

# Efectos sistemáticos en la diversidad de las curvas de rotación de galaxias locales

Juan Manuel Pacheco Arias

Director: Juan Carlos Basto Pineda

Codirector: Luis Núñez



# Tabla de contenidos

- Planteamiento del problema
- Observaciones sintéticas
- Resultados
- Conclusiones

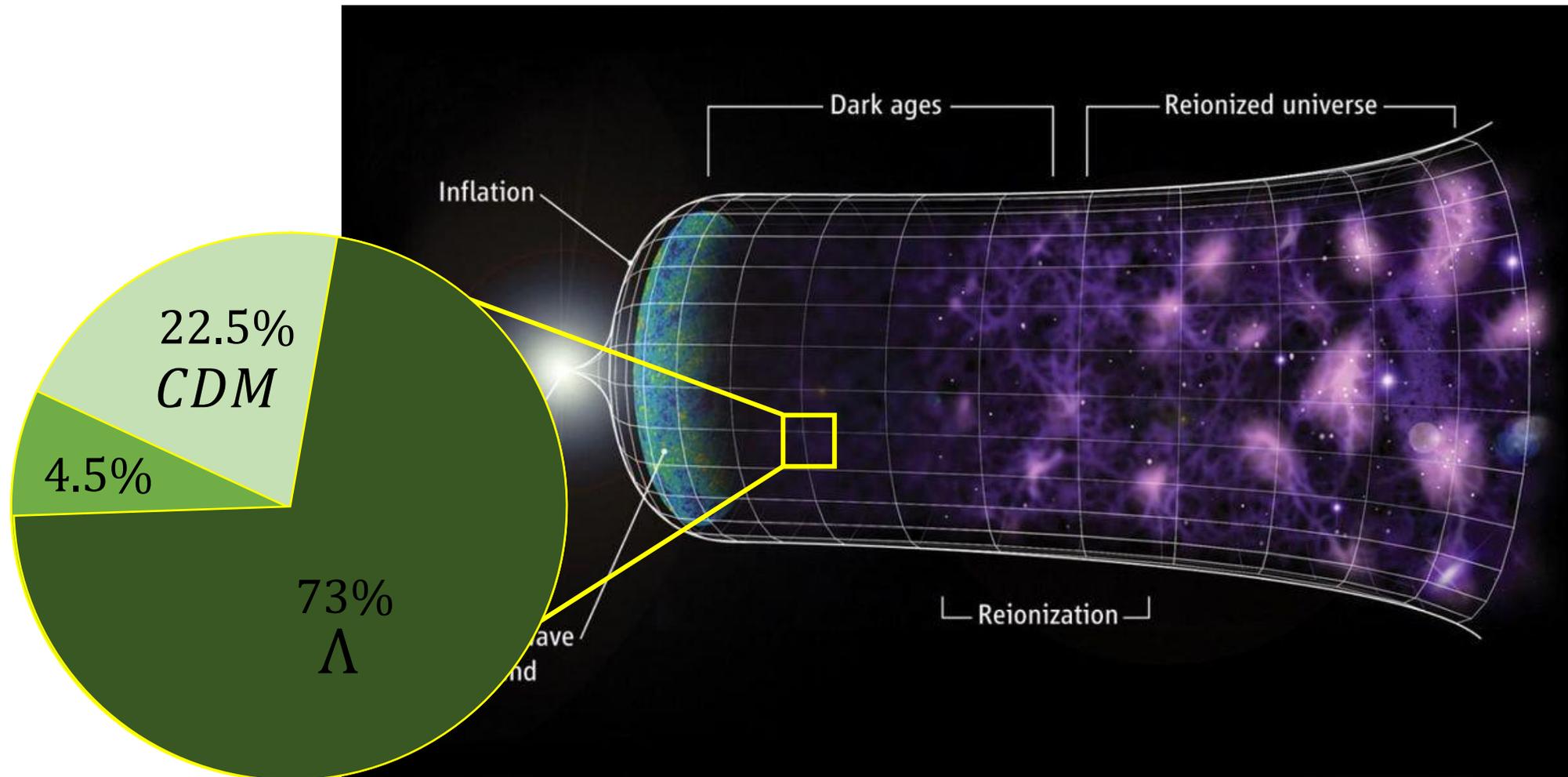
# Planteamiento del problema

# Pregunta de investigación

¿Hasta qué punto aumenta la diversidad en las curvas de rotación de galaxias en las simulaciones, al incluir algunos de los efectos sistemáticos a los que están sometidas las observaciones?

# Modelo cosmológico $\Lambda$ CDM

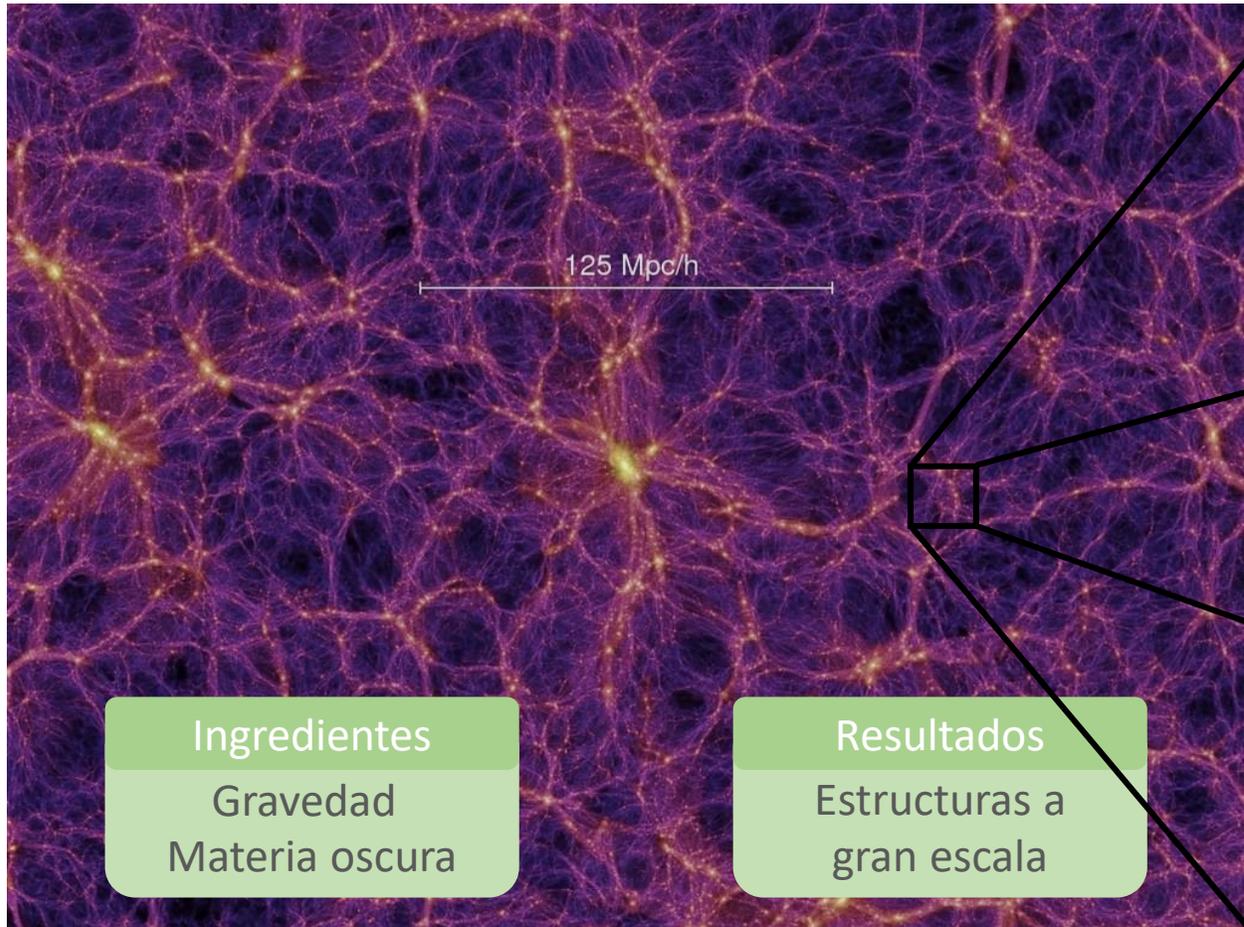
$\Lambda$ CDM  $\rightarrow$  Isotropía, Homogeneidad y Big Bang



Tomado de: <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2019/02/19/this-is-why-we-arent-expanding-even-if-the-universe-is/#4c58da435311>

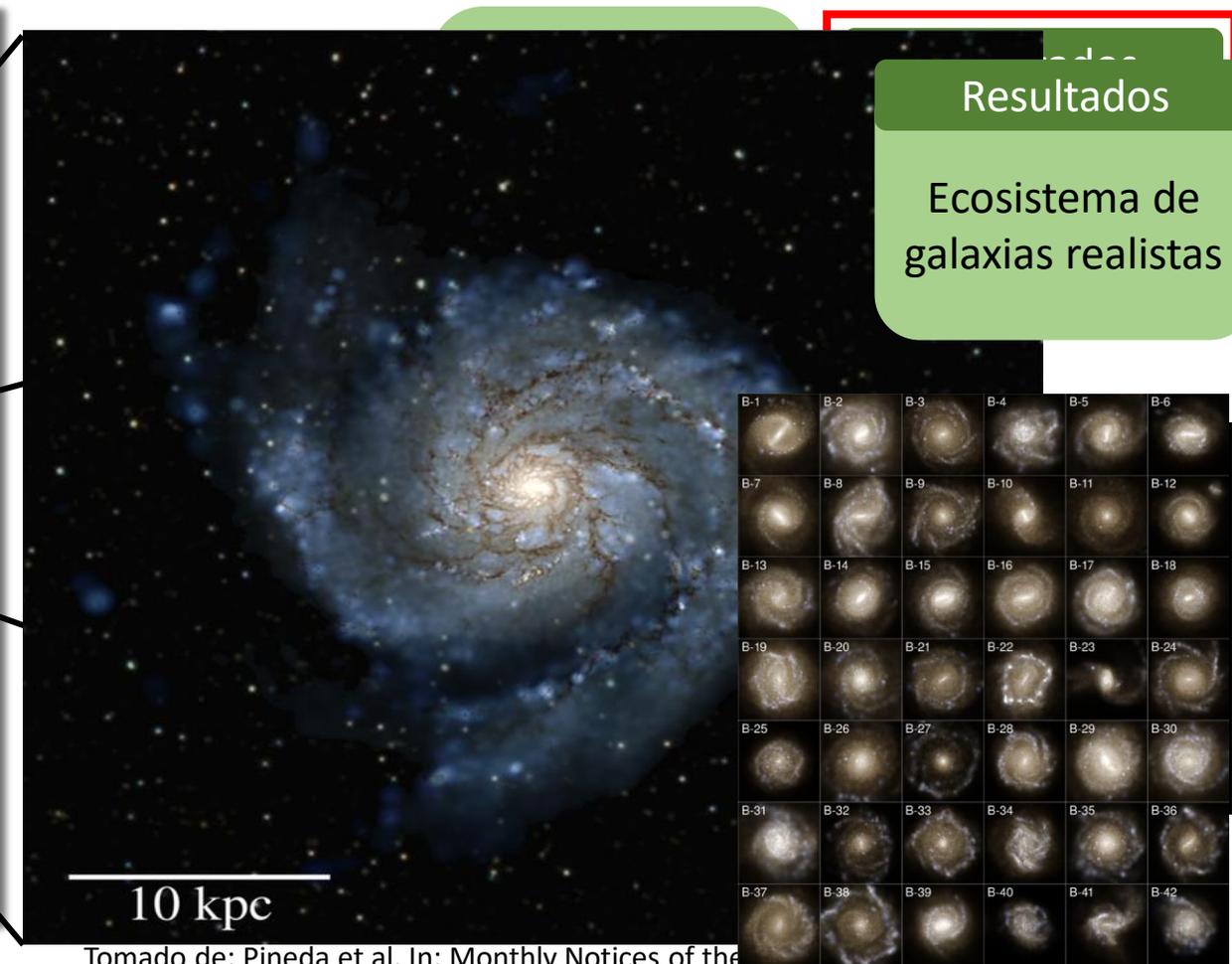
# Simulaciones cosmológicas

## Simulaciones a gran escala



Tomado de: [https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/galform/millennium/seqD\\_063a\\_half.jpg](https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/galform/millennium/seqD_063a_half.jpg)

