

Trazadores moleculares en galaxias activas: feeding y feedback

María Sánchez García

Supervisor: Santiago García Burillo
TUTOR-UCM: Elisa De Castro Rubio



MINISTERIO
DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO NACIONAL



CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA
ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE

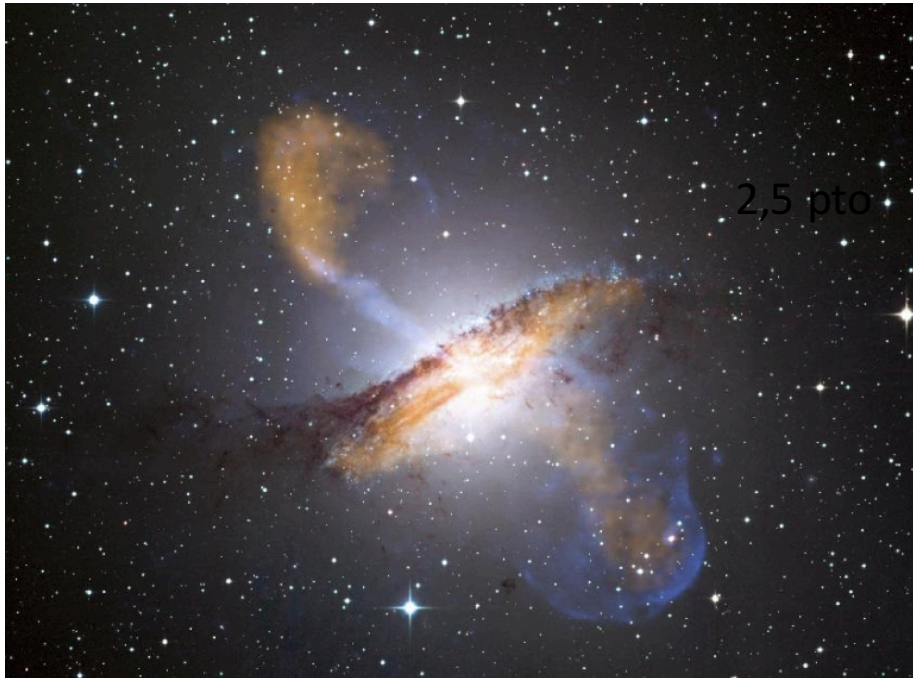


CSIC



INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

- Galaxias → mecanismo de autorregulación

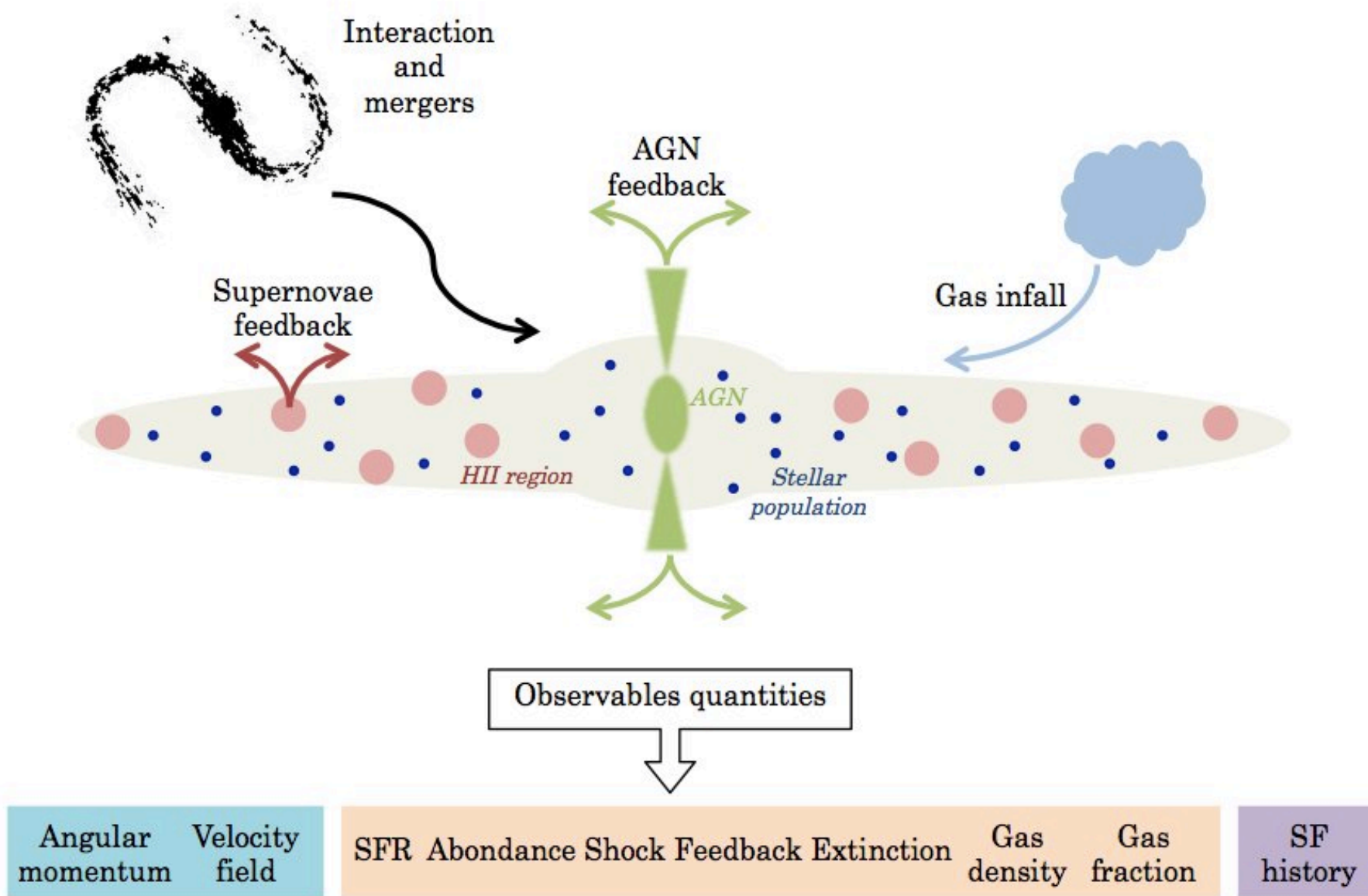


Brotes de formación estelar
Núcleos activos

↓ regulados por

interacción **fuentes de energía**
(estrellas y núcleos activos) y **MI**
(*feeding and feedback*)

- Relaciones SF → procesos locales + globales



Ingredientes \longrightarrow SFR + gas

SF Laws

$$\rho_{\text{SFR}} \sim \rho_{\text{gas}}^n$$

(Ley de Kennicutt-Schmidt)

En teoría...

$$\rho_{\text{SFR}} \sim \rho_{\text{gas}}^n \longleftrightarrow \Sigma_{\text{SFR}} \sim \Sigma_{\text{gas}}^n$$

(Schmidt 1959; Silk 1997; Elmegreen 1997; Kennicutt 1998, 2012)

En la práctica...

- $\Sigma_{\text{SFR}} ?$: UV, H α , P α , FIR, RC...
- $\Sigma_{\text{gas}} ?$: H₂ (CO, HCN), HI, H₂+HI...
- escalas?: global, resuelto, ...

-Se estudia las leyes de FS en una muestra de galaxias Seyfert cercanas, fundamentalmente con **NGC1068**.

-Galaxias cercanas \longrightarrow **< 30 Mpc**

-Galaxias **Seyfert** (tipo I y II)



