - Traza el gas más oscurecido y denso

RADIATIVE FEEDBACK OF STAR FORMATION IN GALAXIES

Déficit líneas estructura fina en (U)LIRGs con Herschel

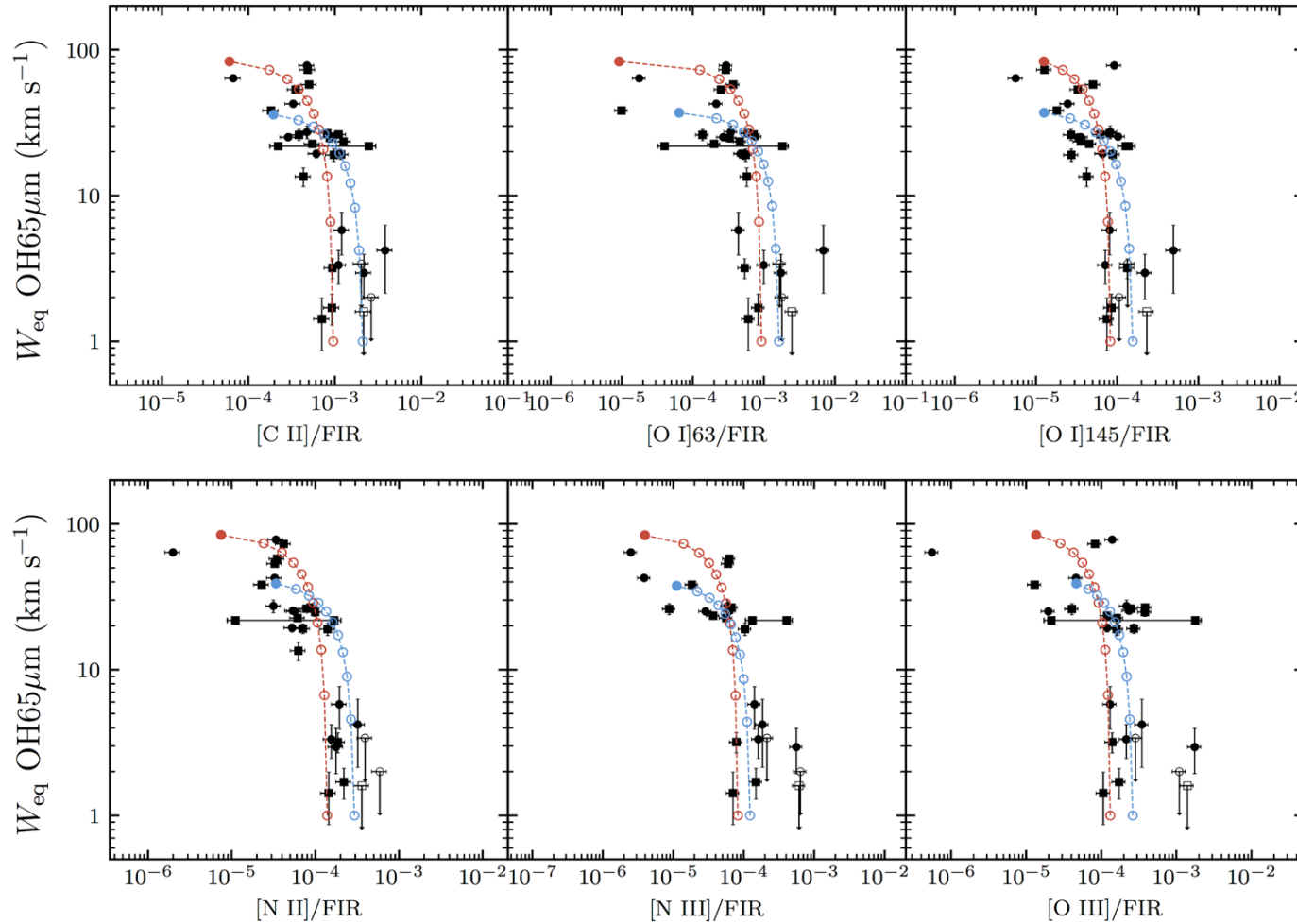


- Estancia Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics
- (U)LIRGs - $LIR > 10^{11} - 10^{12} L_{\odot}$
 - IR del UV reprocesado por polvo
 - Líneas EF FIR trazan la form. estelar

~~Alta formación estelar~~
 No en (U)LIRGs!
 (D-Santos2013)
~~Líneas de EF FIR + intensas~~

- Alta absorción molecular en FIR
 - OH 65 μm
 - Traza el gas más oscurecido y denso

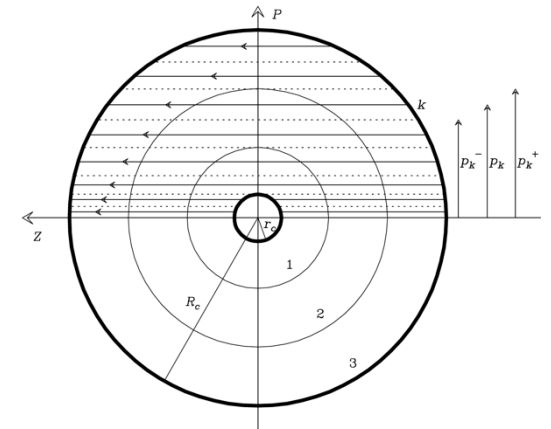
DÉFICIT LÍNEAS ESTRUCTURA FINA EN (U)LIRGs CON HERSCHEL