## Simulaciones hidrodinámicas

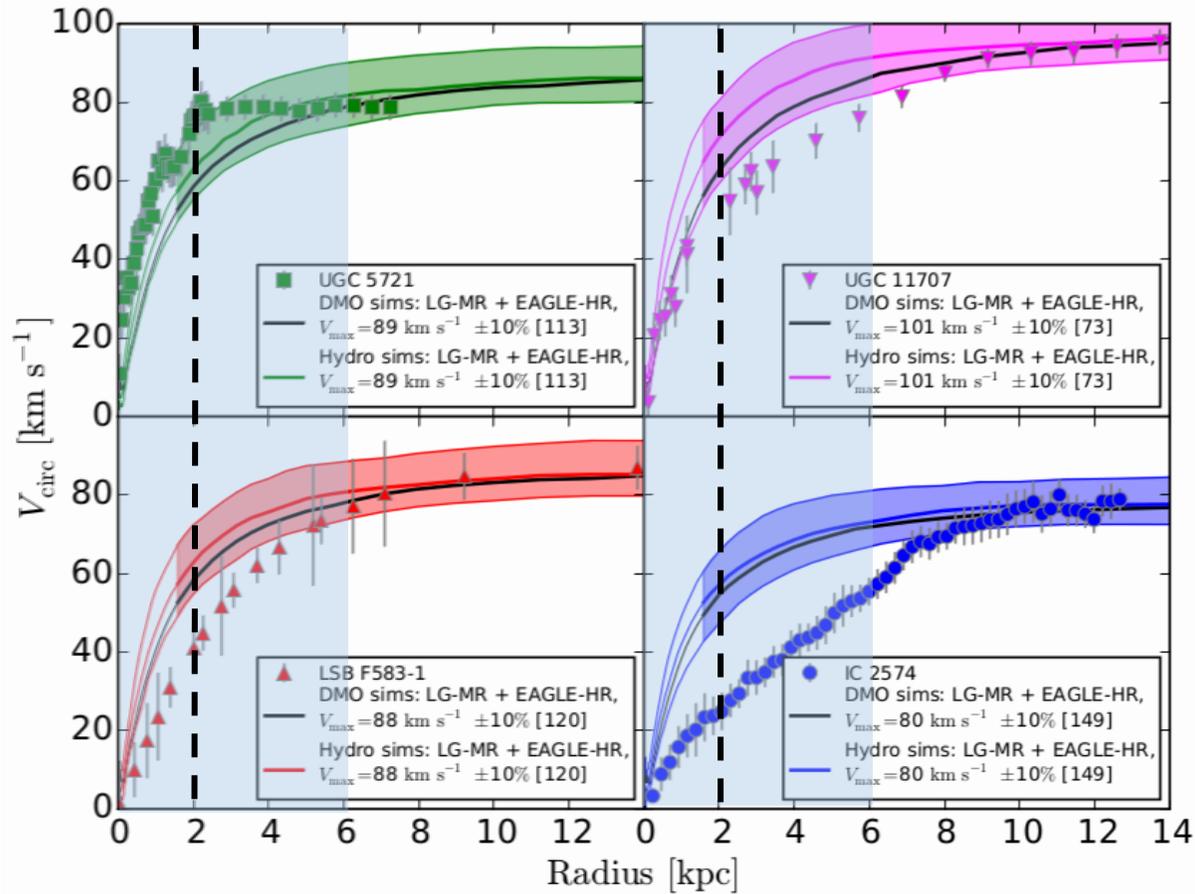


Tomado de: Pineda et al, In: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

Tomado de: <https://www.illustris-project.org/media/>

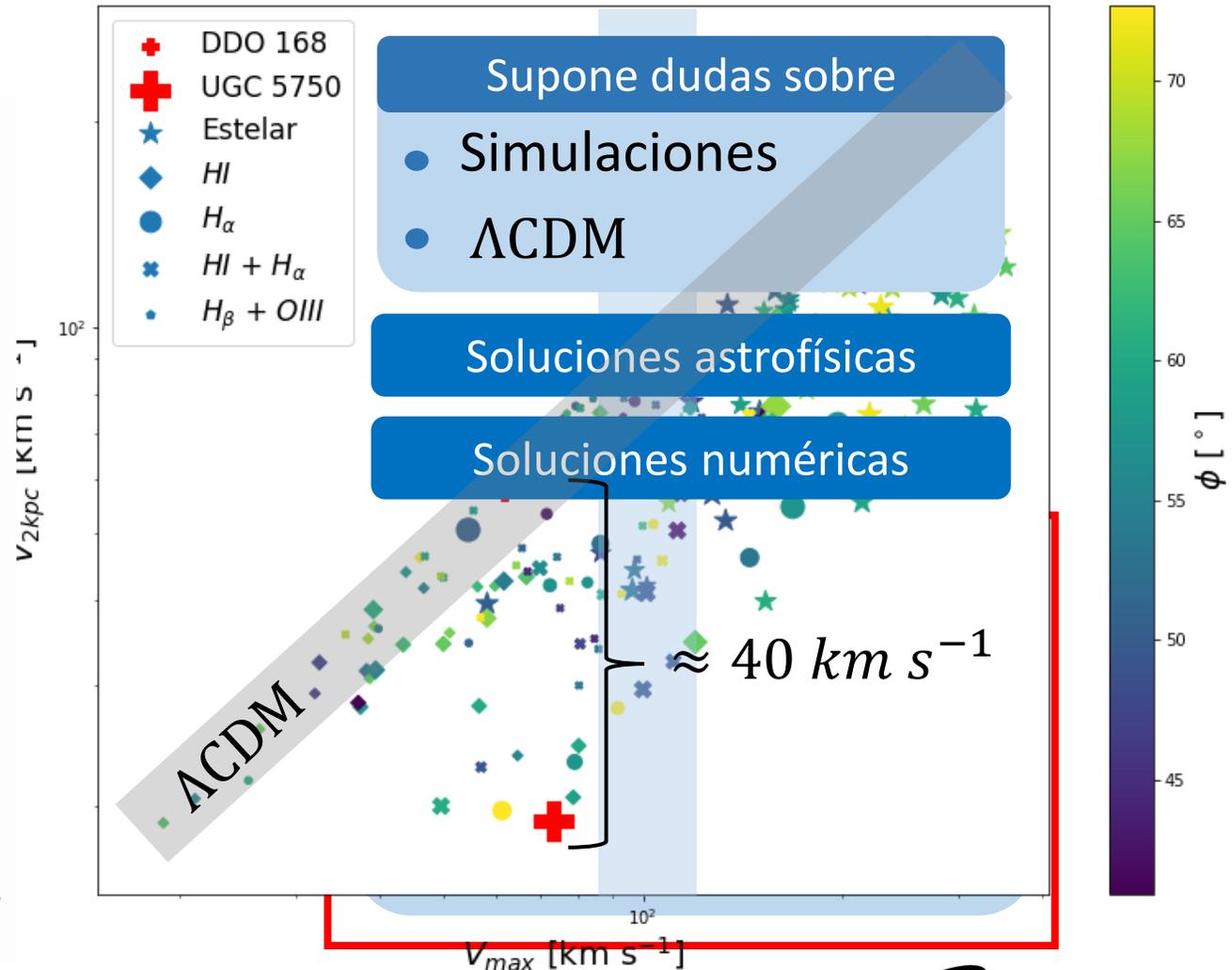
# Observaciones vs simulaciones

## Unexpected diversity of dwarf galaxies (2015)



$V_{max} \approx 80 \text{ km s}^{-1}$  

Tomado de: Oman et al. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2015).



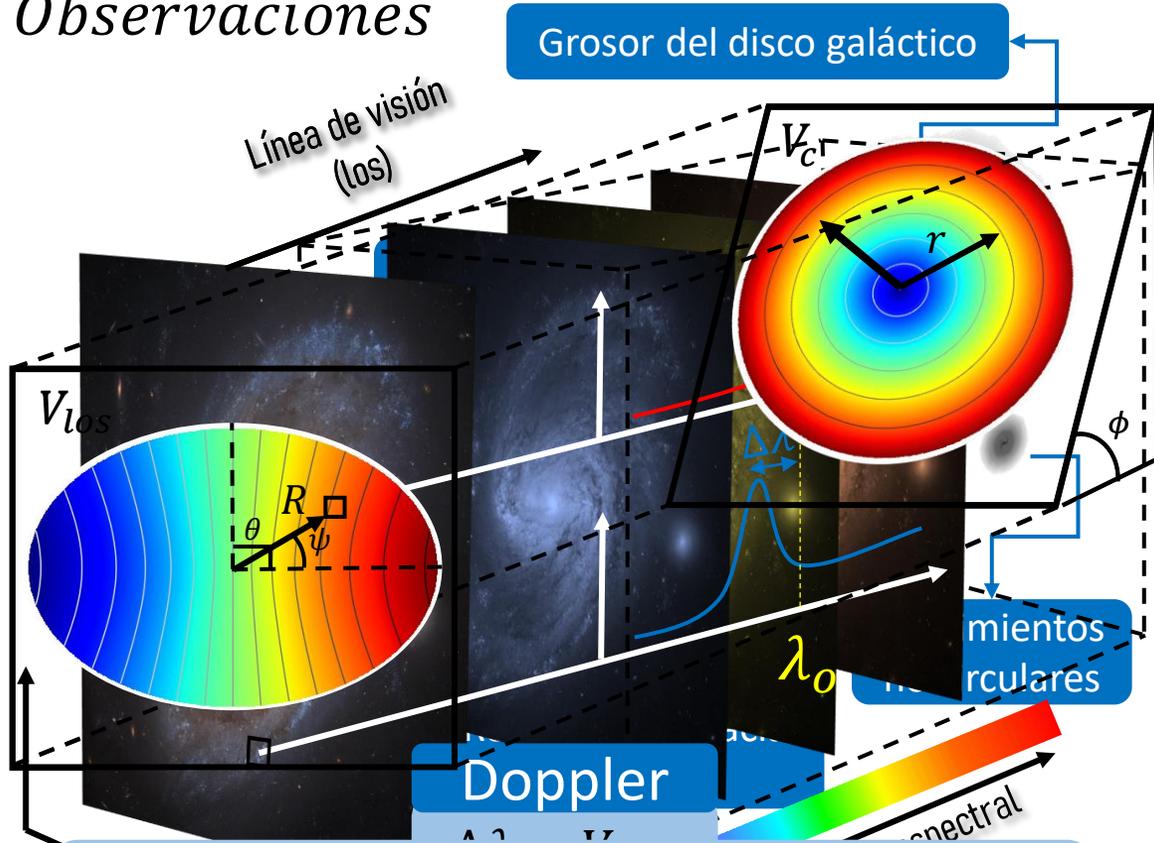
\* Spekkens et al. The Astronomical Journal, (2005).