galaxia **activa** (emite gran cantidad de radiación) con núcleo activo



-Observaciones

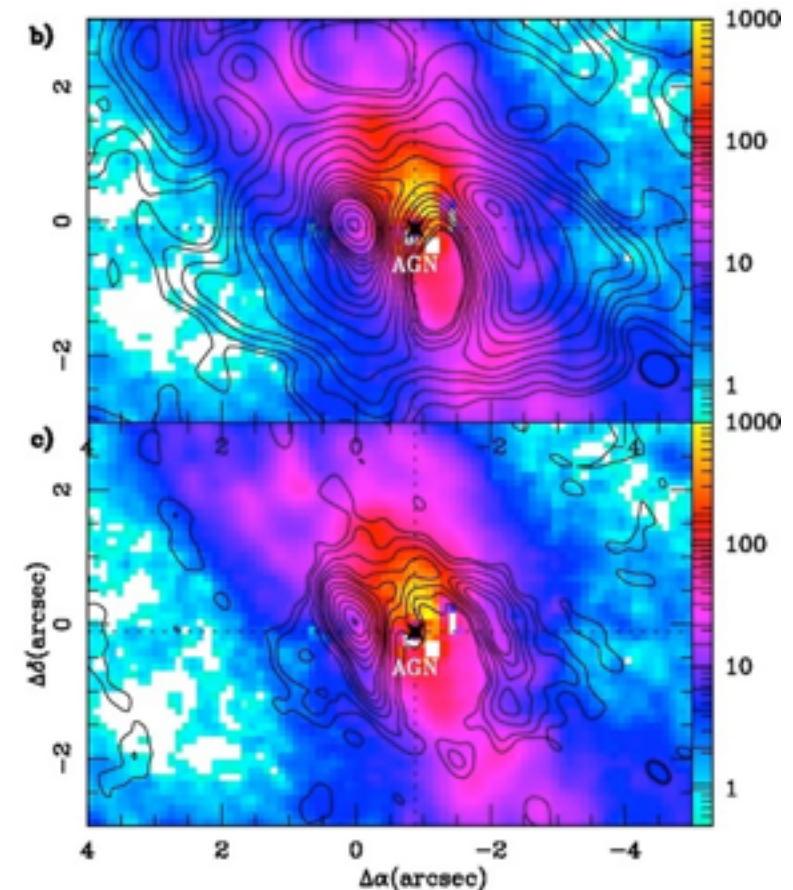
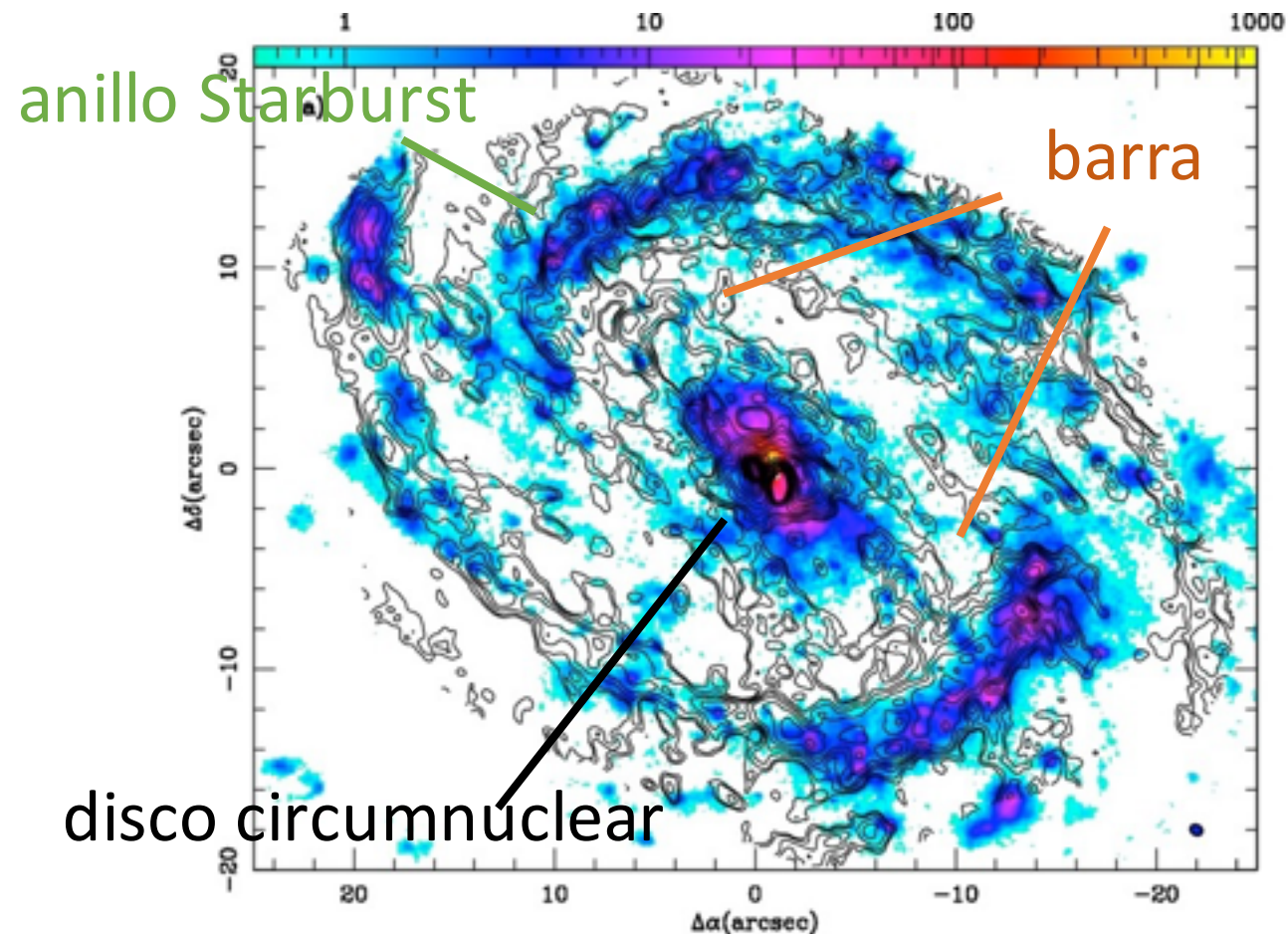


◆ ¿Por qué **NGC1068**?

NGC1068: galaxia con SB ($r \sim 1-1.5 \text{ kpc}$) + AGN (CND $r \sim 200 \text{ pc}$)

-12CO(3-2) mapa ALMA de NGC1068 (*García-Burillo 2014*)

-HST Pa-alpha imagen



◆ ¿Qué trazadores usamos?

Σ_{gas}

HCN(1-0) [1x0.6 arcsec]

HCO+(1-0) [1x0.6 arcsec]

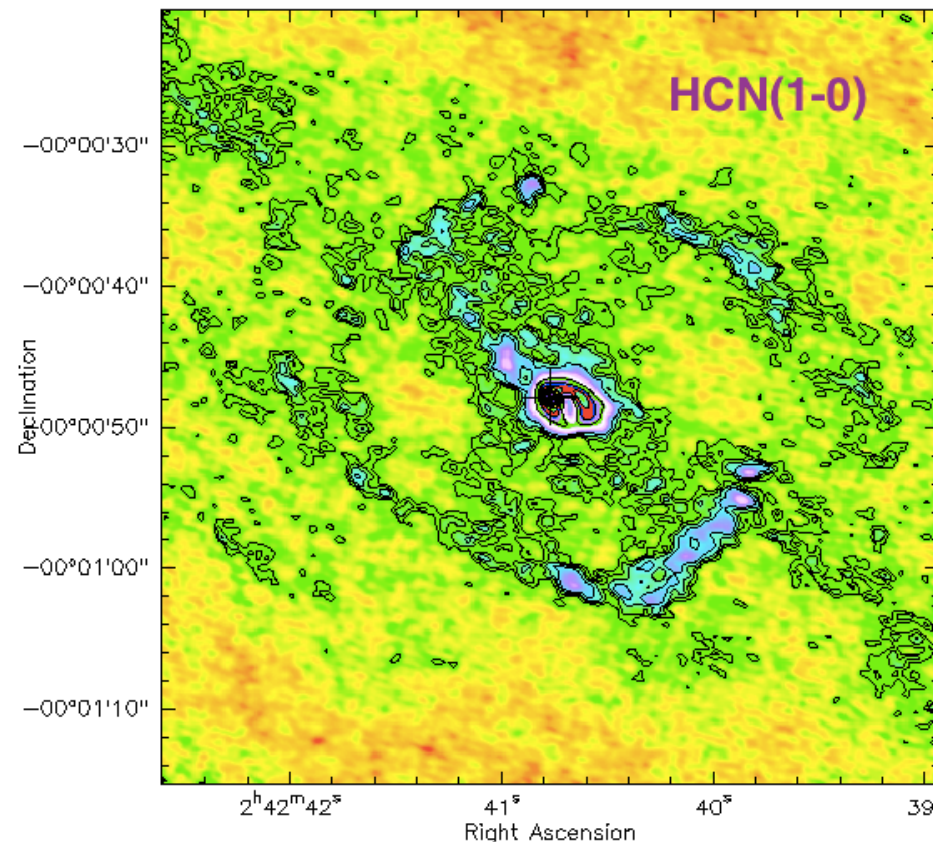
CO(3-2) [0.6x0.5 arcsec]

DUST [0.6x0.5 arcsec]

CO(1-0) [1.5 arcsec]

ALMA

PdBI



Σ_{SFR}

~~H α~~

P α [0.26x0.26 arcsec]

HST (SB)

Síntesis de poblaciones estelares

(CND)

◆ ¿Qué trazadores usamos?

