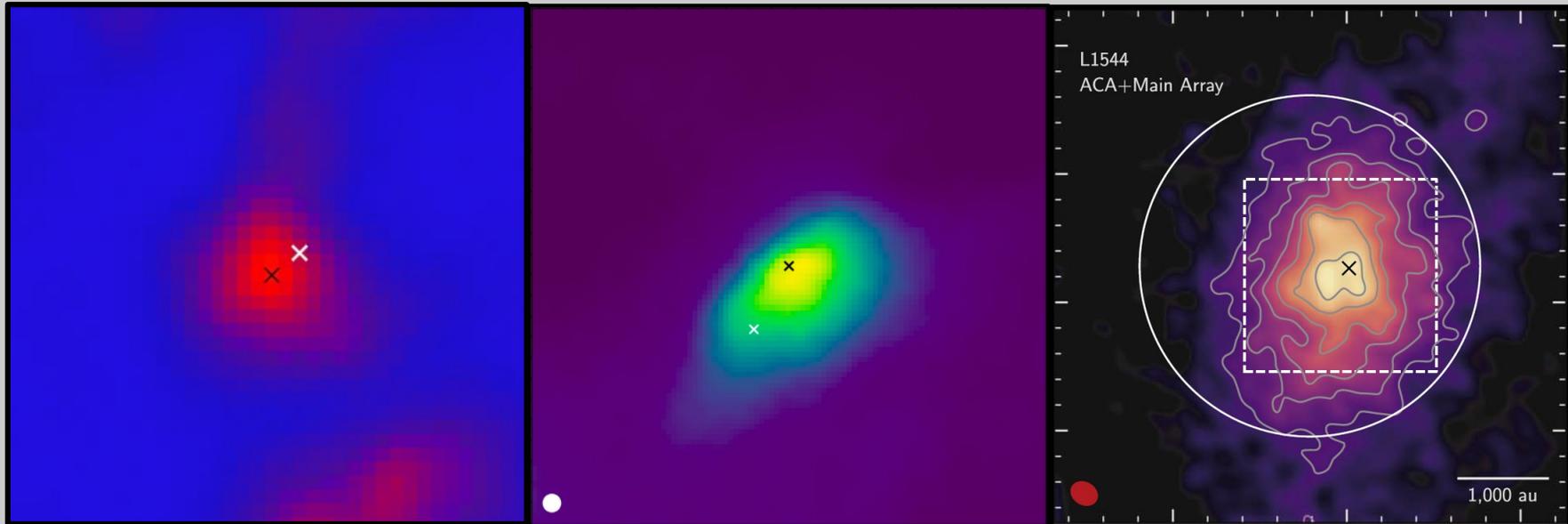


# Complejidad química en núcleos preestelares

Andrés Megías Toledano



Directora: Izaskun Jiménez Serra

Doctorado en Astrofísica - Jornadas de doctorandos - 16 de abril de 2021

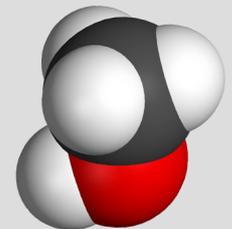
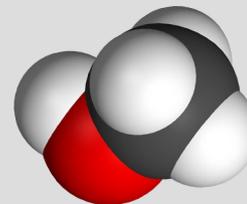
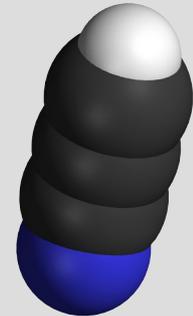
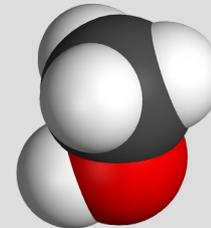
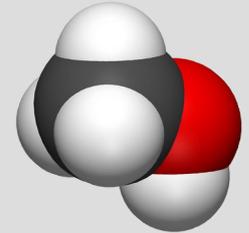
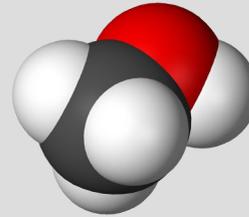
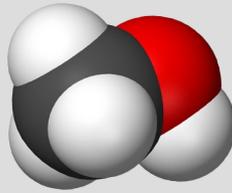


CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA · CAB  
ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY PROGRAM



# Índice

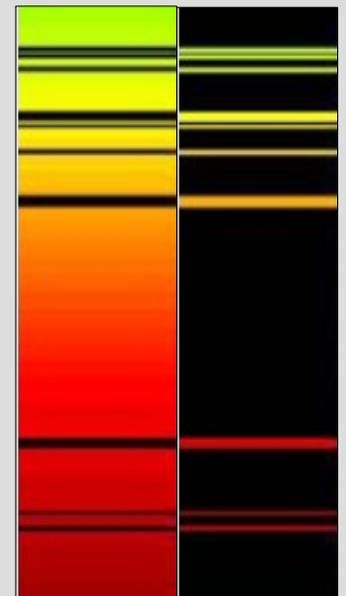
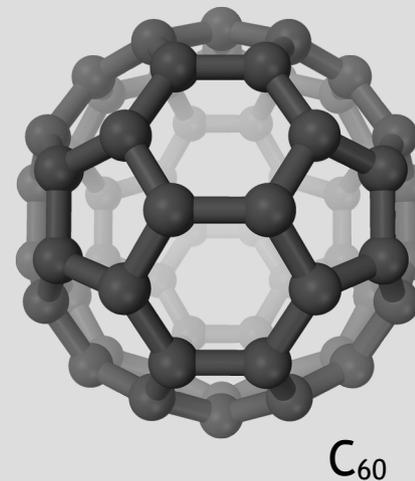
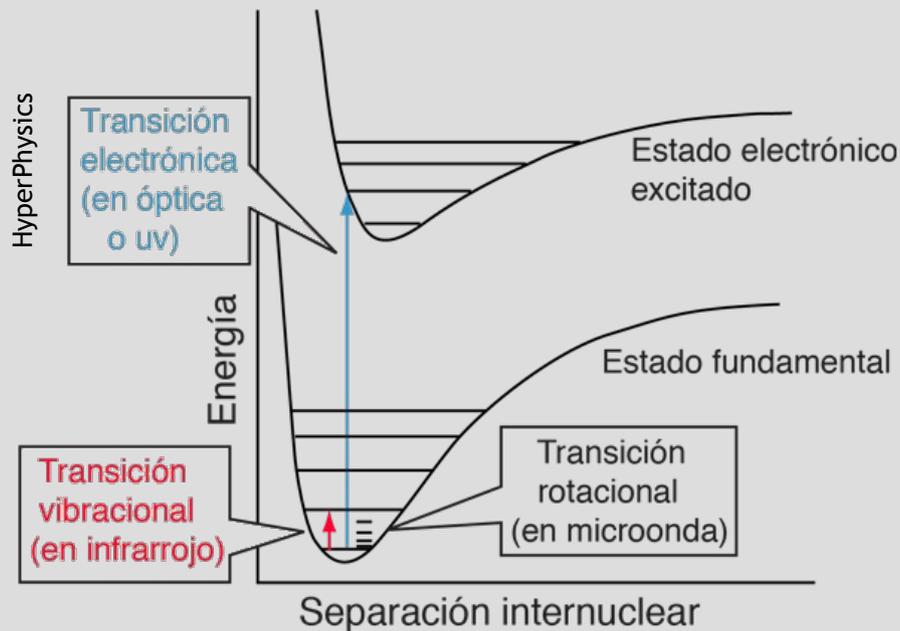
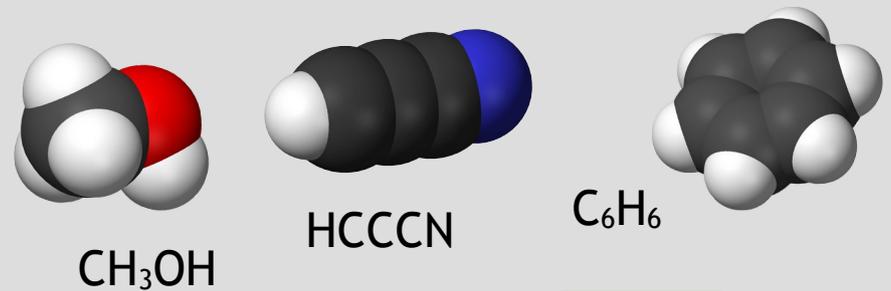
- **Introducción:**  
Astroquímica
- **Metodología:**  
Procesado de espectros
- **Resultados:**  
Abundancias de moléculas
- **Estudios futuros**