\* Swaters et al. Astronomy & Astrophysics, (2009).

\* Oman et al. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2019).

# Curvas de rotación

## Observaciones

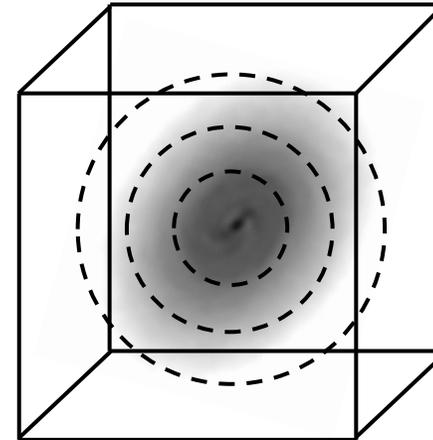


$$V_{los}(R, \psi) = V_{sys} + \frac{V_c(R) \sin(\phi) \cos(\psi - \theta)}{\alpha(\psi, \theta)}$$

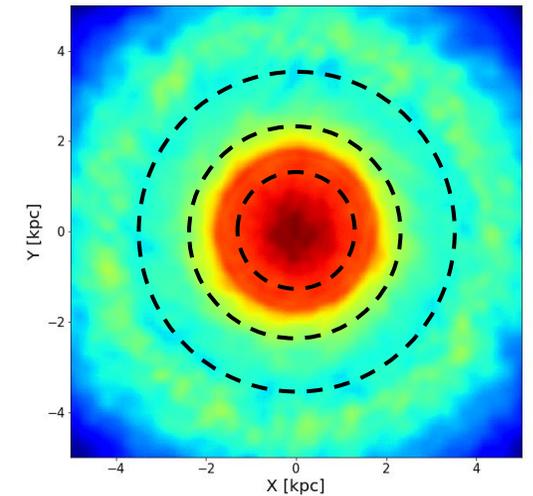
Adaptado de: Barro, A. (Doctoral dissertation, Universidad de Salamanca, 2016).ml