Σ_{gas}

HCN(1-0) [1x0.6 arcsec]

HCO+(1-0) [1x0.6 arcsec]

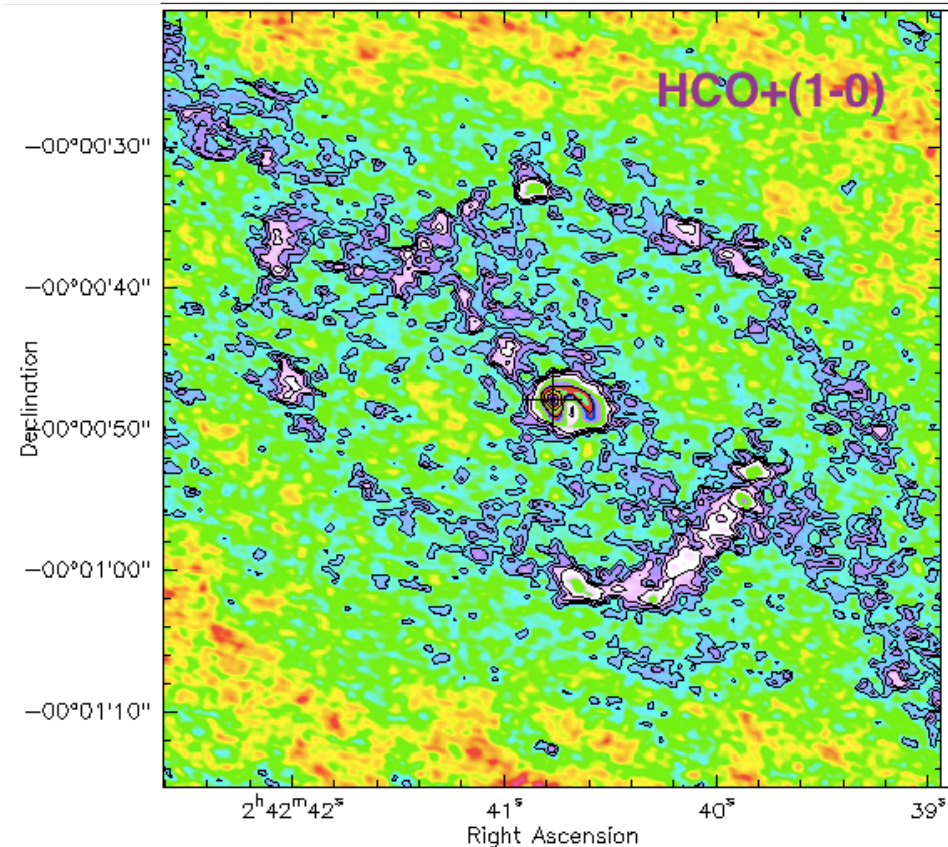
CO(3-2) [0.6x0.5 arcsec]

DUST [0.6x0.5 arcsec]

CO(1-0) [1.5 arcsec]

ALMA

PdBI



Σ_{SFR}

~~H α~~

P α [0.26x0.26 arcsec]

HST (SB)

Síntesis de poblaciones estelares

(CND)

◆ ¿Qué trazadores usamos?

Σ_{gas}

HCN(1-0) [1x0.6 arcsec]

HCO+(1-0) [1x0.6 arcsec]

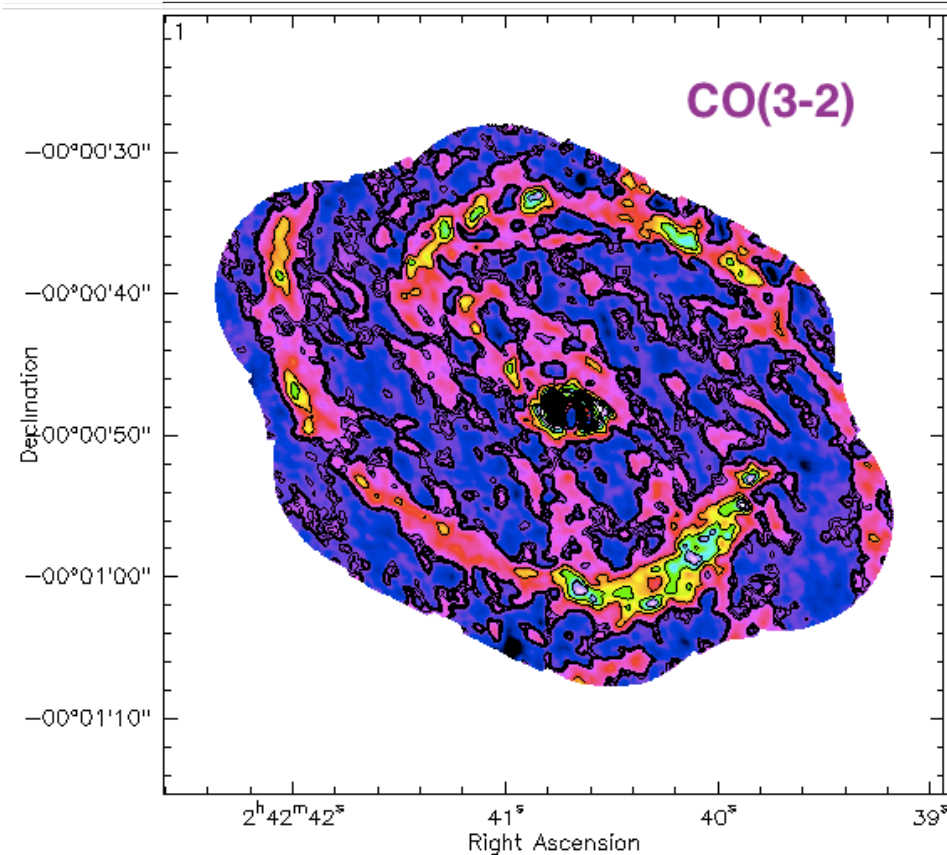
CO(3-2) [0.6x0.5 arcsec]

DUST [0.6x0.5 arcsec]

CO(1-0) [1.5 arcsec]

ALMA

PdBI



Σ_{SFR}

~~H α~~

P α [0.26x0.26 arcsec]

HST (SB)

Síntesis de poblaciones estelares

(CND)

◆ ¿Qué trazadores usamos?

Σ_{gas}

HCN(1-0) [1x0.6 arcsec]

HCO+(1-0) [1x0.6 arcsec]

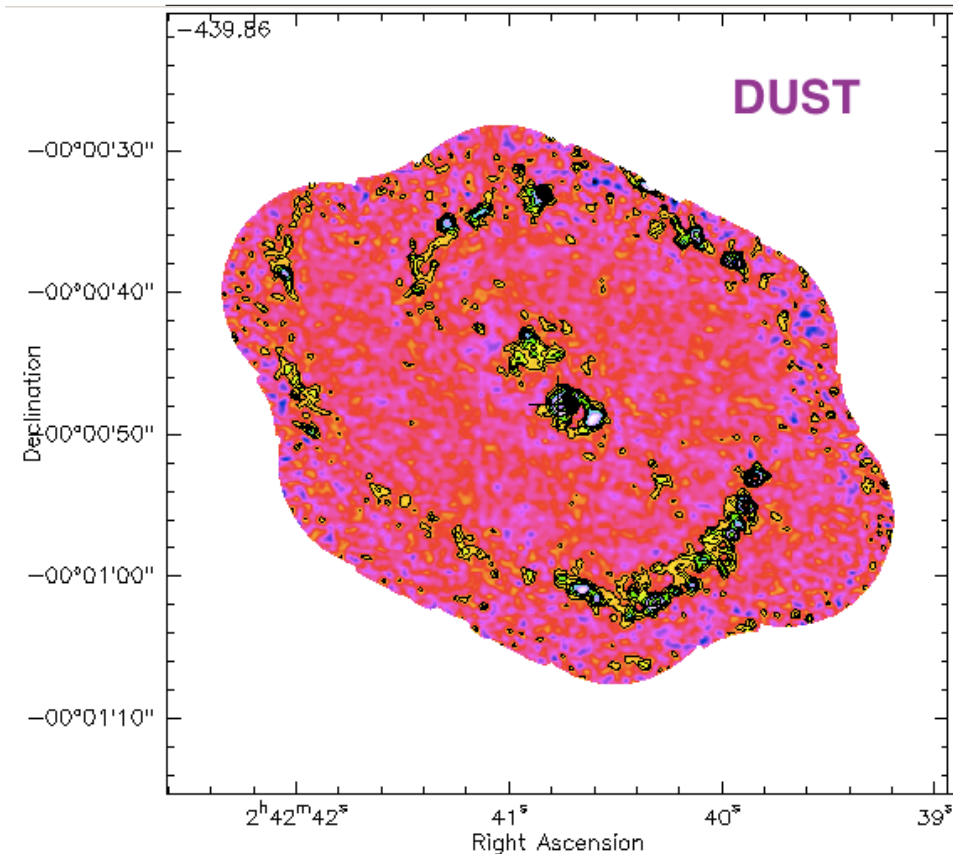
CO(3-2) [0.6x0.5 arcsec]

DUST [0.6x0.5 arcsec]

CO(1-0) [1.5 arcsec]

ALMA

PdBI



Σ_{SFR}

~~H α~~

P α [0.26x0.26 arcsec]

HST (SB)

Síntesis de poblaciones estelares

(CND)

◆ ¿Qué trazadores usamos?