# Introducción - Astroquímica

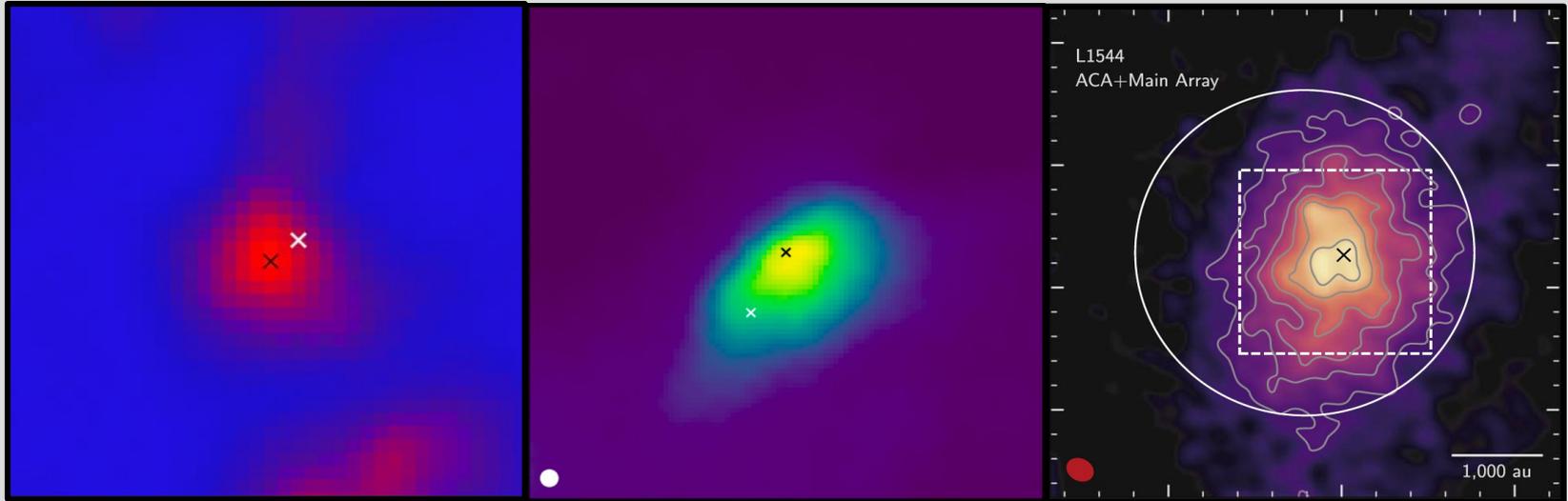
- Espectroscopía  $\Rightarrow$  Detección de moléculas en el espacio (radio).
- Moléculas orgánicas complejas: con carbono y más de 6 átomos.
- Química compleja y diversa.
  - Los granos de polvo son importantes.

↗ ¡más de 200!



# Introducción - Estudio

- **Núcleos sin estrella** → Regiones extensas y frías (~ 10 K) de gas y polvo con densidades superiores al medio, primera fase de la formación de un sistema solar.
- **Núcleos preestelares** → Se produce colapso gravitatorio.
- Se ha observado un núcleo sin estrella joven, L1517B en busca de moléculas orgánicas.



L1517B

Megías *et al.* (en prep.)

L1498

Jiménez-Serra *et al.* (2021)

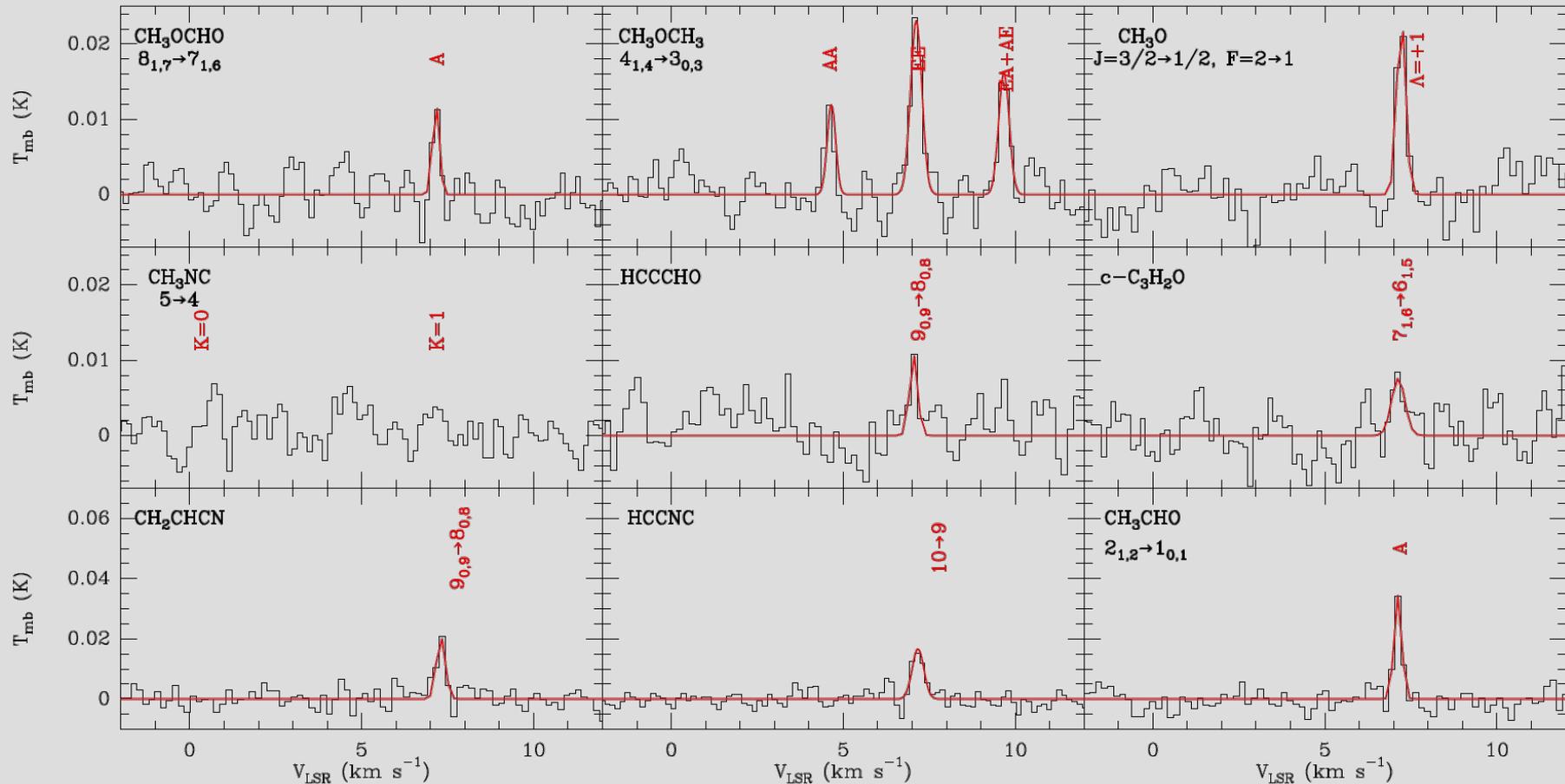
L1544

Jiménez-Serra *et al.* (2016)