## Simulaciones

### Método tradicional



### Método alternativo



$$V_c = \sqrt{\frac{G M(< r)}{r}}$$

$$V_c = \frac{\sum_i V_{ci}}{N}$$

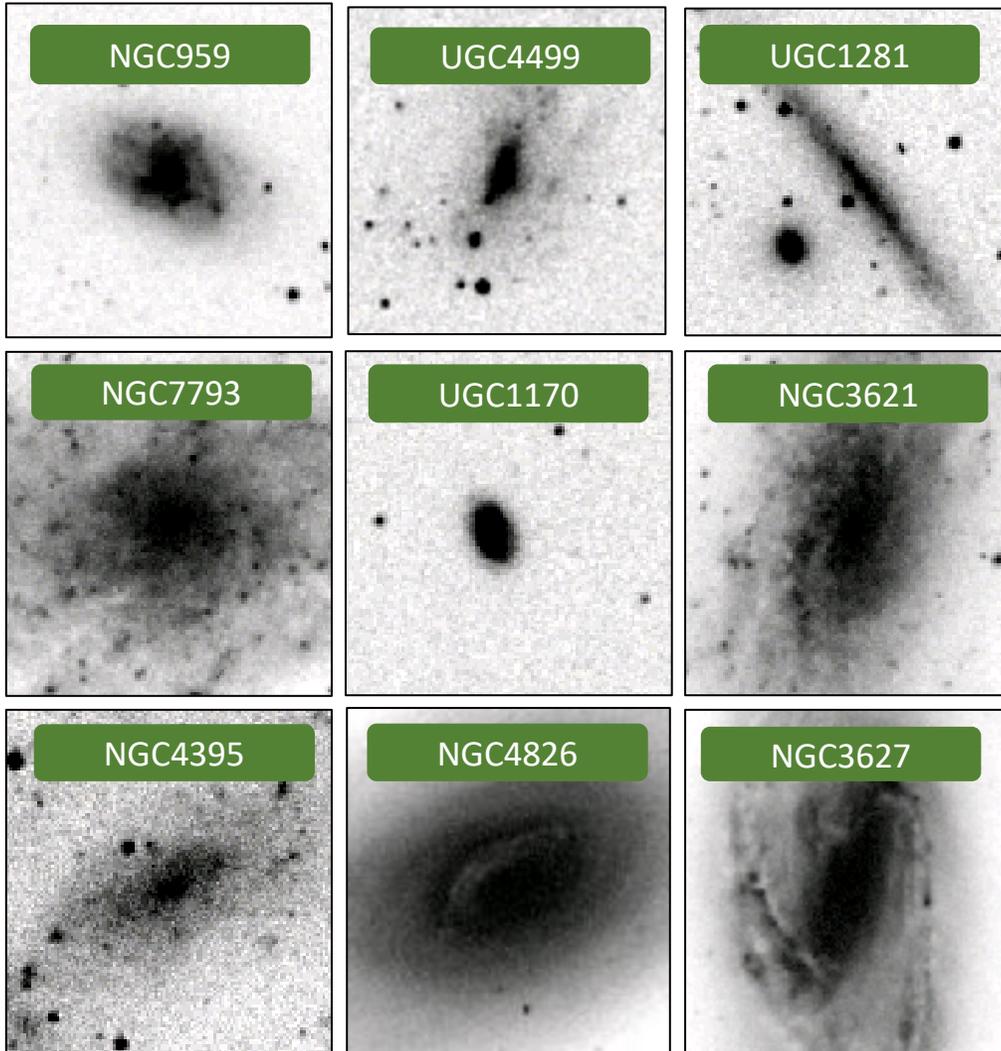
No consideran

- Características instrumentales
- Limitaciones observacionales

Observaciones sintéticas

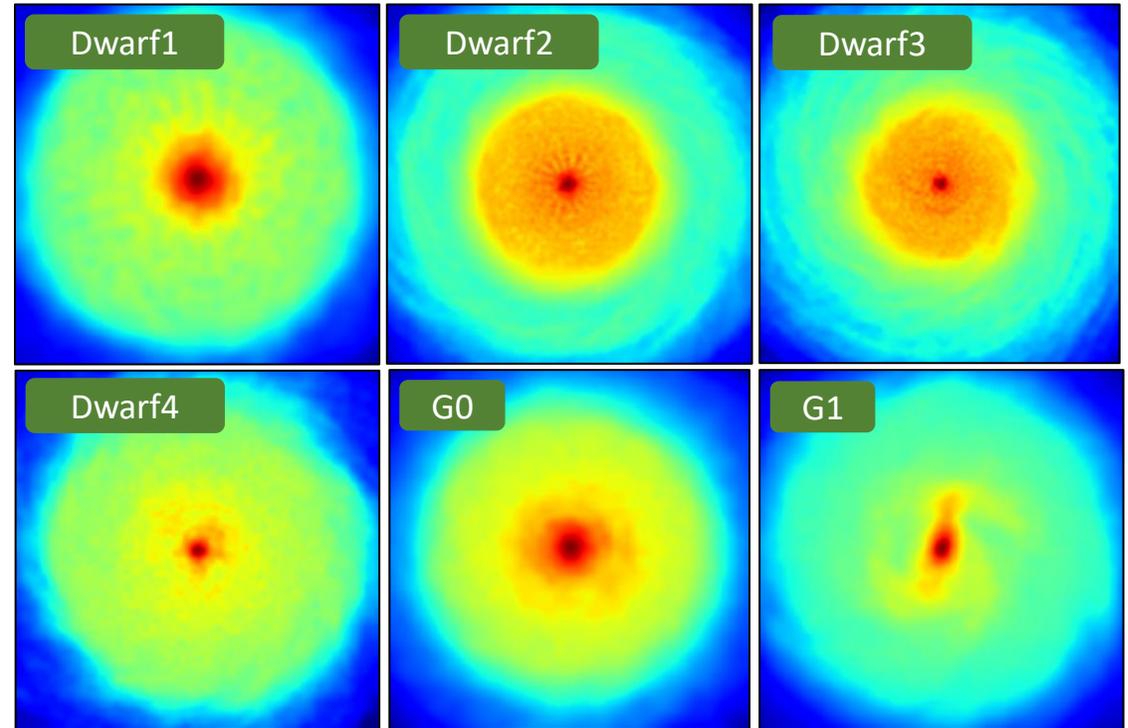
# Muestras comparadas

248 Observaciones, Universo local



Tomadas de: <https://ned.ipac.caltech.edu/>

6 Simulaciones; 75 Snapshots, GADGET – 2 \*



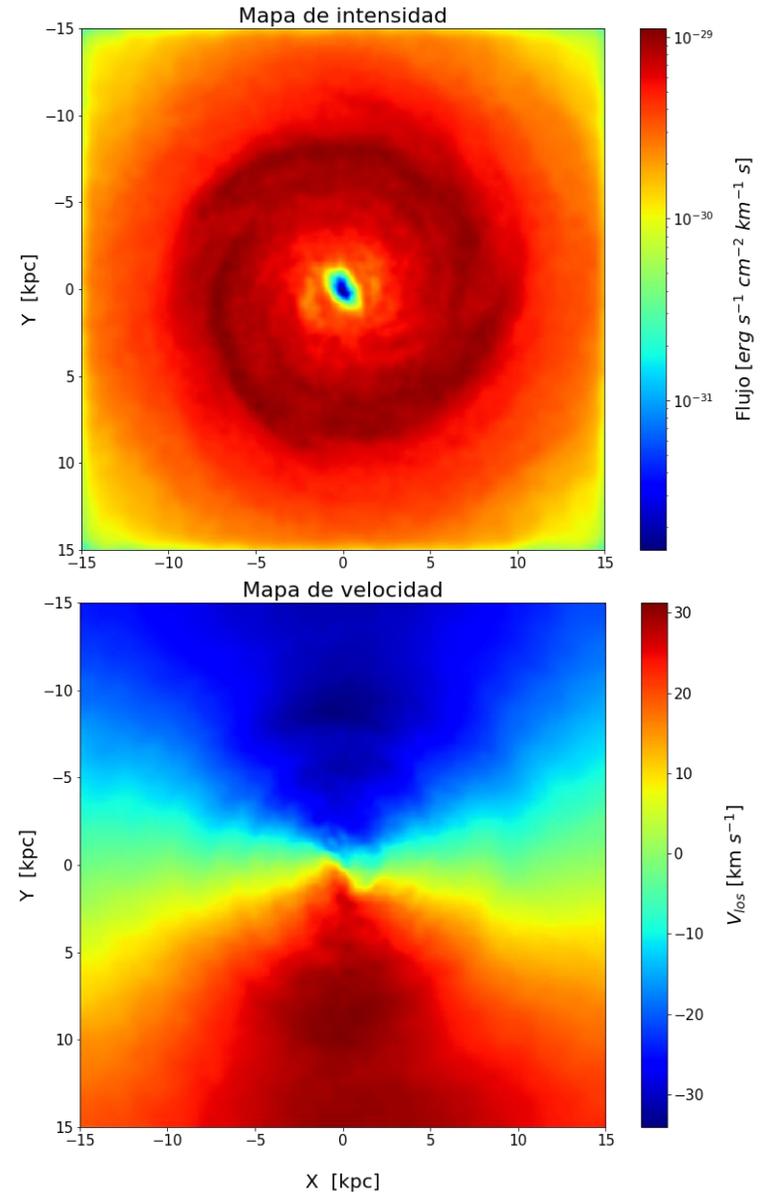
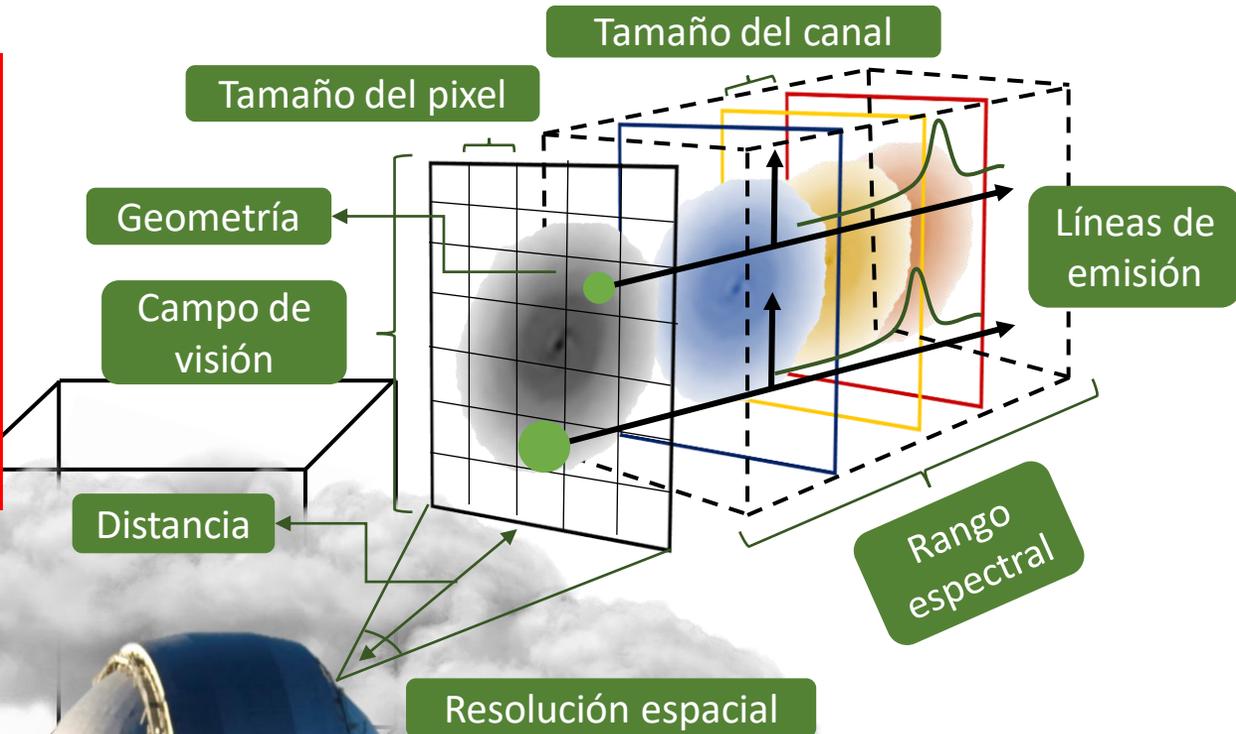
\*Springel. Monthly notices of the royal astronomical society, (2005).

$$\Sigma_{\star}(r) = \frac{M_{\star}}{2\pi h_0^2} e^{-r/h_0} \quad \Sigma_{gas}(r) = \frac{M_{gas}}{2\pi h_{gas}^2} e^{-r/h_{gas}}$$

$$\log(M_{\star}) = 0,83 + 4,34 \log(V_{max})$$

# Observaciones sintéticas

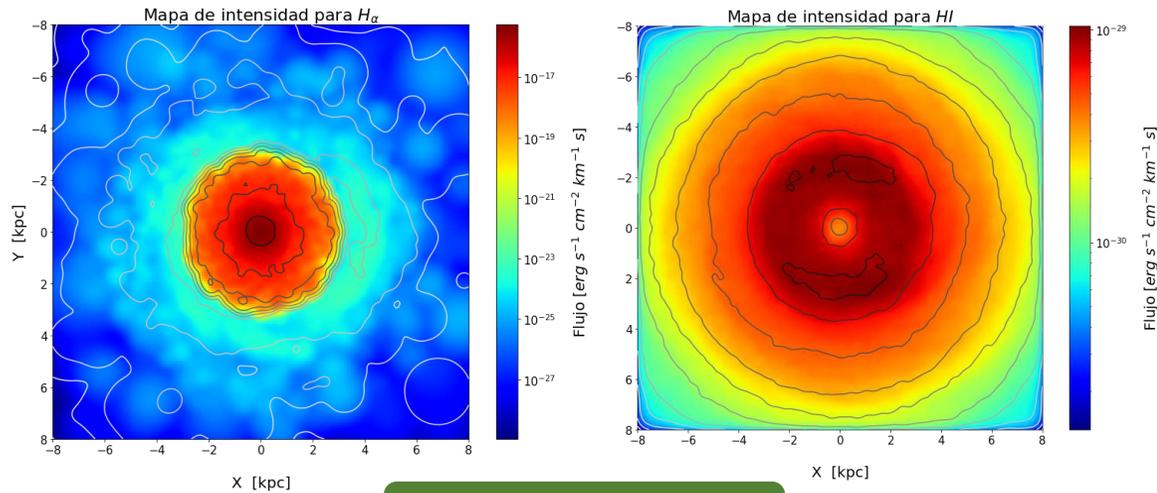
AURORA\*  
+  
Módulo de acople



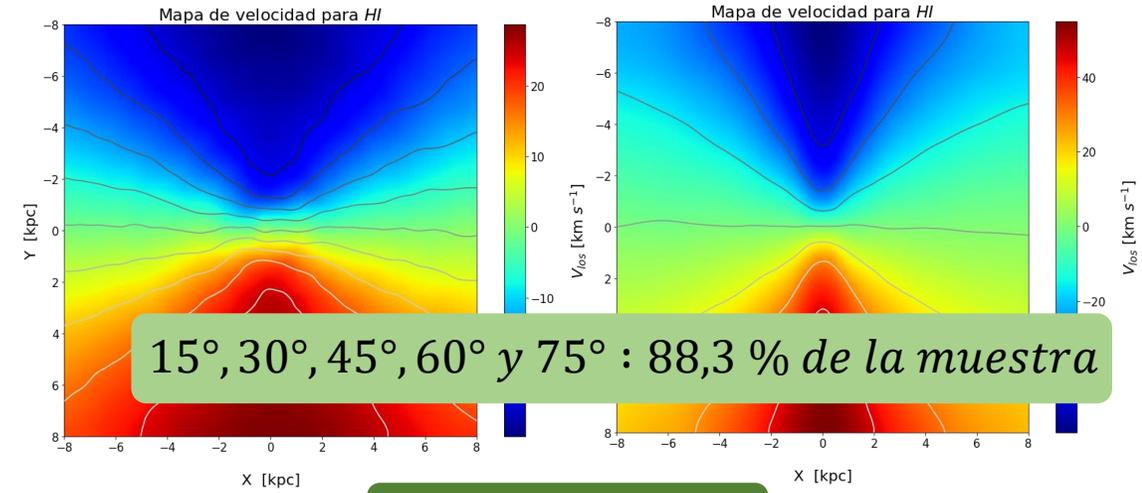
\*Pineda, et al.  
(In preparation) (2021)