Σ_{gas}

HCN(1-0) [1x0.6 arcsec]

HCO+(1-0) [1x0.6 arcsec]

CO(3-2) [0.6x0.5 arcsec]

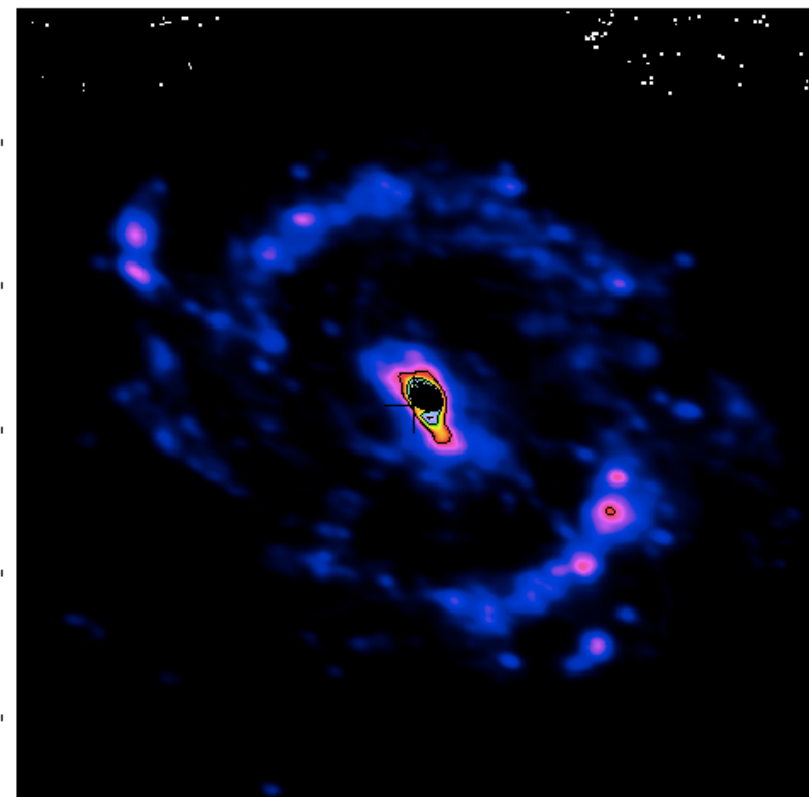
DUST [0.6x0.5 arcsec]

CO(1-0) [1.5 arcsec]

ALMA

PdBI

—00°00'30"
—00°00'40"
Declination
—00°00'50"
—00°01'00"
—00°01'10"



2^h42^m42^s 41^s 40^s 39^s
Right Ascension

Σ_{SFR}

~~H α~~

P α [0.26x0.26 arcsec]

— HST (SB)

Síntesis de poblaciones estelares

— (CND)

METODOLOGÍA

- Software \longrightarrow GILDAS \longrightarrow cubos \longrightarrow imagenes
 fichero .mean \longrightarrow Intensidad integrada
 fichero .width \longrightarrow dispersión de velocidades



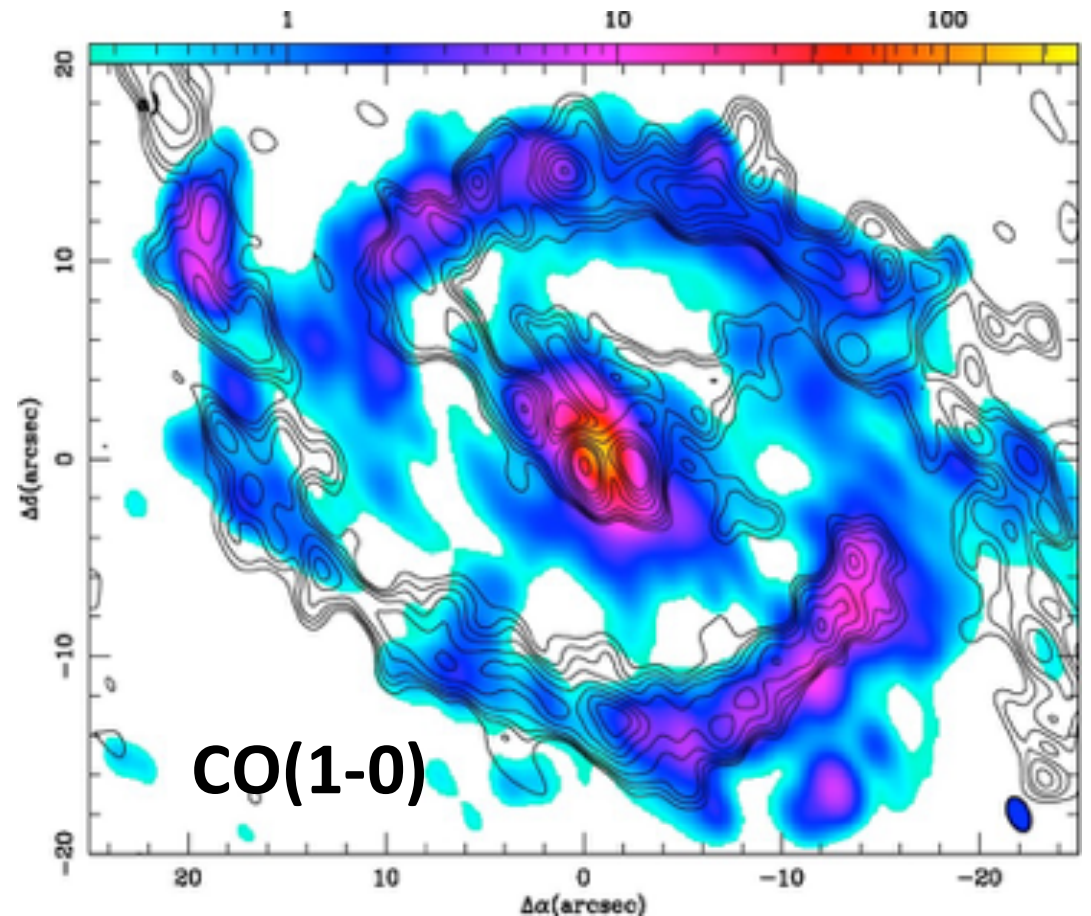
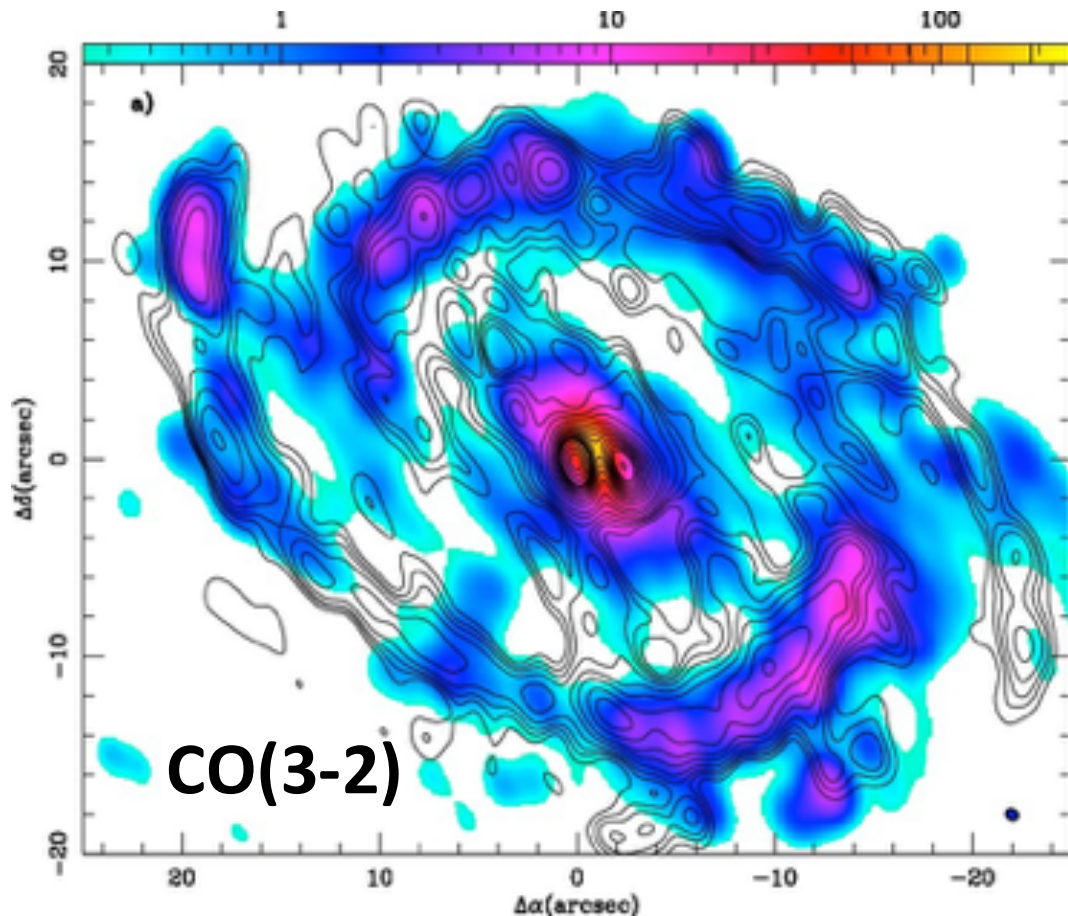
-Degradando y re proyectando a diferentes resoluciones:

Resolución inicial [56 pc para HCN(1-0) y HCO+(1-0), 39 pc CO(3-2) y DUST, y 100 pc CO(1-0)], 100 pc, 200 pc, 300 pc, 400 pc, 500 pc y 700 pc

- **NGC1068: galaxia SB + AGN**

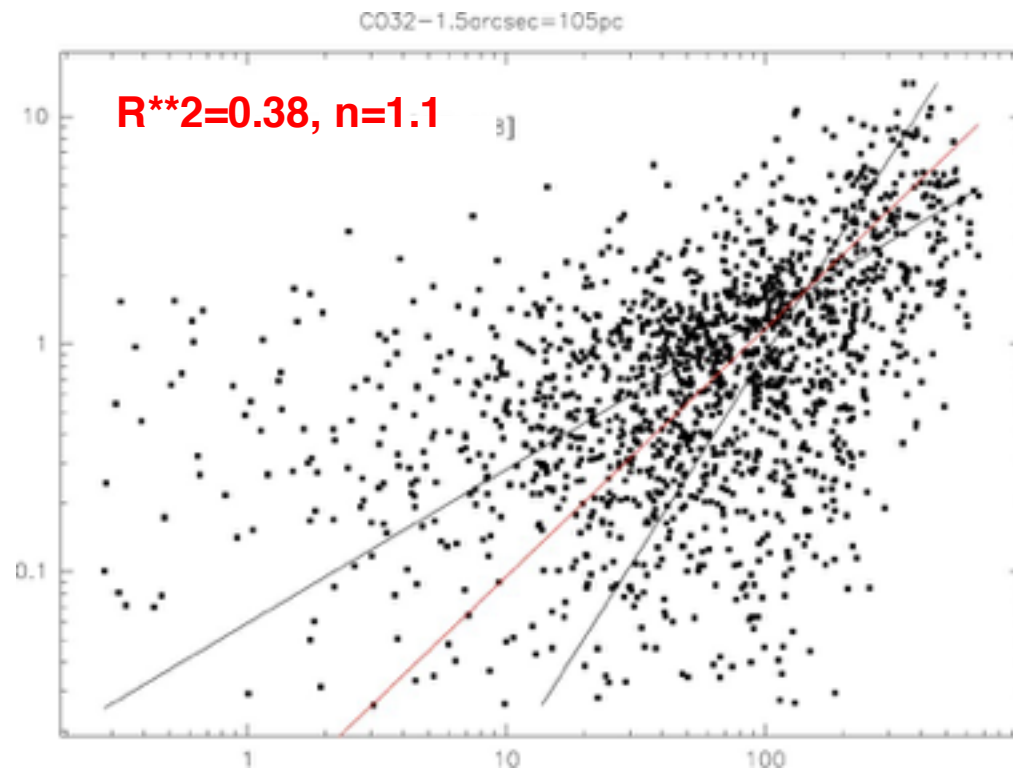
- 12CO(3-2) ALMA mapa de NGC1068 (*García-Burillo et al 2014*) comparación con 12CO (1-0) PdBI mapa (*Schinnerer et al 2000*)

- HST Pa-alpha imagen

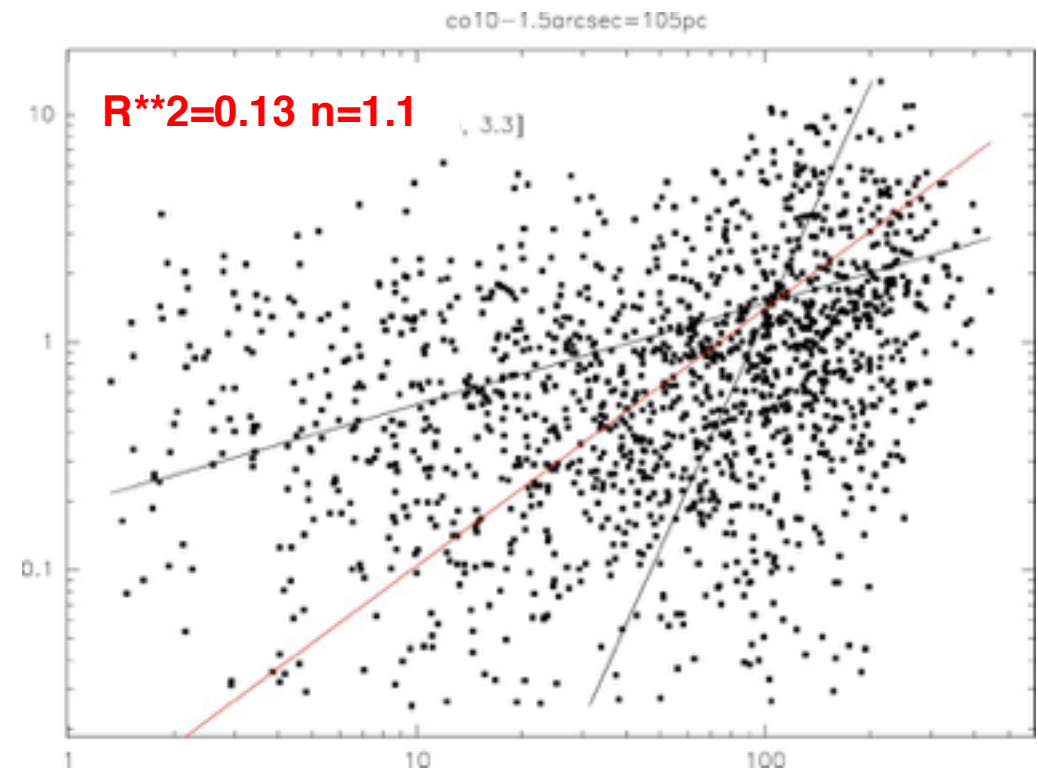


Resolviendo ley KS: NGC1068

KS law from CO (3-2)



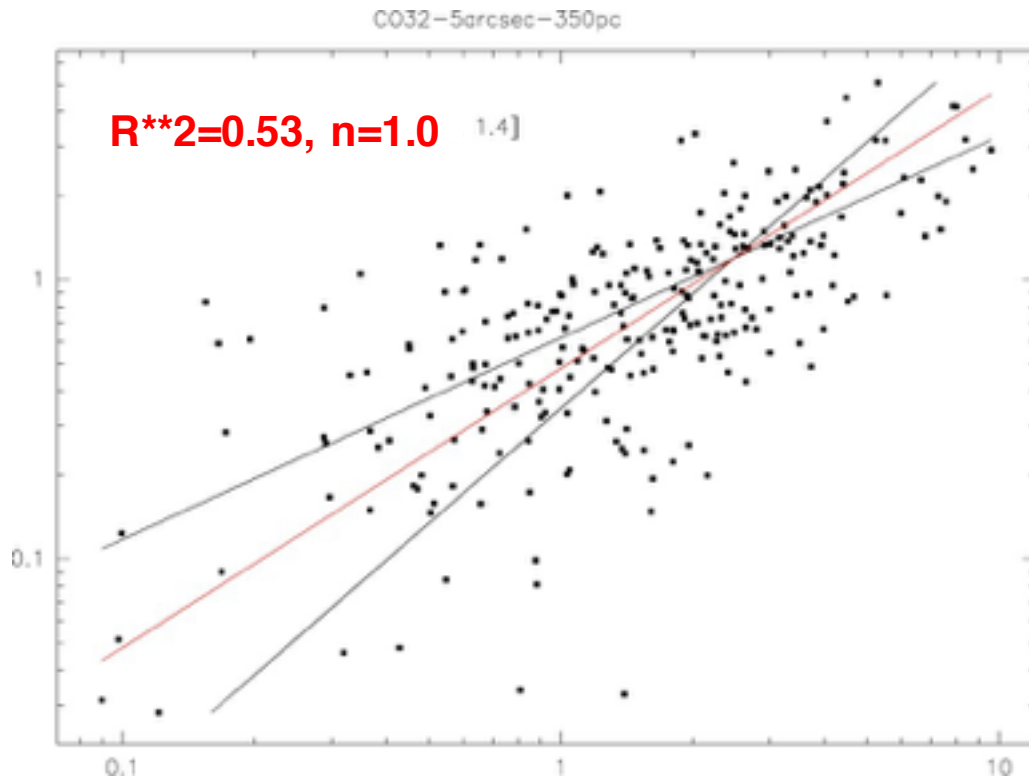
KS law from CO (1-0)