Caselli *et al.* (2019)

# Introducción - Estudio

L1544

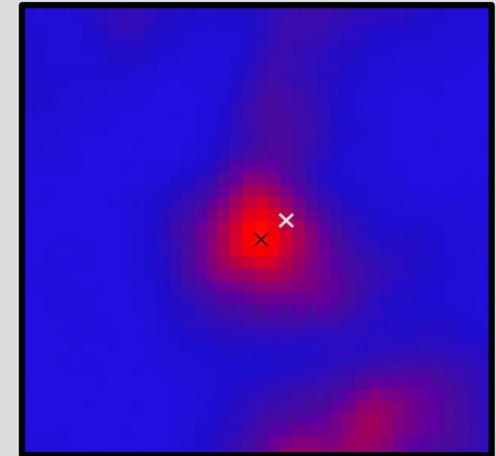


Moléculas orgánicas abundantes a unas 4000 au del centro.

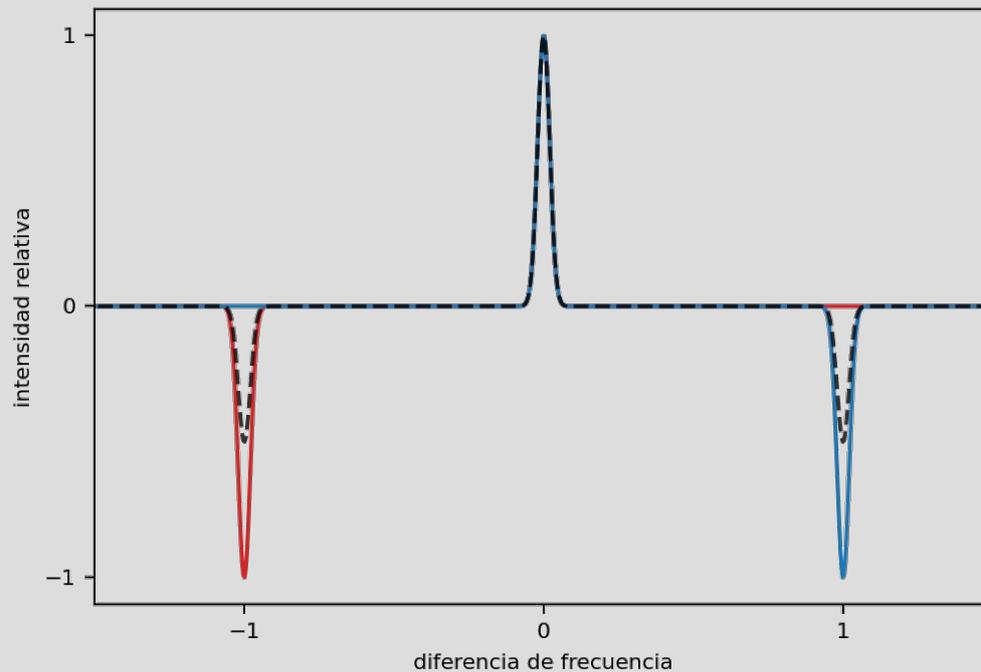
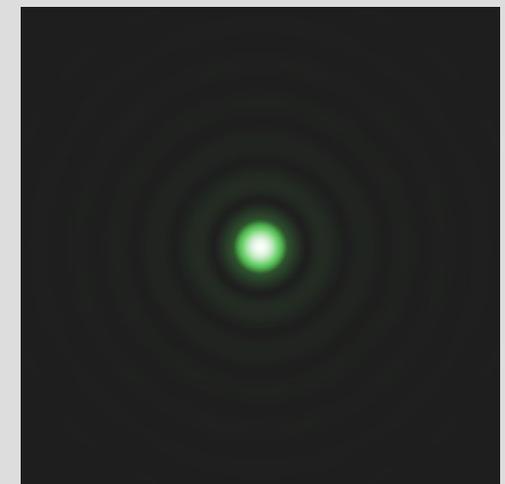
Jiménez-Serra *et al.*, 2016, ApJL 830, L6.

# Metodología - Observaciones

- Barrido espectroscópico a 3 mm (80-117 GHz).
- Telescopio de 30 m de Pico Veleta (IRAM).
- Dos posiciones: centro y pico de metanol.
- Técnica del intercambio de frecuencia.