# Variaciones sistemáticas

## Línea de emisión



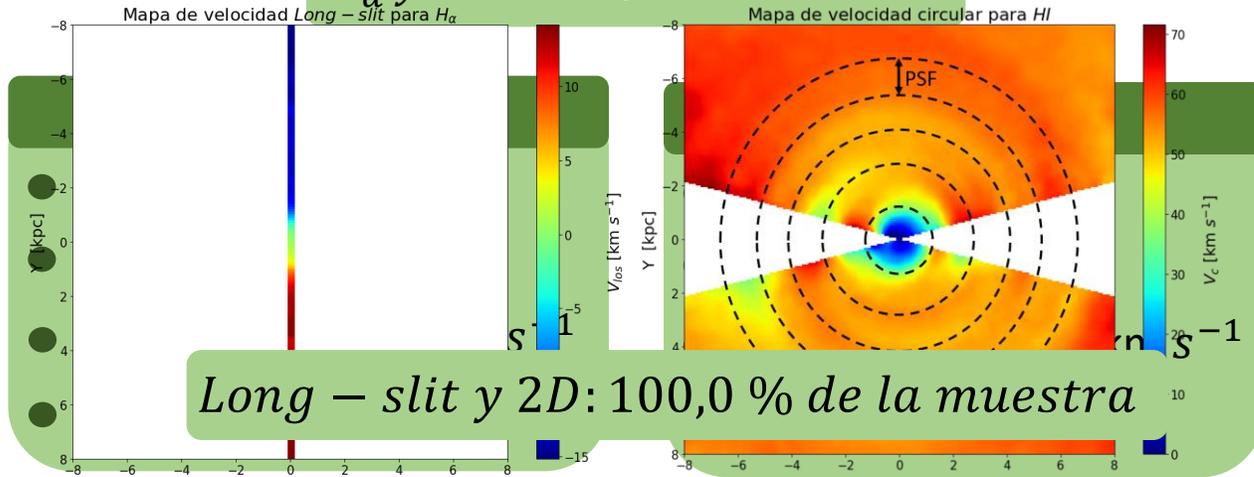
## Ángulo de inclinación



15°, 30°, 45°, 60° y 75° : 88,3 % de la muestra

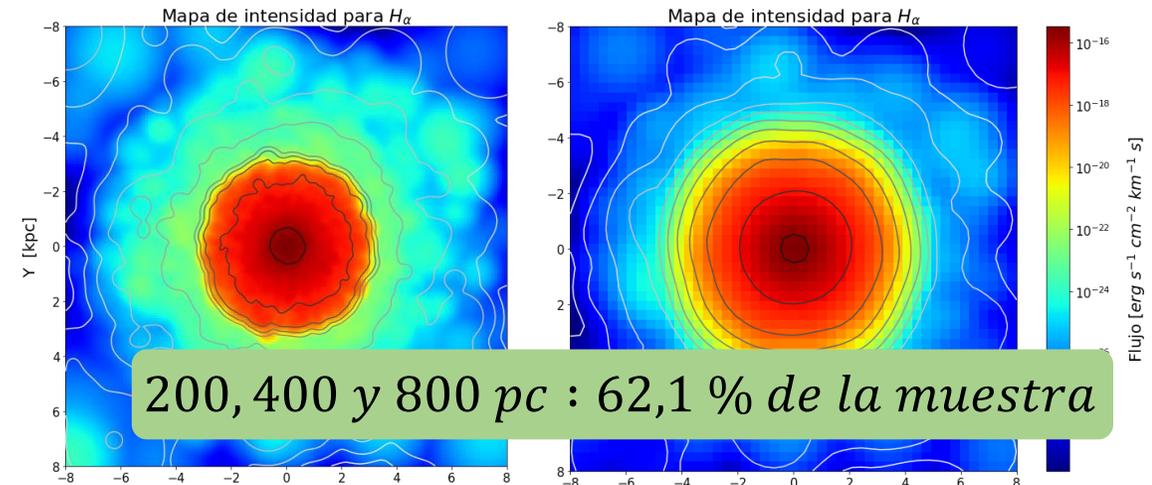
## Tipo de observación

$H_\alpha$  y  $HI$  : 50 % de la muestra



Long - slit y 2D: 100,0 % de la muestra

## Resolución espacial

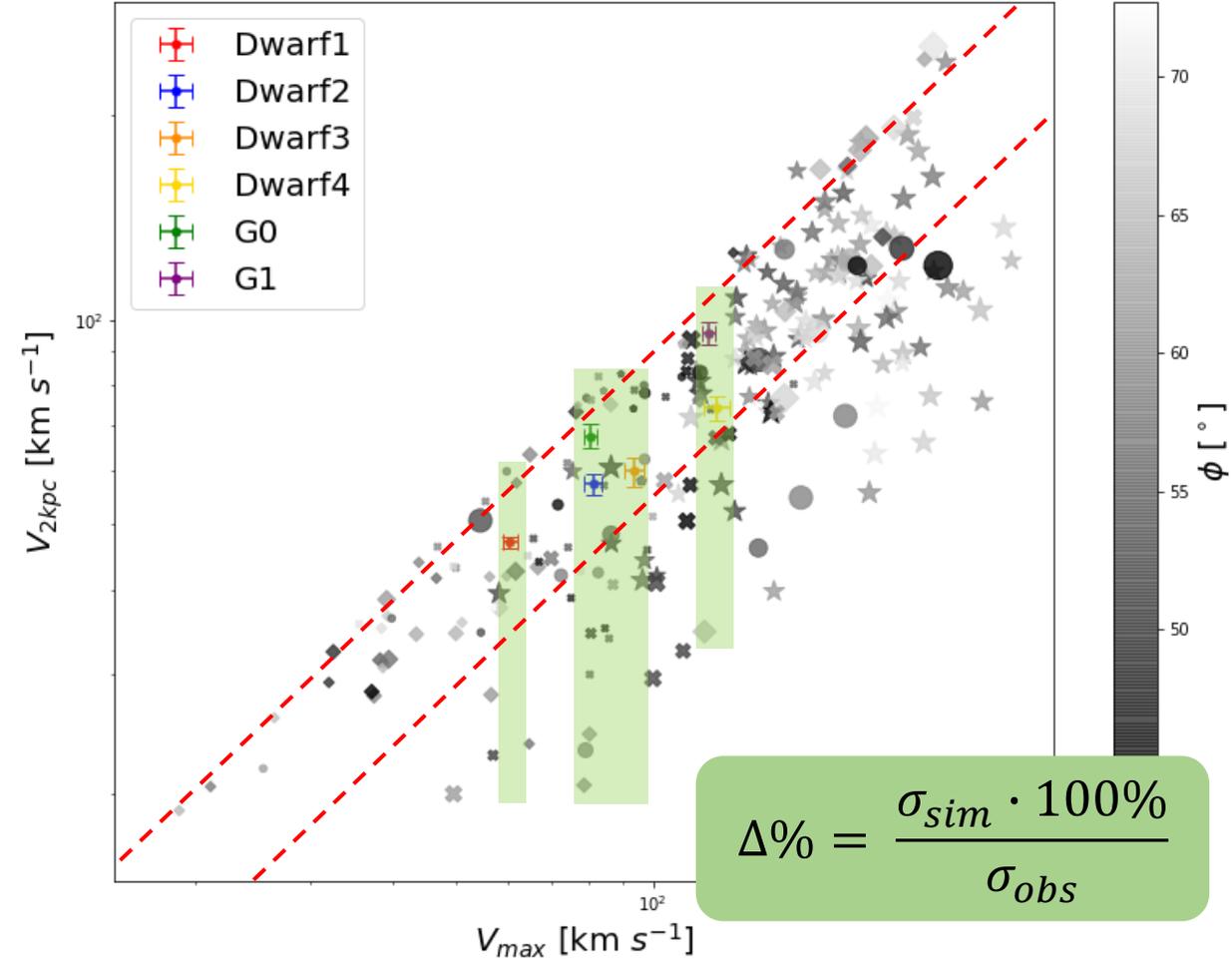
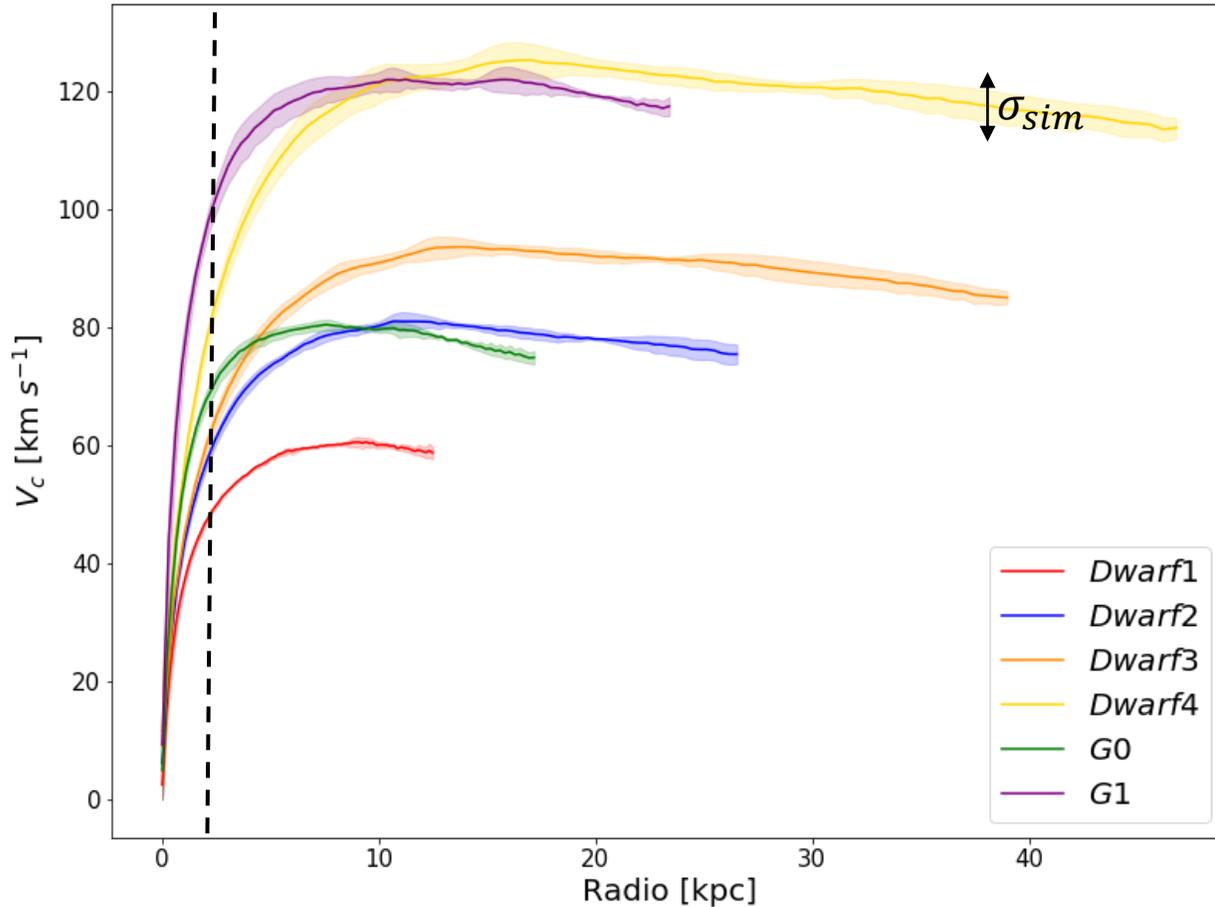