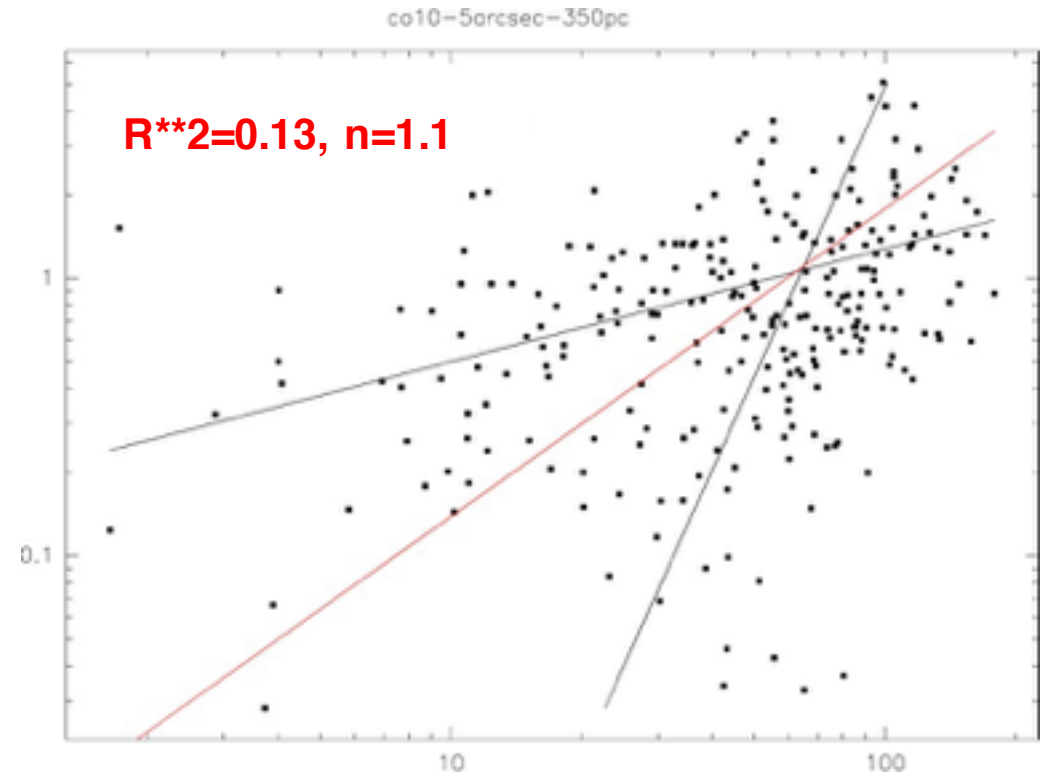
spatial resolution ~ 100 pc

Resolviendo ley KS: NGC1068

KS law from CO (3-2)

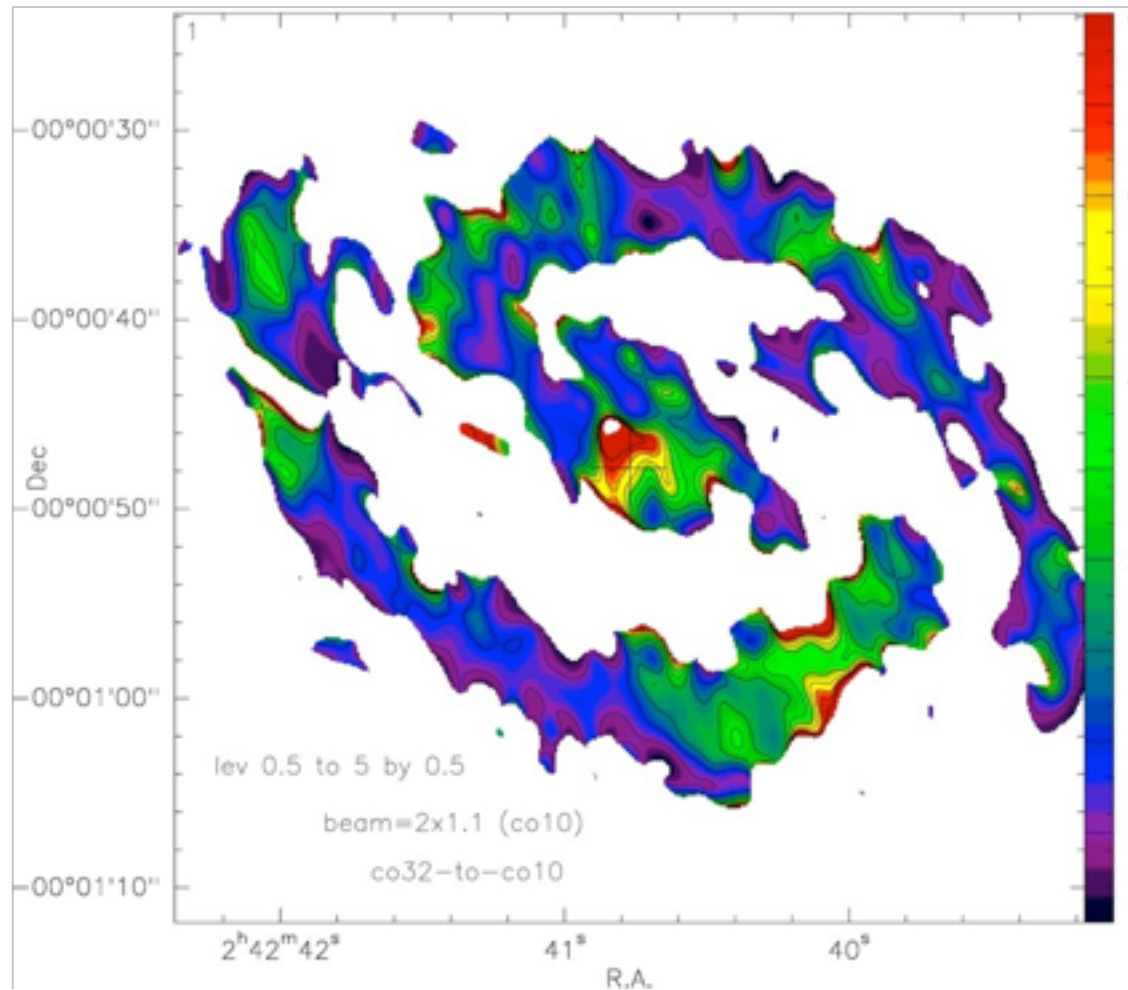


KS law from CO (1-0)