L1517B

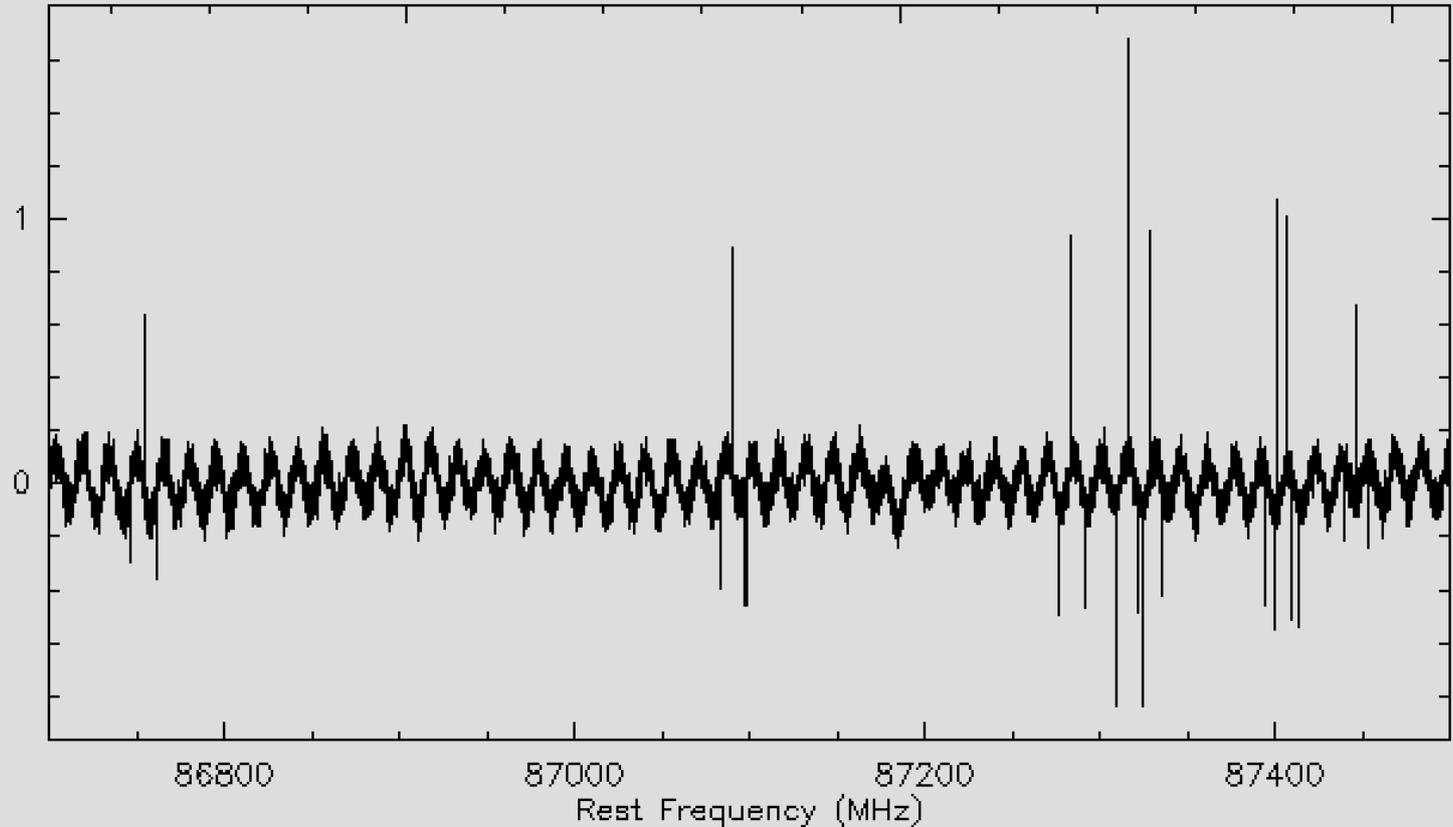


# Metodología - Procesado de datos

- Archivos en formato CLASS (programa GILDAS).
- Objetivo: reducir los espectros (aplanar la línea de base).

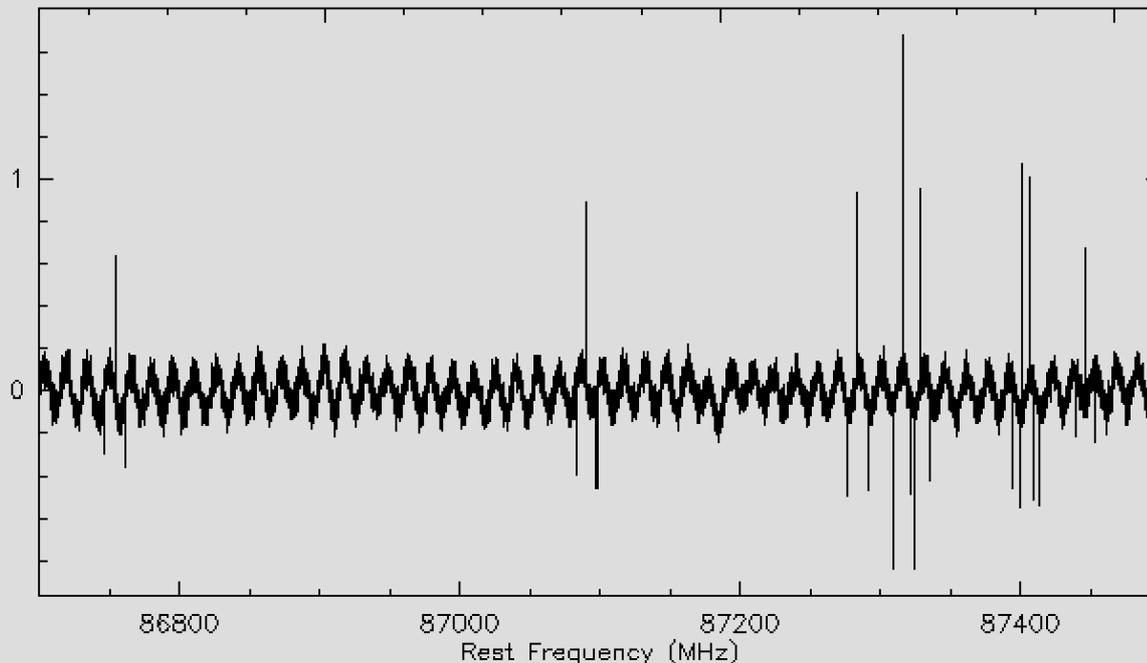


```
class
file in observ.30m
find /all
list
set source L1517B
set line *L84*
set telescope *LI*
find /all
list
get first
plot
set mode x
plot
```



# Metodología - Procesado de datos

- Paso 1. Seleccionar y juntar las observaciones comunes (mejora el ruido).
- Paso 2. Identificar las líneas espectrales.
- Paso 3. Ajustar la línea de base y sustraerlo (quitar ondulaciones).
- Paso 4. Promediar las regiones que solapen.



Muchas acciones  
repetitivas ⇒

Automatización

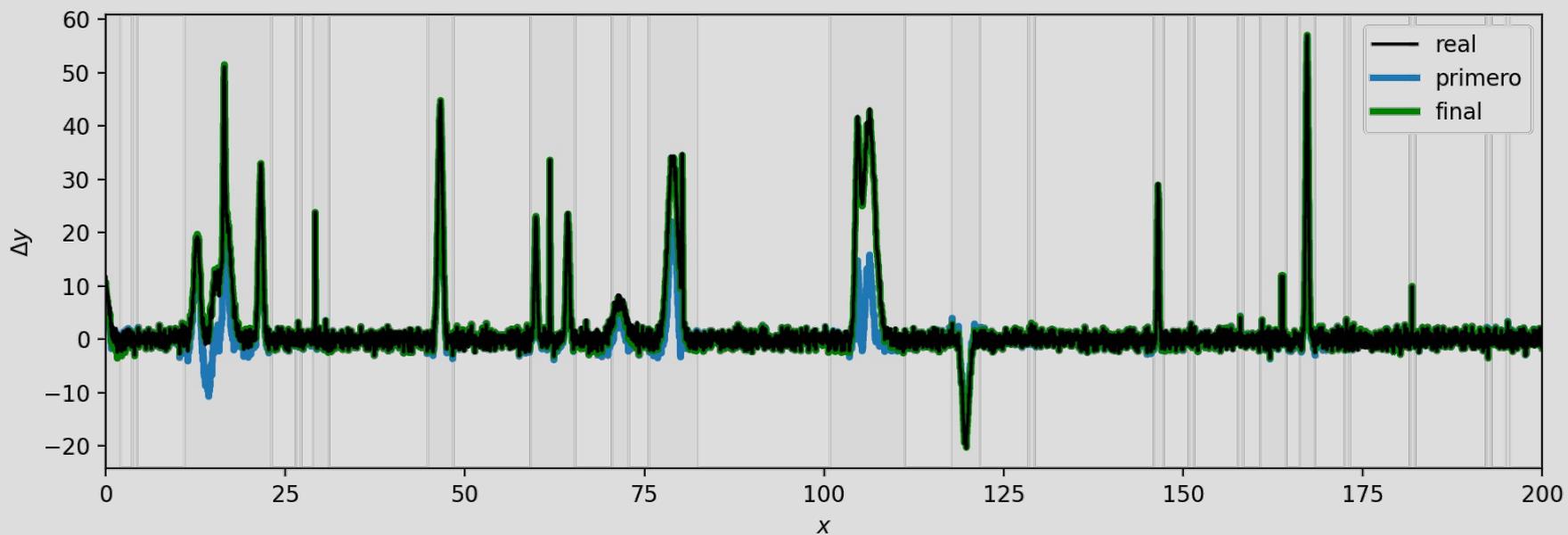
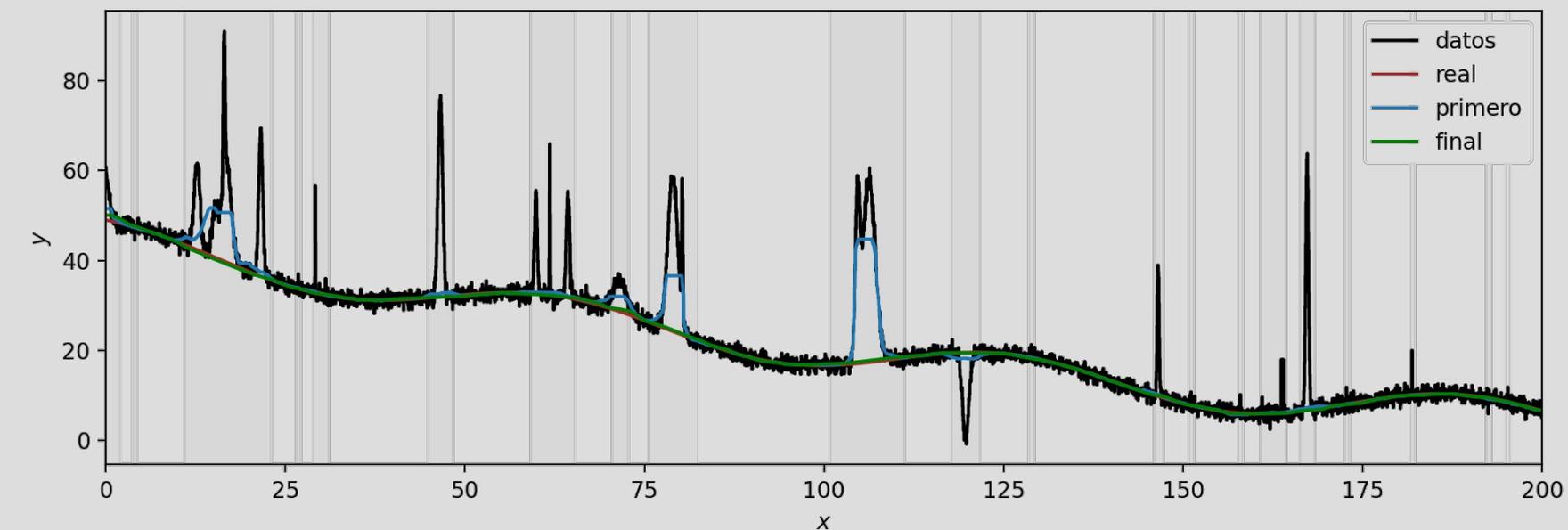