200, 400 y 800 pc : 62,1 % de la muestra

# Resultados

# Variabilidad en las simulaciones

Curvas de rotación extraídas de las simulaciones

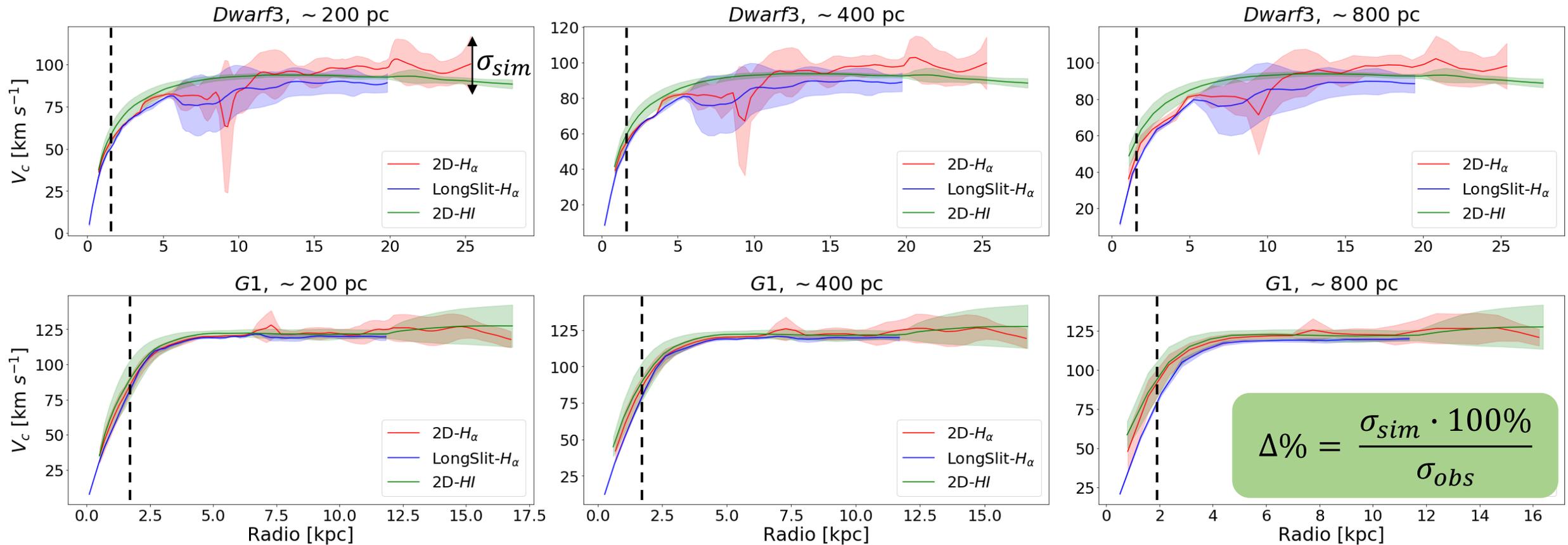


$$\Delta\% = \frac{\sigma_{sim} \cdot 100\%}{\sigma_{obs}}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{GM(<r)}{r}} \quad + \quad V_c = \frac{\sum_i V_{ci}}{N} \quad + \quad \text{Snapshot 100, 300 y 500}$$

Dwarf1 : 2,1 %	Dwarf3 : 6,7 %	G0 : 6,5 %
Dwarf2 : 4,6 %	Dwarf4 : 7,2 %	G1 : 8,6 %

# Variabilidad en las observaciones sintéticas



Tipo de observación + barras de error

*Long – slit* (2,3 % – 17,6 %)

*2D* (23,9 % – 40,7 %)

Línea de emisión + barras de error

*H $\alpha$*  (2,8 % – 97,0 %)

*HI* (13,3 % – 40,8 %)

Resolución espacial + barras de error

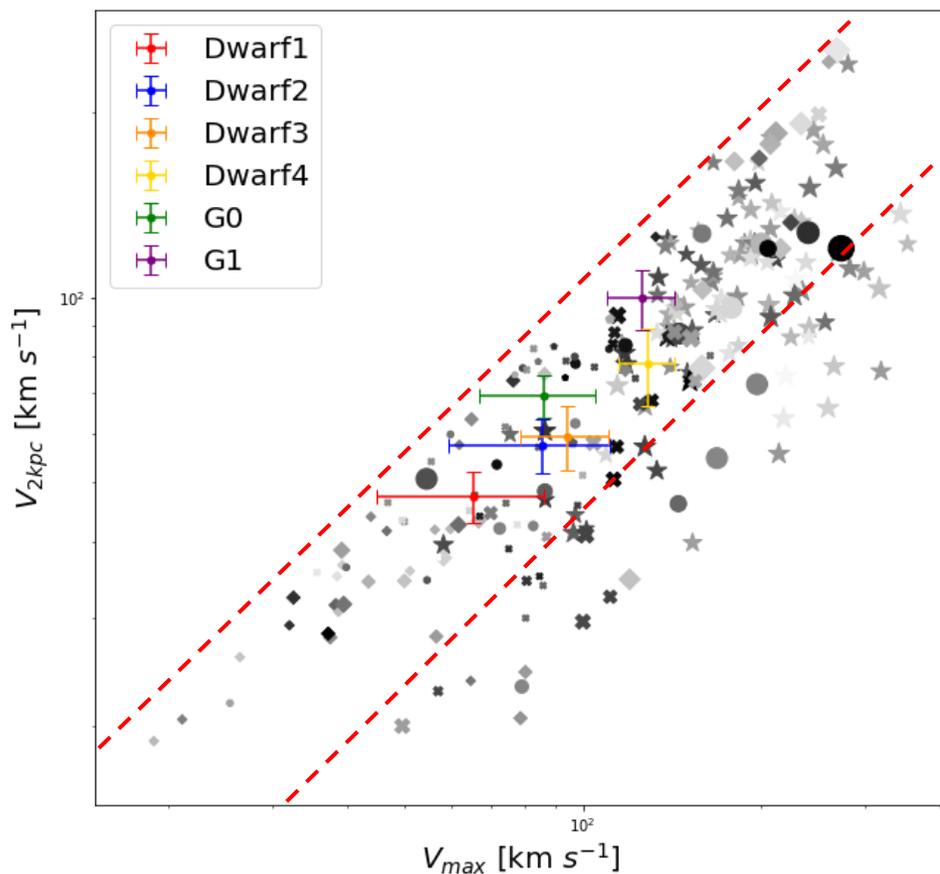
200 pc (32,6 %)

400 pc (20,2 %)

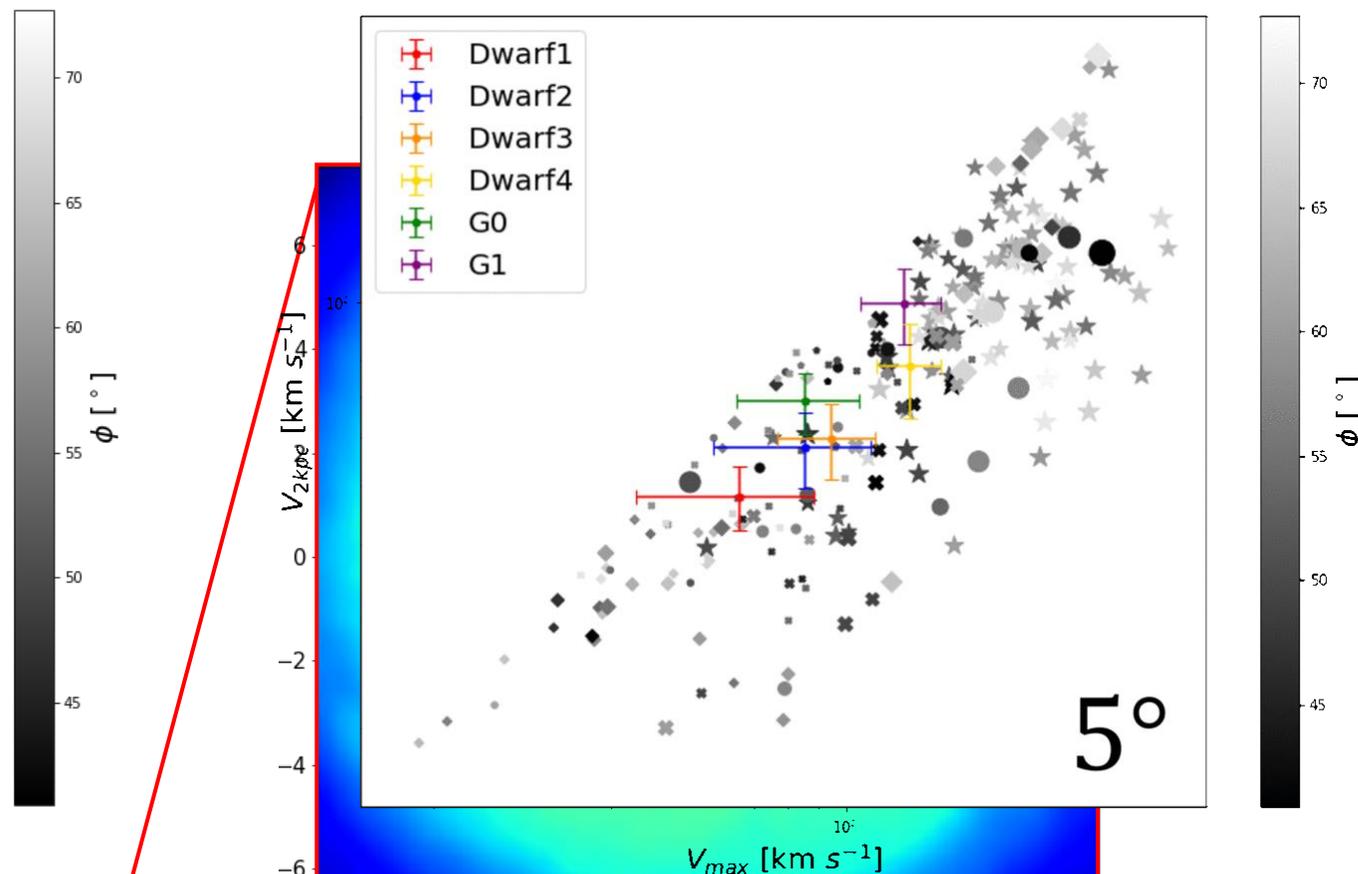
800 pc (40,8 %)

# Variabilidad en las observaciones sintéticas

Factores observacionales



Errores en el ángulo de inclinación

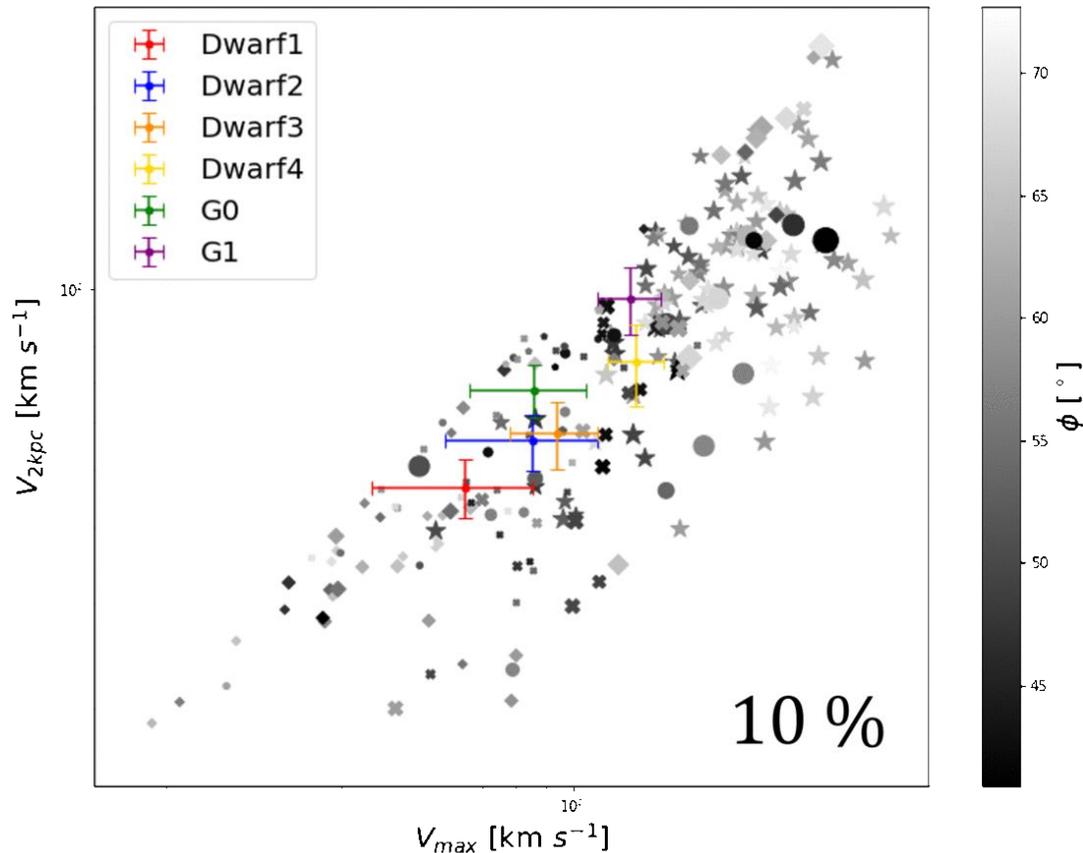


Dwarf1 : 10,1 %   Dwarf3 : 16,2 %   G0 : 12,6 %  
 Dwarf2 : 13,2 %   Dwarf4 : 25,6 %   **G1 : 25,7 %**