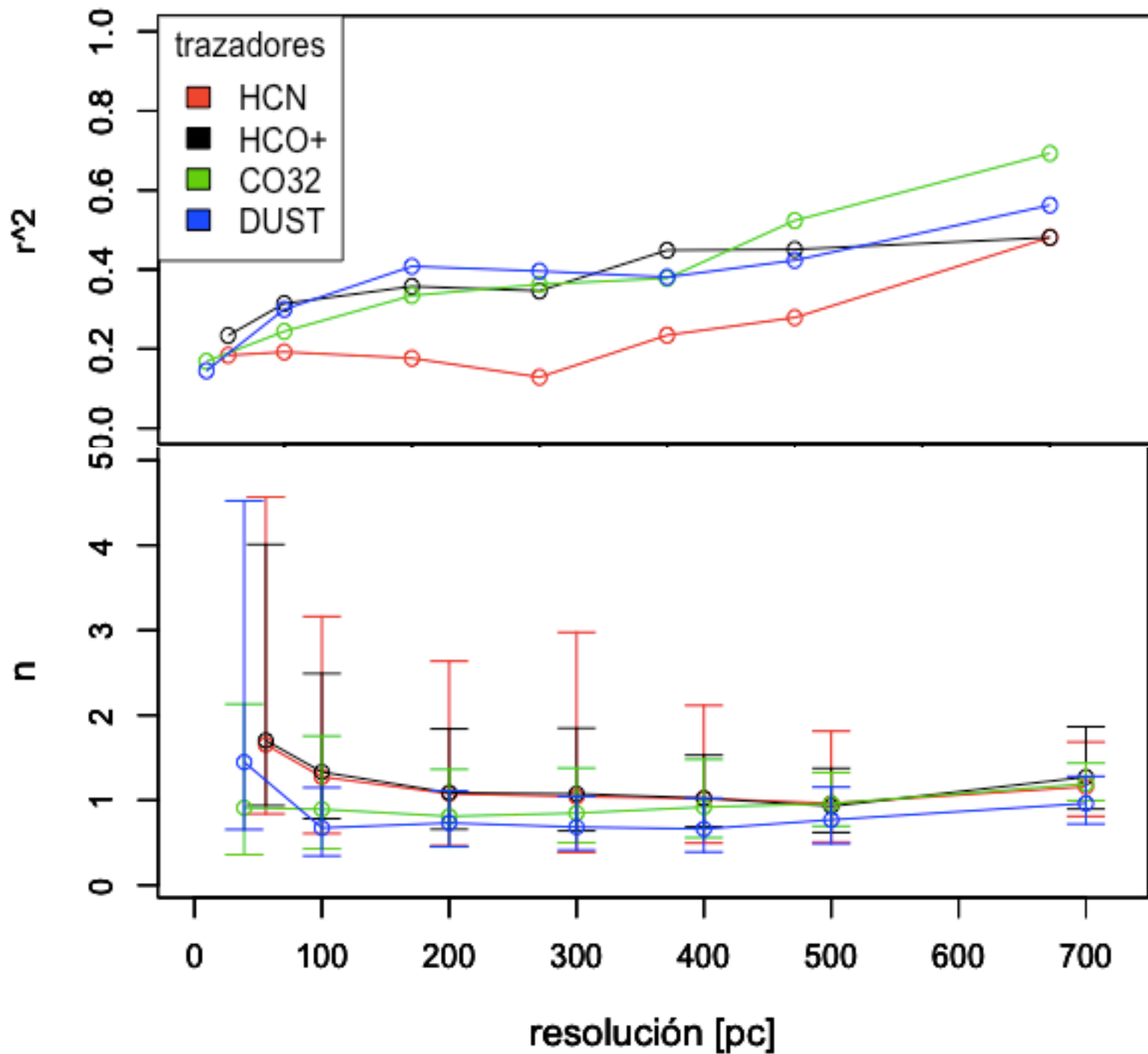


spatial resolution ~ 350 pc

Ratio de línea CO(3-2)/CO(1-0)

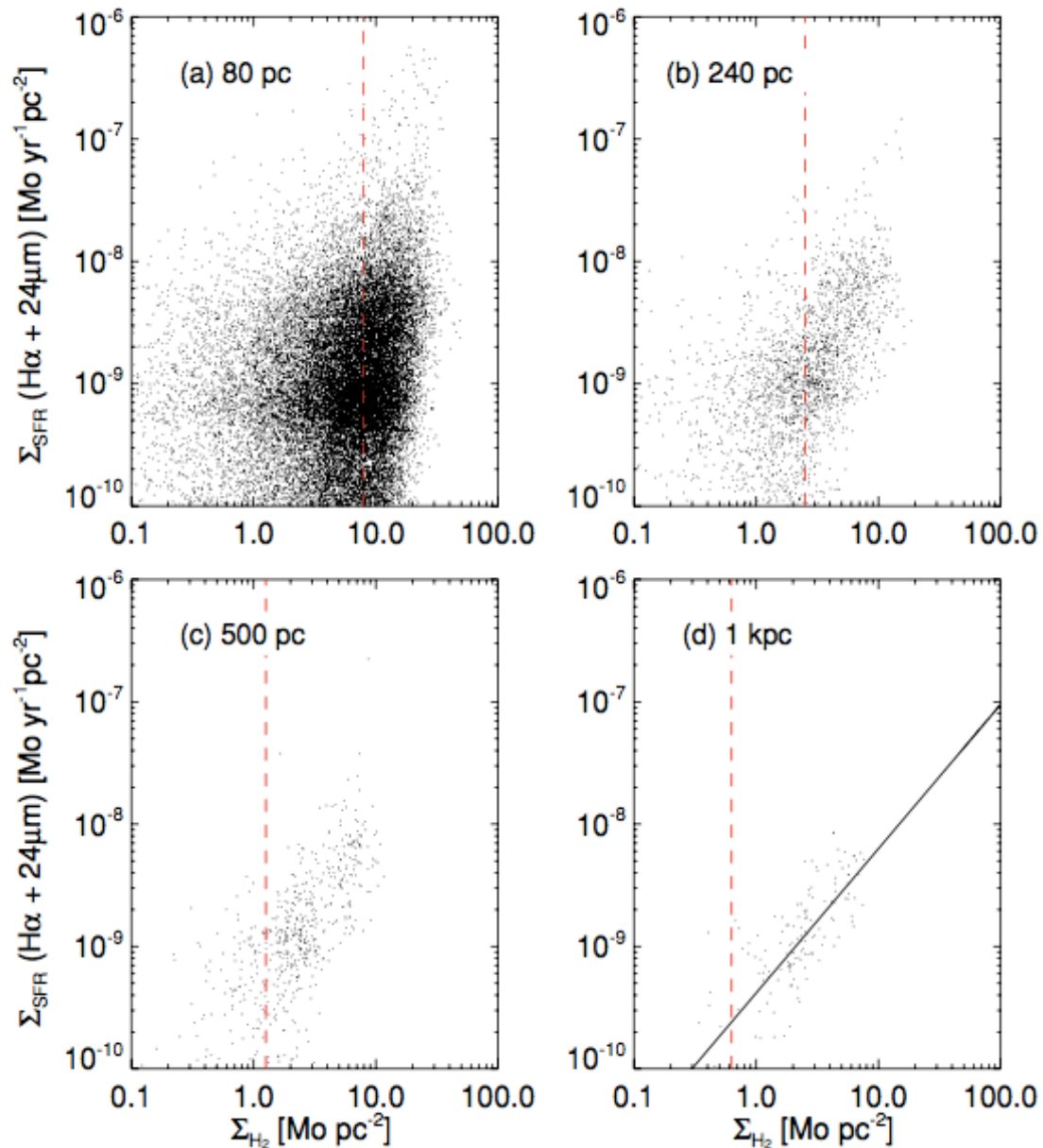


CO3-2/CO1-0 ratio clearly boosted
toward massive SF regions in SB ring



- Tendencia esperable
- Variación de n y de r^2 para diferentes trazadores
- Resoluciones bajas y altas ley no muy buena

Límites ley KS



Onodera et al. 2010

- M33 ($30' \times 20'$) con CO (1–0).

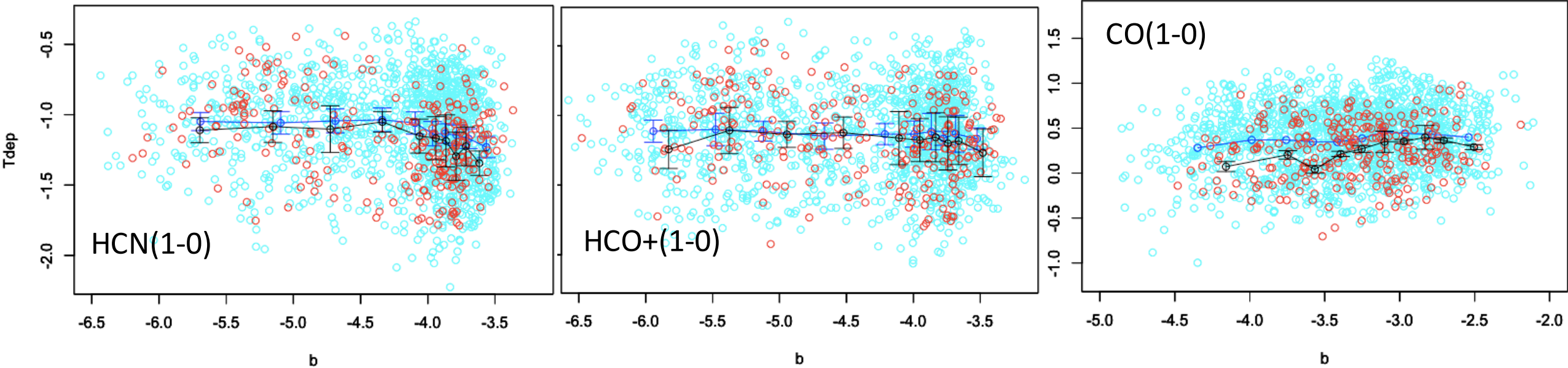
-Ley K-S de gas H₂, $\Sigma_{\text{SFR}}(\text{MIR}, \text{H}\alpha) \sim \Sigma_{\text{H}_2}^n$, inválida a escalas GMC (~ 80 pc).