# Metodología - Archivo de configuración

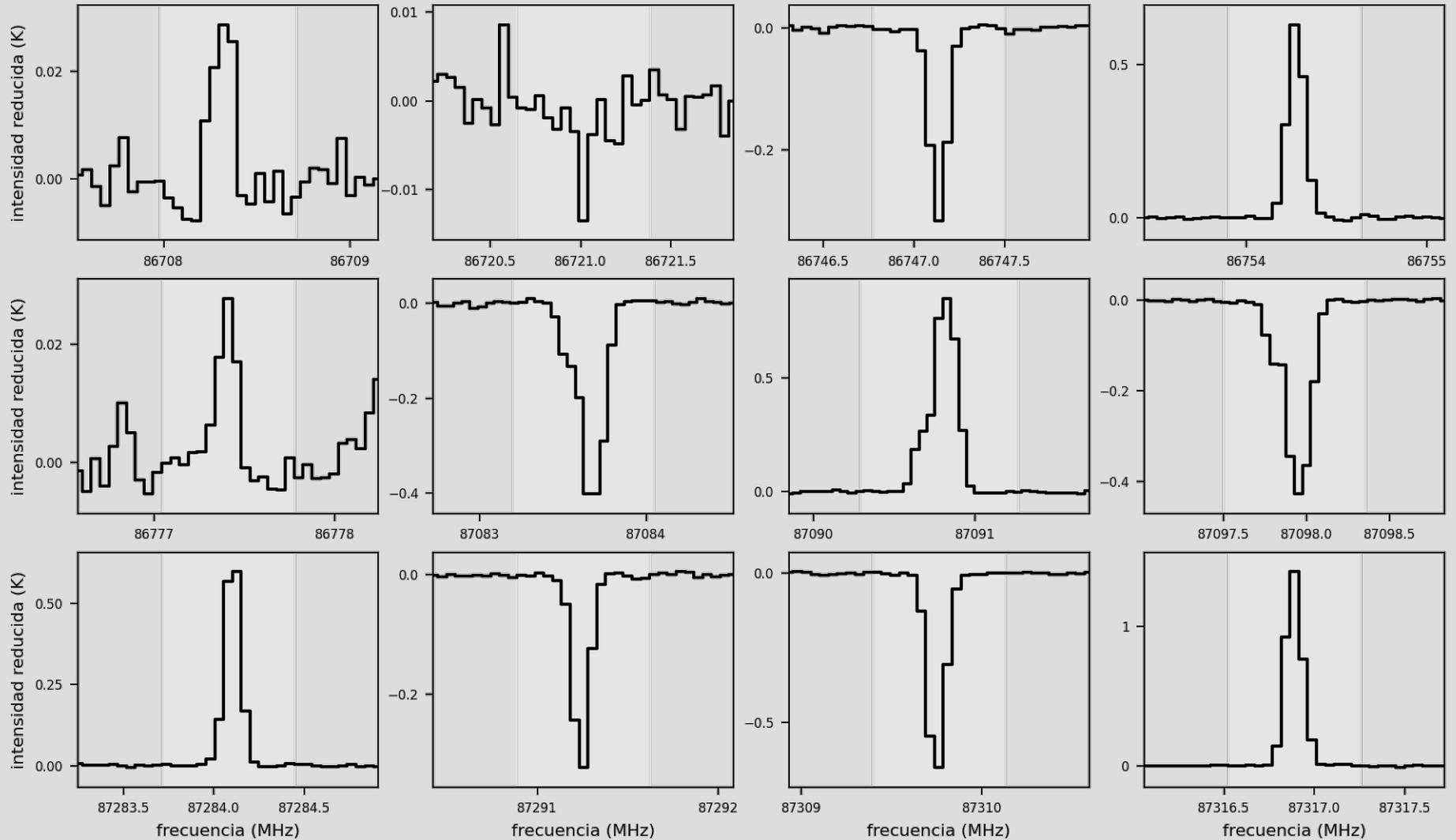
```
data folder: './input/'
input files:
  FTS0dp20200930.30m:
    sources-lines-telescopes:
      L1517B:
        L84*: 'common'
      L1517B0FF1:
        L84*: 'common'
        L94*: 'common'
  FTS0dp20201001.30m:
    sources-lines-telescopes:
      L1517B:
        L84*: 'common'
        L94*: 'common'
      L1517B0FF1:
        L84*: 'common'
        L94*: 'common'
common telescopes: ['*LI*', '*UI*', '*LO*', '*UO*']
telescope efficiencies:
  beam efficiency: [0.81, 0.78, 0.74, 0.63, 0.59, 0.49, 0.35, 0.34]
  frequency (GHz): [86, 115, 145, 210, 230, 280, 340, 345]
reduction:
  show lines: yes
  reference width: 10
  smooth factor: 20
  intensity threshold: 8
```

```
python3 processing.py L1517B/config.yaml --selection
```