Aumentos porcentuales :  $\frac{6}{4} + \frac{6}{8} = 6,0\%$  (barras)  
 Oman et al. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2019).  
 5°: (3,0 % - 6,0 %)   10°: (12,0 % - 21,0 %)

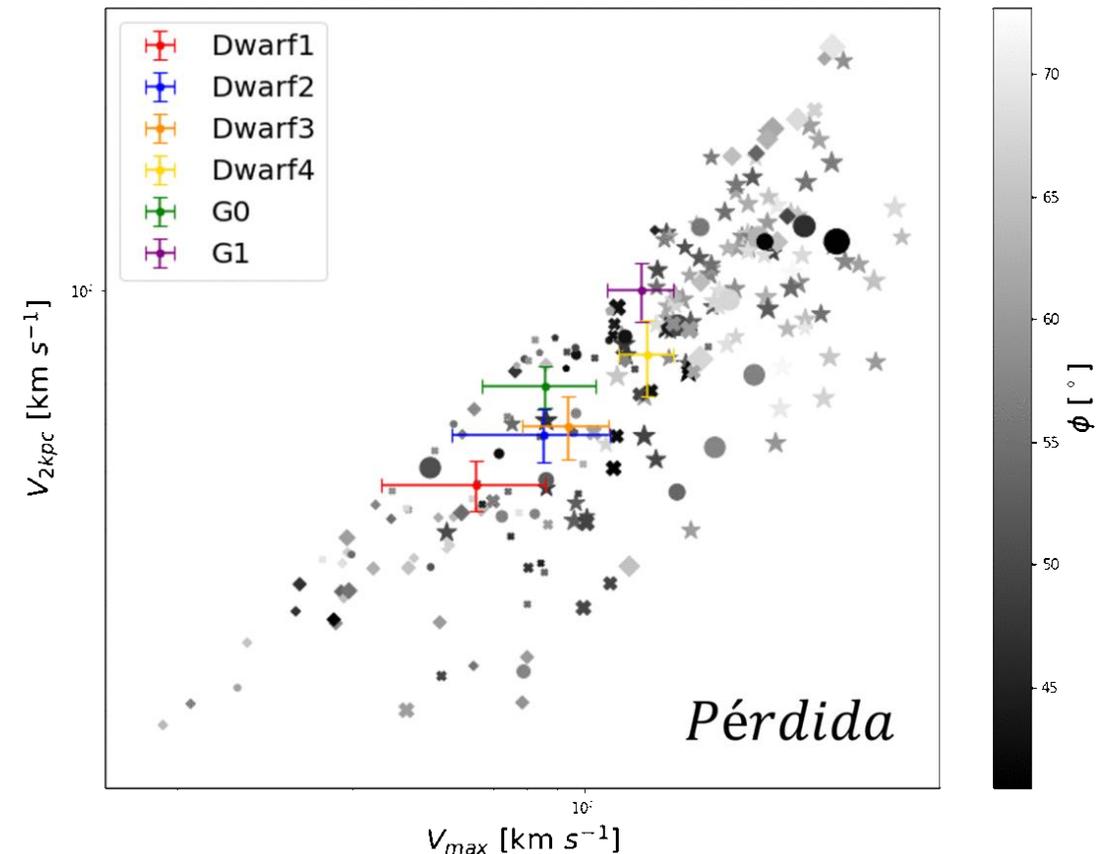
# Variabilidad en las observaciones sintéticas

Errores en la distancia



Aumentos porcentuales : + 4,5 % (barras)  
 10 %: (0,2 % – 2,0 %)    20 %: (1,0 % – 2,0 %)

Ruido y pérdida de información



Aumentos porcentuales : + 30,0 % (barras)  
 Pérdida: (0,1 %)    Ruido: (0,2 % – 0,8 %)

# Conclusiones

La inclusión de factores observacionales, en el proceso de observación sintético, aumenta la diversidad en las curvas de rotación para las galaxias simuladas (47 %) (97 % + barras de error).

El tipo de observación (long-slit vs 2D) fue el factor observacional que tuvo mayor impacto en el aumento de la diversidad para las curvas de rotación sintéticas (40 %).

La inclusión de errores en el ángulo de inclinación de las galaxias, puede derivar en aumentos de variabilidad porcentual de hasta 20 % en las curvas de rotación.

Las curvas de rotación extraídas directamente de las simulaciones con 2 métodos diferentes, en 3 instantes de tiempo distintos, son autosimilares.

La metodología de generación de experimentos sintéticos de este trabajo, garantiza una comparación objetiva entre ambas poblaciones de galaxias, logrando efectuar estudios sistemáticos cuyas conclusiones coinciden con lo reportado por otros autores.

# XXII simposio de la sociedad chilena de física

XXII Simposio Chileno de Física  
Chile, 24-26 de noviembre de 2020

Gravitación y Cosmología

## Efectos sistemáticos en la diversidad de las curvas de rotación de galaxias enanas

Juan M. Pacheco-Arias<sup>1\*</sup>, Juan C. B. Pineda<sup>1</sup>, Luis A. Núñez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga, Colombia.

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Mérida, Venezuela.

\*[juan.pacheco@correo.uis.edu.co](mailto:juan.pacheco@correo.uis.edu.co)

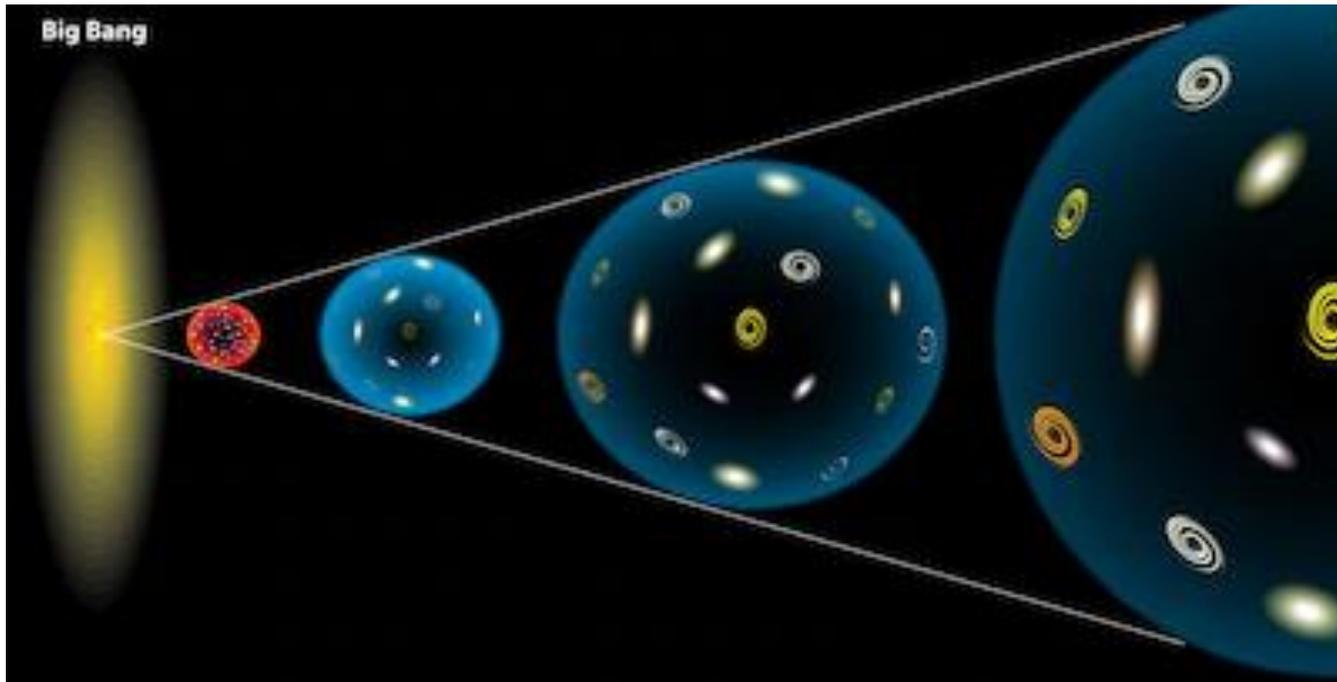


**XXII SIMPOSIO**  
S O C H I F I 2 0 2 0

¡Muchas Gracias!