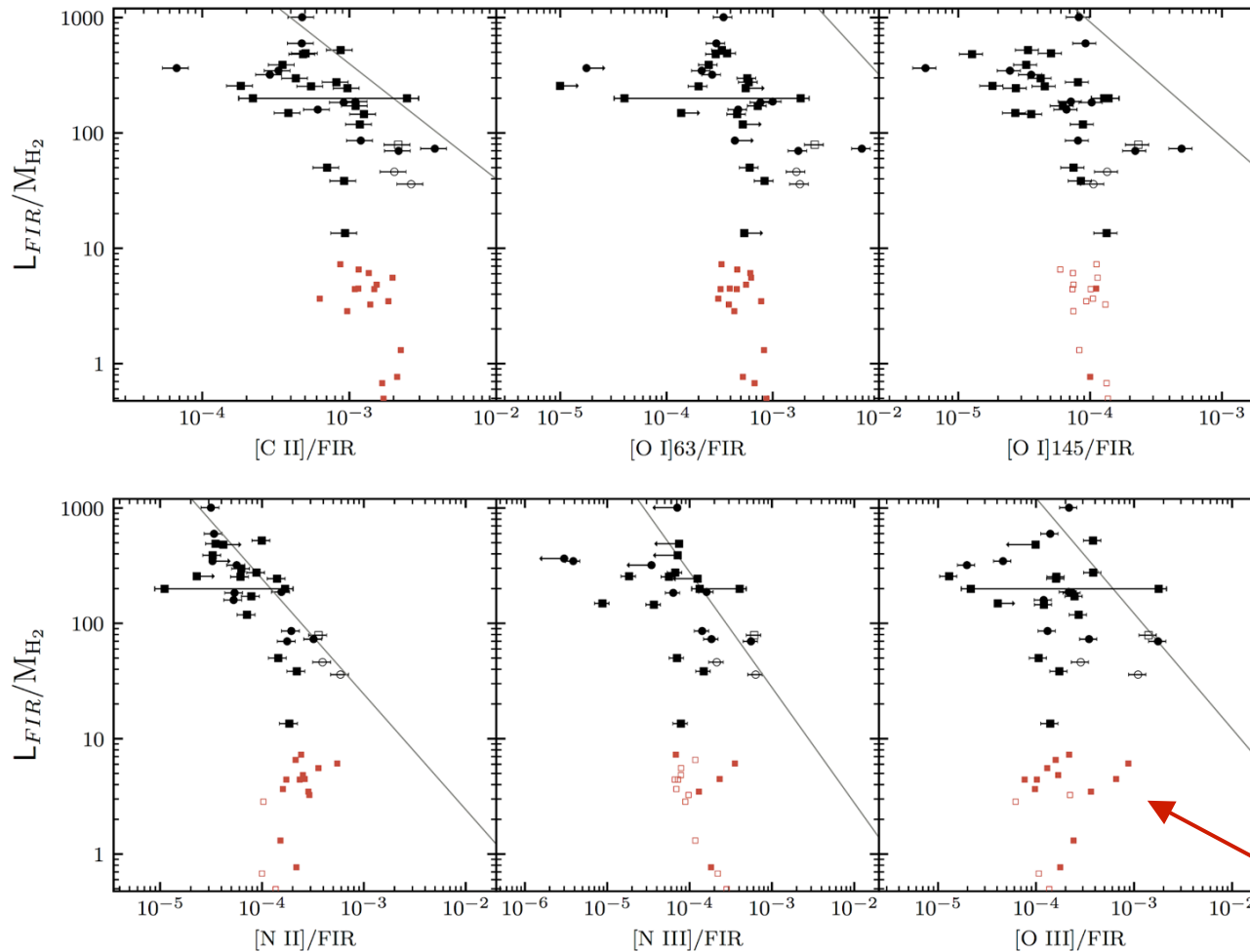
Modelos de Transferencia Radiativa

- *Gonzalez-Alfonso2015*
- No-LTE
- Condiciones uniformes
- Parametrizado por:

- T_{dust}
- T_{gas}
- τ_{100}
- $n(\text{H}_2)$
- N



DÉFICIT LÍNEAS ESTRUCTURA FINA EN (U)LIRGs CON HERSCHEL



- De los modelos:
 - Altas columnas de densidad ($>$)
 - Altas T_{dust} (~ 90 K)
- Indican volúmenes pequeños
- Origen del déficit:
 - Regiones HII y PDRs muy compactas
 - Menos material para emitir $L_{\text{line}} \propto N \downarrow H \downarrow 2$
 $R \uparrow 2$
- Comparamos con regiones de formación estelar Galácticas, que son muy extensas

Regiones de formación estelar del centro galáctico
(Rodríguez-Fernández 2004, 2005)

PRÓXIMOS PASOS

- HC3N → Finalizando propuesta de observación (Cycle 6 ALMA ~Abril)
- H₃O⁺ → Esperando observación
- Déficit líneas estructura fina → Artículo en preparación
- Ampliar el estudio a otras galaxias