# Metodología - Reducción



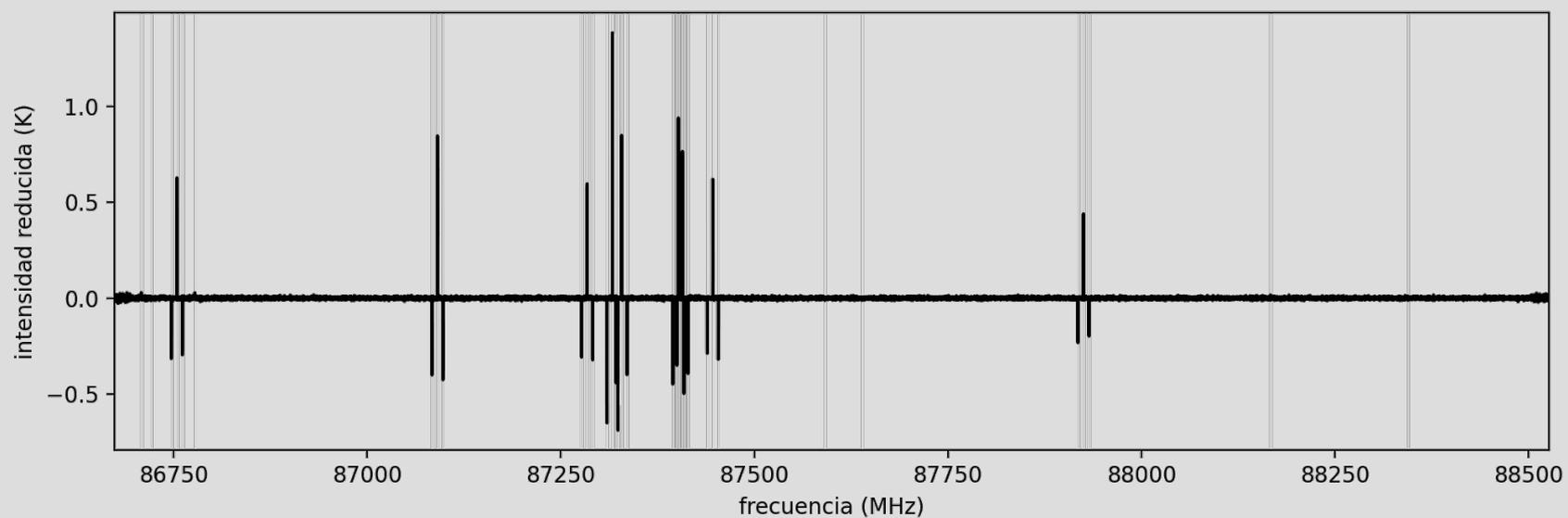
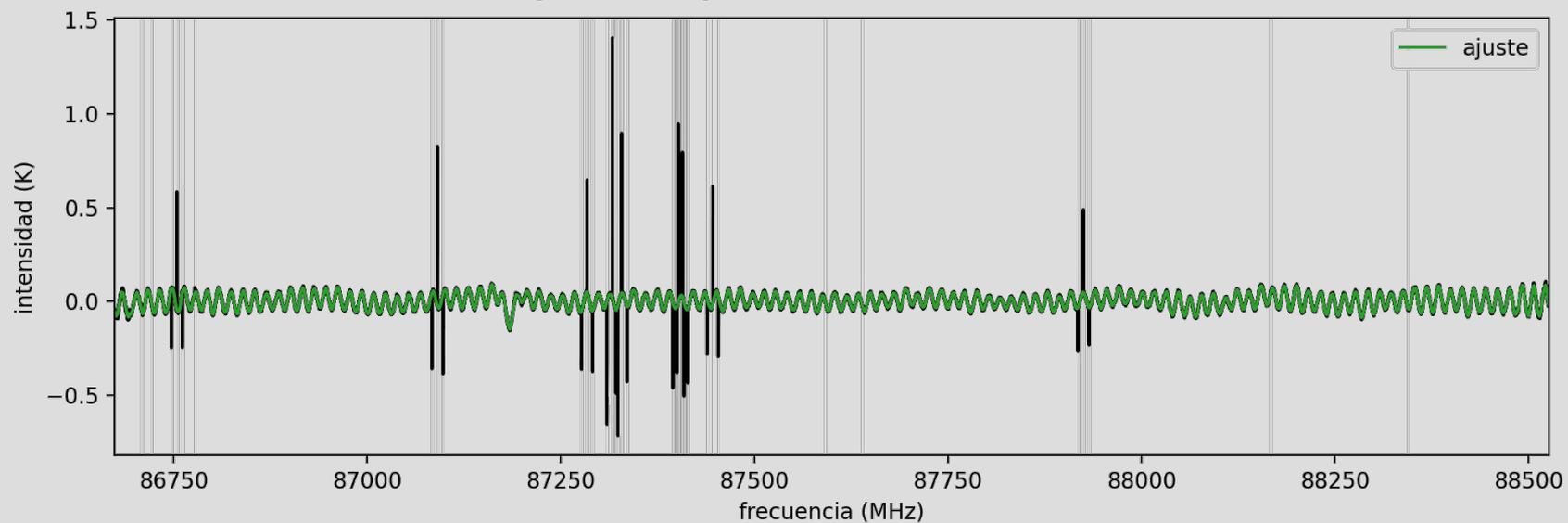
# Metodología - Reducción



```
python3 processing.py L1517B/config.yaml --line_search
```

# Metodología - Reducción

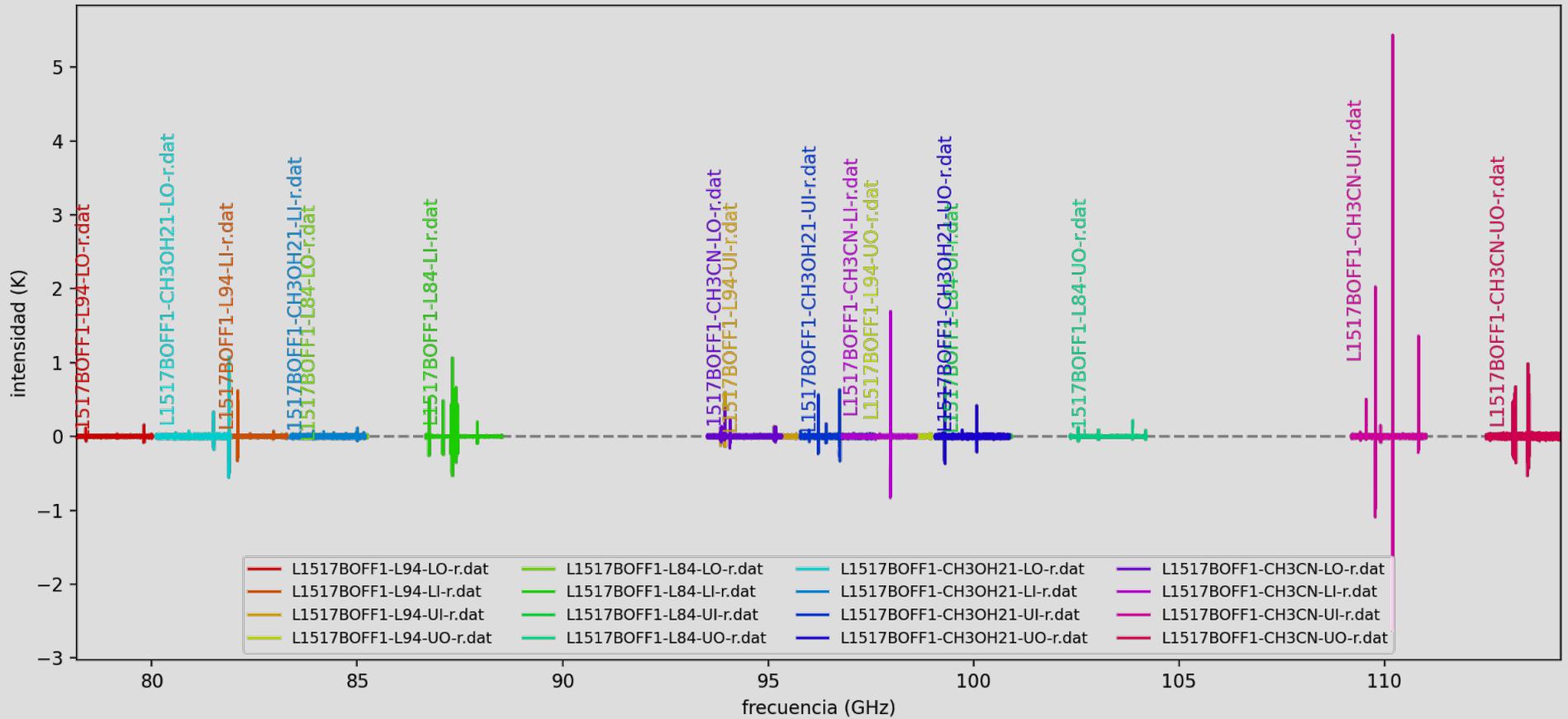
Espectro completo - L1517B-L84-LI.dat



```
python3 processing.py L1517B/config.yaml --reduction
```