Schruba et al. 2010

-Para grandes escalas, resultados consistentes con ley de formación estelar molecular ($\Sigma_{\text{SFR}}(\text{H}\alpha) \sim \Sigma_{\text{H}_2}^n$) with $n \sim 1.1-1.5$

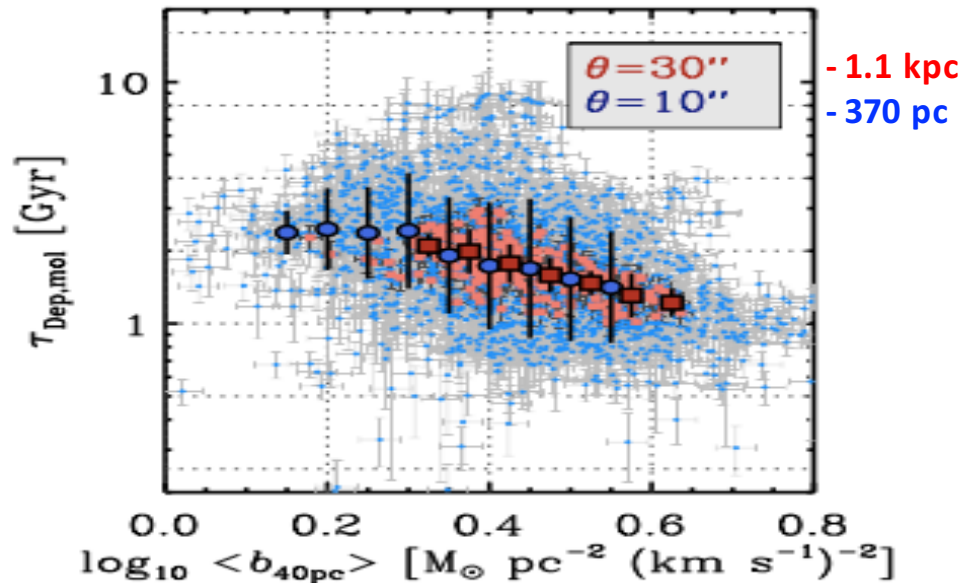
-Ley SF observada en escalas de kpc se rompe en aberturas del tamaño de 300 pc.

Estudio de la dinámica



$$T_{\text{dep}} = \frac{L_{\text{tracer}}}{L_{\text{Palpha}}}$$

$$b = \frac{L_{\text{tracer}}}{(\text{FWHM})^2}$$

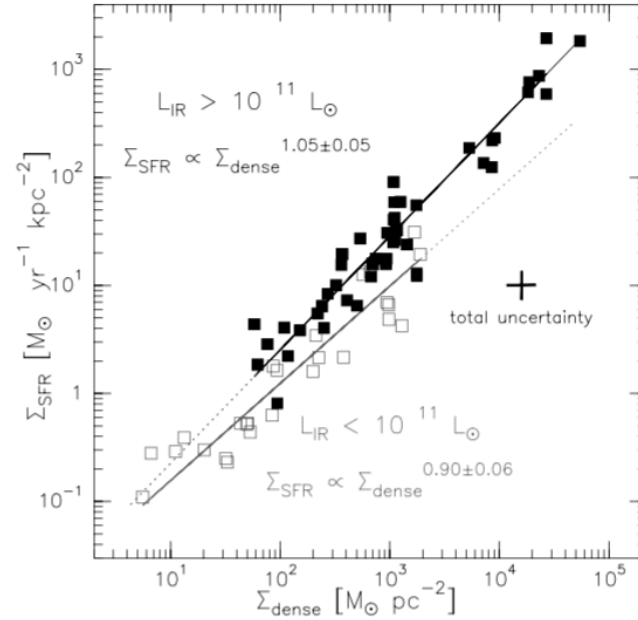
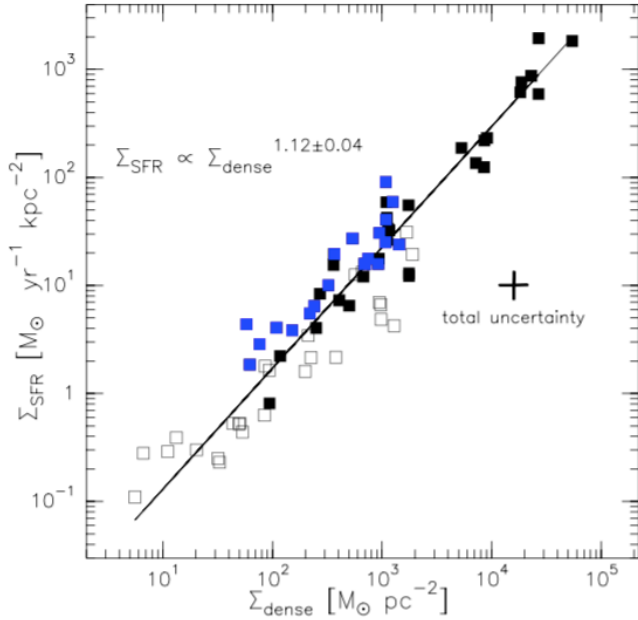


-Comparación estructura gas molecular a 40 pc resolución en disco de M51. (CO(1-0) e IR)

-Sentido de la correlación es que cuanto más ligado está el gas ($b \uparrow$) tarda menos tiempo en formar estrellas ($T_{\text{dep}} \downarrow$).

(Leroy+17)

Comportamiento en diferentes tipos de galaxias

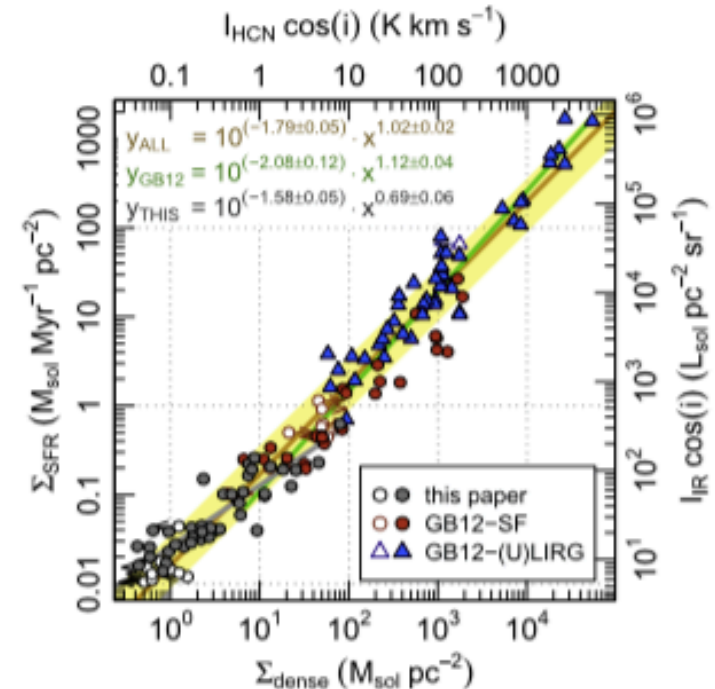
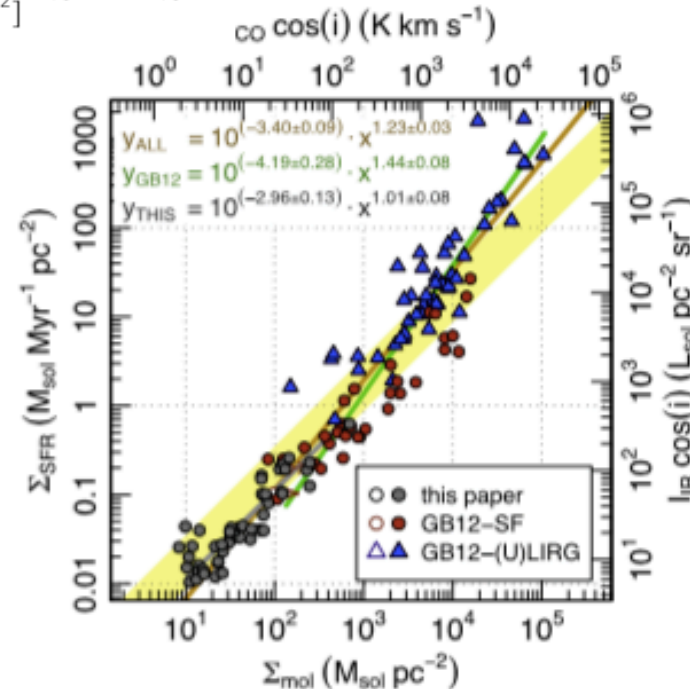


S. García-Burillo+12

- KS laws in normal galaxies and LIRGs/ULIRGs.
- Fit to the full sample power index $N = 1.12 \pm 0.04$.
- LIRGs/ULIRGs and normal galaxies are not fully overlapping in this scatter plot.

A. Usero+15

- Continuity between them data and SF galaxies.
- But SF laws for the molecular gas are not the same at galactic and sub-galactic scales.



CONCLUSIONES

- Leyes de formación estelar varían entre trazadores y resoluciones
- Trazadores de gas más denso se ajustan mejor a la ley
- Se cumple la ley $\sim [100-500]$
- La dinámica aparentemente aceptable.
- Parámetro b depende en gran medida de la resolución espacial



intervienen otros efectos