# Metodología - Reducción

Todos los espectros - L1517BOFF1



```
python3 average.py L1517B/config-average.yaml --plot
```

# Metodología - Ajuste de líneas



SLIM Product Data Catalog Show Information Undo

SlimDB SimFit

Only Checked  All Species Units: K Select Tab SET

Spectra Table Container/Cube Simulate Auto Fit Residual: SET

MOLECULAR PARAMETERS

formula	Comp.	logMEM	f	$T_{\text{ex}}   T_{\text{e}}^*$	f	$V_{\text{LSR}}$	f	FWHM	f	S.Size	f	C...	Filter	Noise	Simul...
CH3OCHO	1	12.32...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
CH3OCH3	1	11.87...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
CH3CHO	1	11.69...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
HCCCHO	1	11.26...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
CH3CN	1	10.24...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
CH3NC	1	10.10...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
HCCCN	1	12.96...	<input checked="" type="checkbox"/>	5.33...	<input checked="" type="checkbox"/>	5.81...	<input type="checkbox"/>	0.31...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
HCCNC	1	11.07...	<input type="checkbox"/>	5.94...	<input checked="" type="checkbox"/>	5.8	<input checked="" type="checkbox"/>	0.28...	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Rem_CH3O...	1	13.14...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
CH3OH-E,v...	1	13.84...	<input type="checkbox"/>	3.88	<input checked="" type="checkbox"/>	5.8	<input checked="" type="checkbox"/>	0.28...	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
CH3OH-A,v...	1	13.14...	<input type="checkbox"/>	4.73...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input checked="" type="checkbox"/>	0.28...	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Methoxy	1	11.19...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Cycloprope...	1	10.80...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
C2H3CN	1	10.57...	<input type="checkbox"/>	6.29...	<input type="checkbox"/>	5.8	<input type="checkbox"/>	0.28...	<input type="checkbox"/>	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0E-4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>

PARAMETER SLIDERS

$\log_{10} N$ : 10 11.4 12.8 14.2 15.6 17

$T_{\text{ex}}$ : 1 11 21 31 41 51

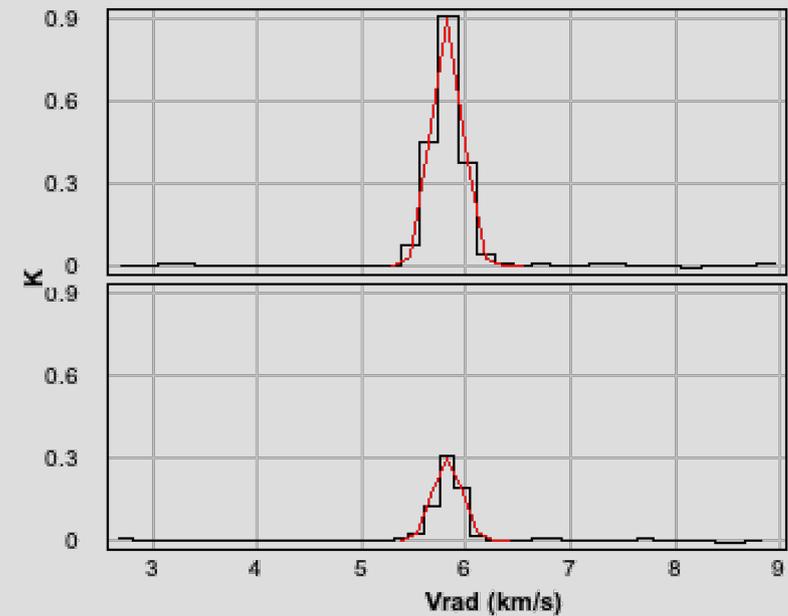
$V_{\text{LSR}}$ : 1 11 21 31 41 51

FWHM: 0 5.2 10.4 15.6 20.8 26

Cont. Size: 0 4 8 12 16 20

Source Size: 0 4 8 12 16 20

$T_{\text{c}}$ : 0 2.2 4.4 6.6 8.8 11

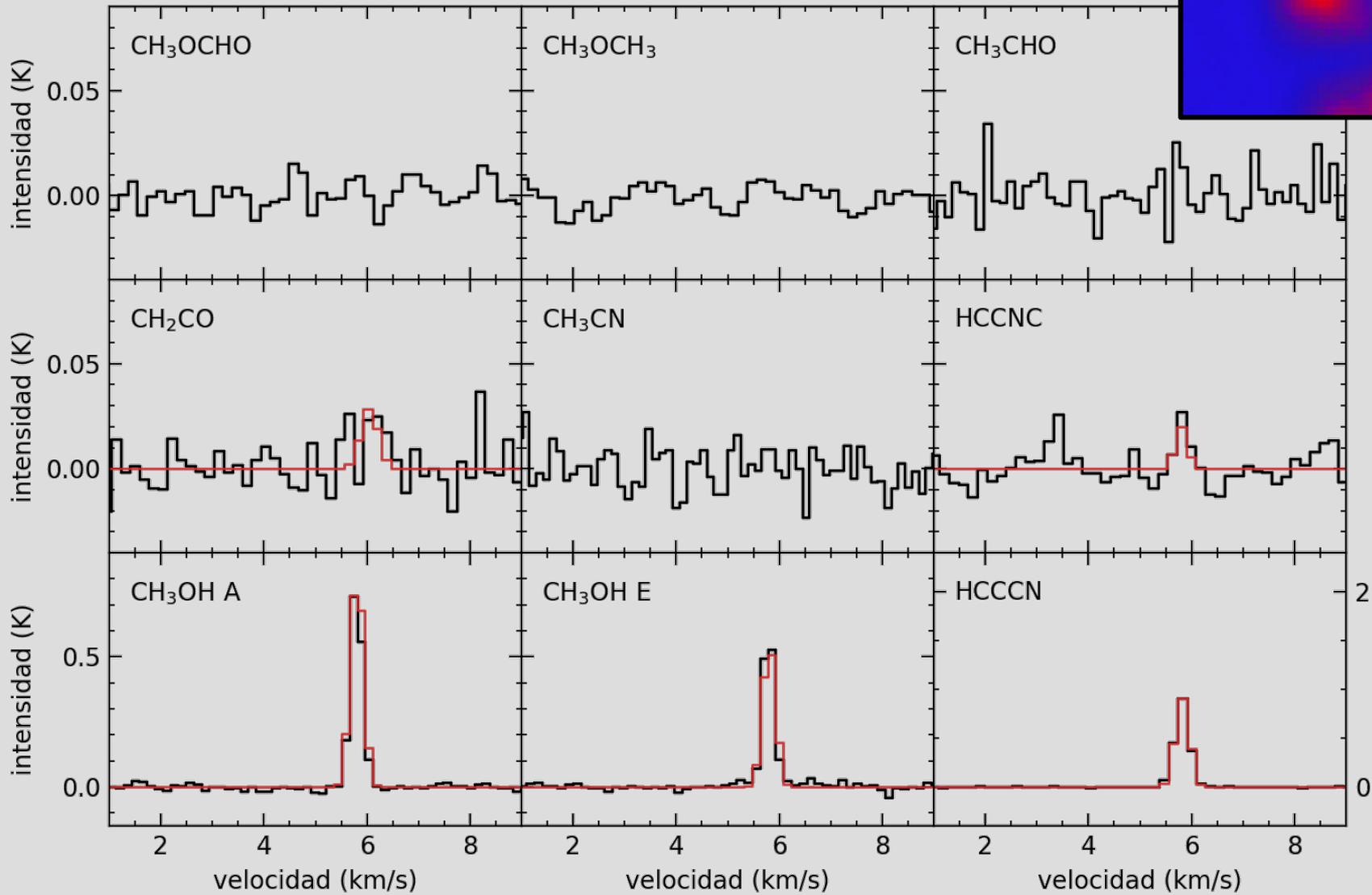
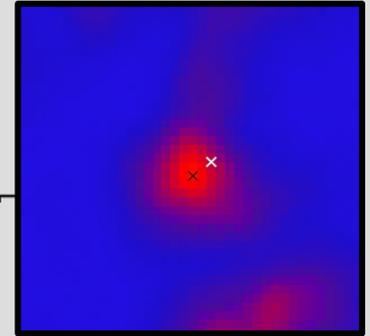


Martín *et al.*, 2019, A&A 631, A159.



# Resultados - Líneas

## L1517B - pico de metanol

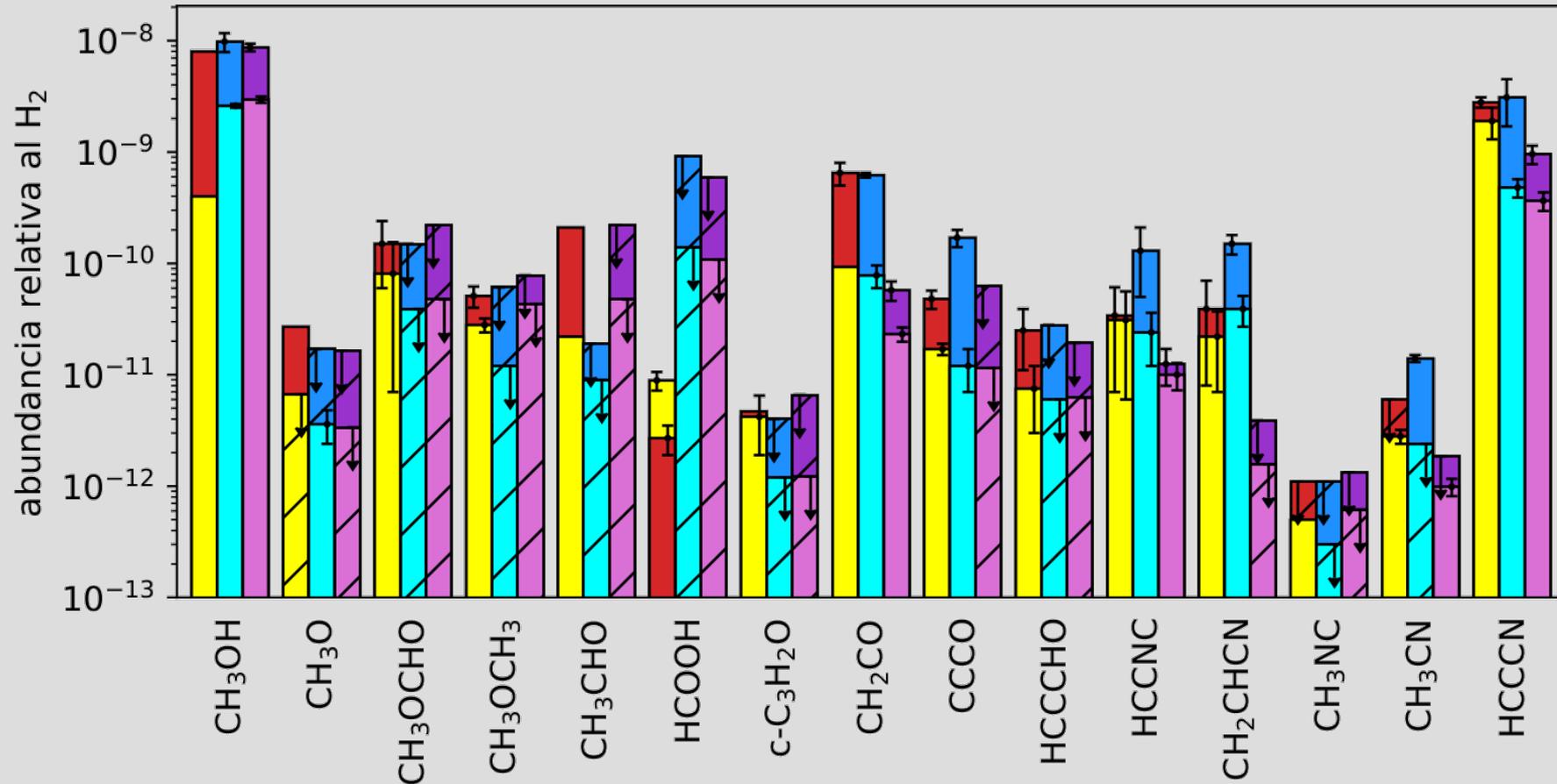


# Resultados - Abundancias

Pico de metanol:  $N_{\text{H}_2} \approx 9.6 \cdot 10^{21} / \text{cm}^2$

Centro:  $N_{\text{H}_2} \approx 3.5 \cdot 10^{22} / \text{cm}^2$

L1544:                      L1498:                      L1517B:  
 — pico de metanol      — pico de metanol      — pico de metanol  
 — centro                      — centro                      — centro



Evolución química:

- Primero aparecen moléculas con N, después el CO se acumula en los granos y se forman moléculas con O.

# Estudios futuros



- Modelado de la química de L1517B.
- Comparación de abundancias de estos núcleos con las observadas en cometas.
- Predicciones de observaciones de espectros de absorción de hielos en estos núcleos con el telescopio James Webb.
- Participación dentro en el programa *Early Release Science «Ice Age»* del James Webb, para caracterizar la composición química de hielos en las fases de formación de un sistema solar.