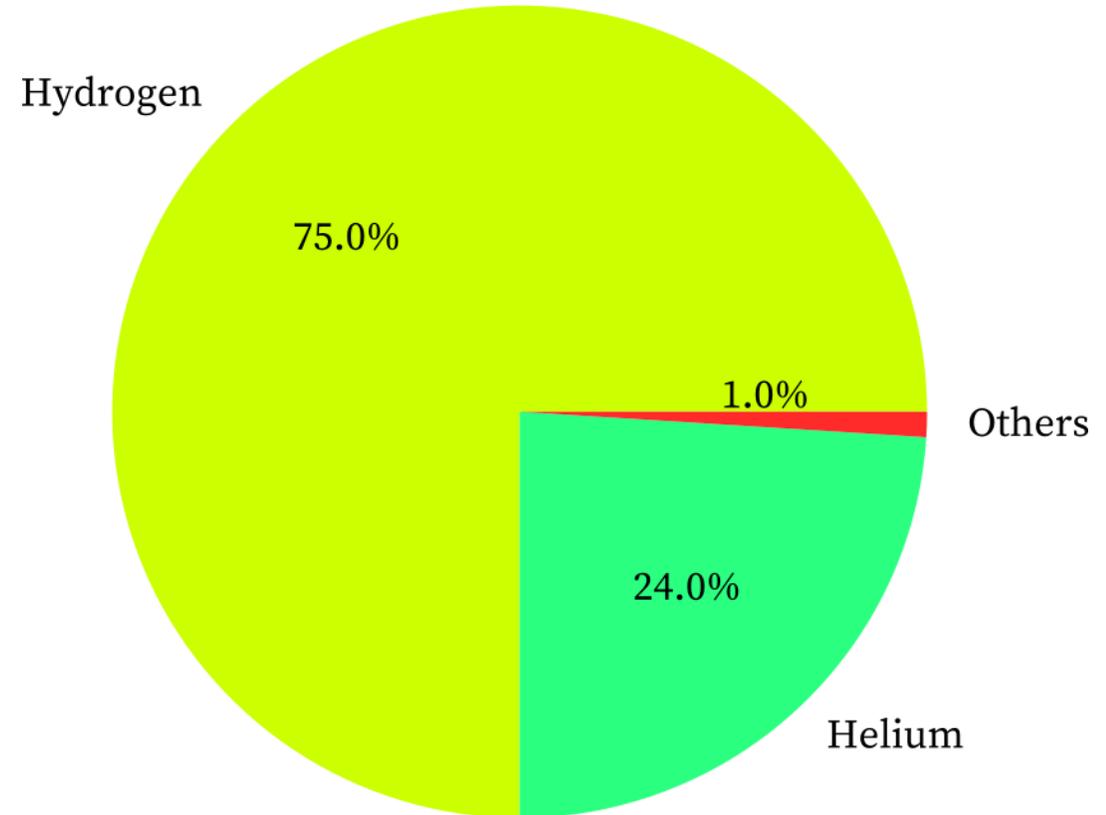
# Modelo cosmológico $\Lambda$ CDM

## *Expansión del Universo*



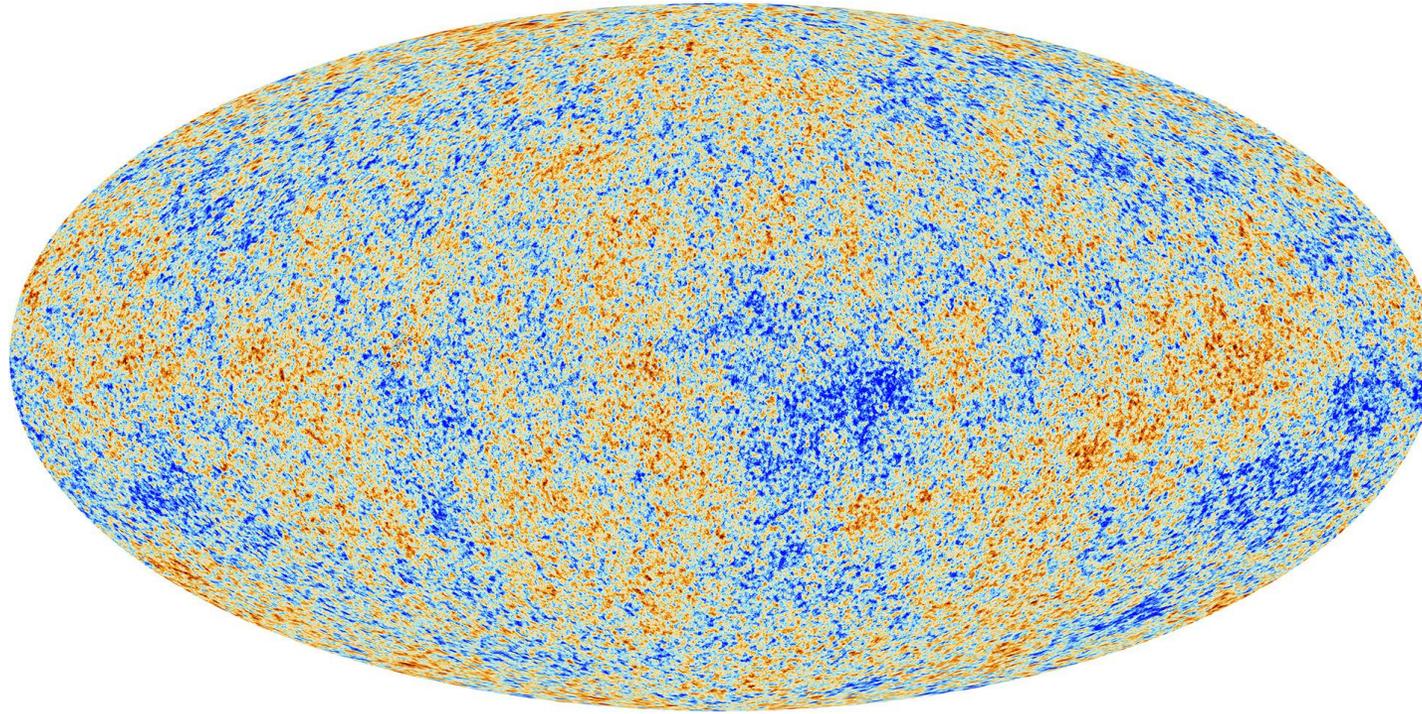
Tomado de: <https://www.shutterstock.com/es/search/expanding+universe>

## *Abundancia de elementos*



Tomado de: <https://chemistrygod.com/the-most-abundant-elements>

# Modelo cosmológico $\Lambda$ CDM



Tomado de: [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Planck/Planck\\_and\\_the\\_cosmic\\_microwave\\_background](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Planck/Planck_and_the_cosmic_microwave_background)

## Componentes del fluido cosmológico

$$\Omega_{\Lambda} \approx 0.69, \quad \Omega_{\text{CDM}} \approx 0.26, \quad \Omega_{\text{M}} \approx 0.05, \quad \Omega_{\gamma-\nu} < 0.01$$

# Observaciones Vs Simulaciones

- El problema de las galaxias satélites pérdidas
- La catástrofe del momento angular
- Perfil de densidad de materia oscura empinado Vs aplanado

Soluciones astrofísicas

Soluciones numéricas

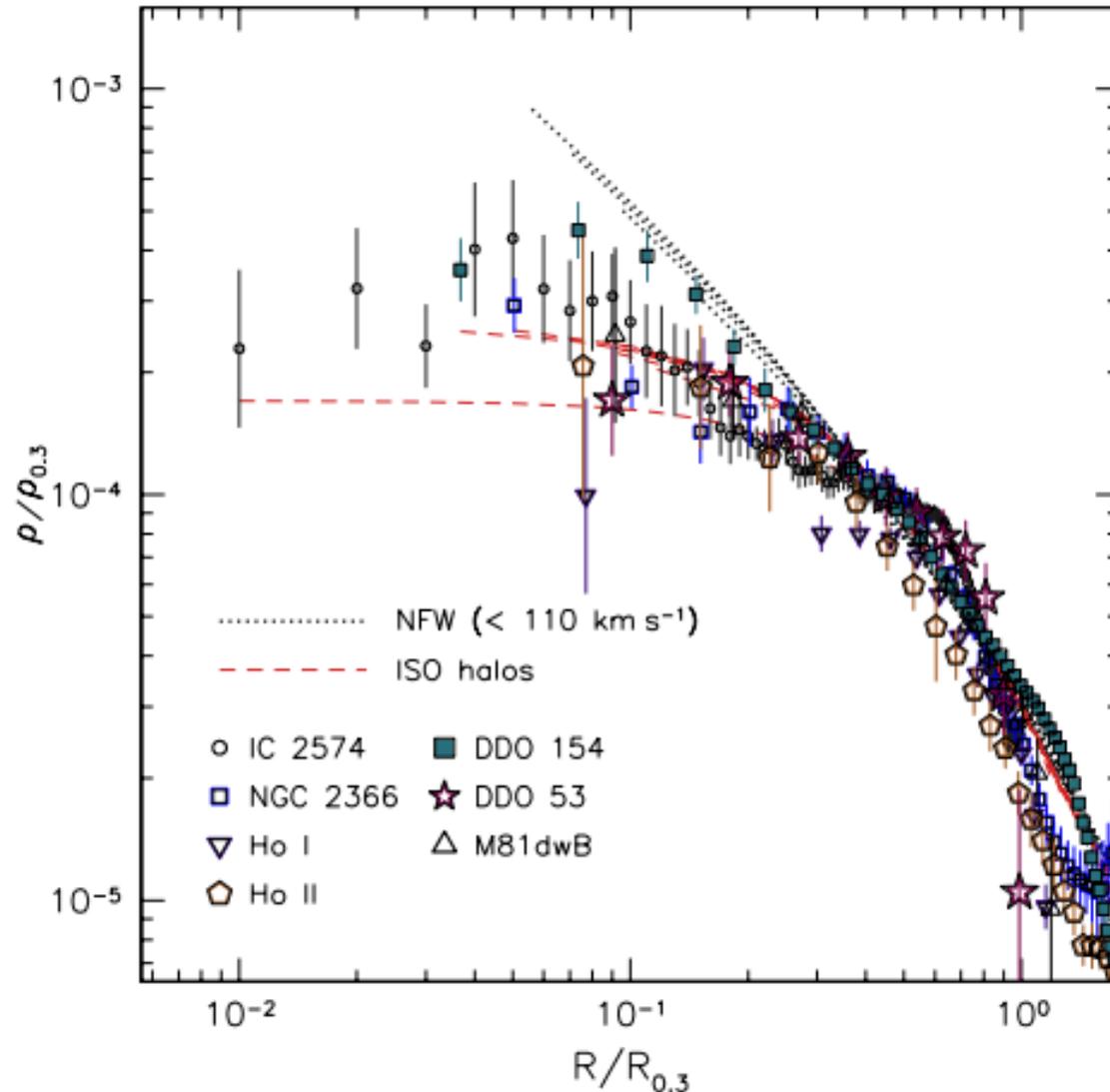
Soluciones observacionales

- La diversidad de curvas de rotación de galaxias enanas

# Observaciones Vs Simulaciones

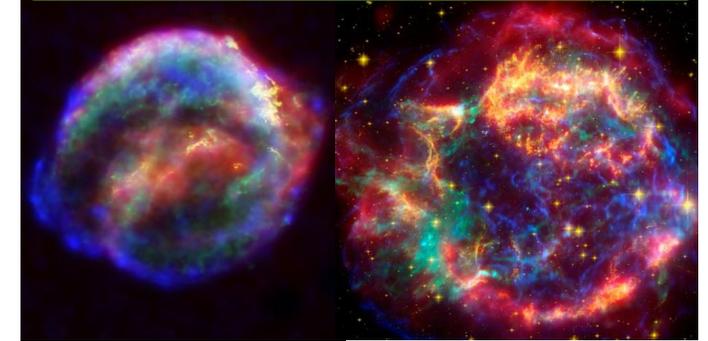
Empinado Vs Aplanado

$\Lambda$ CDM VS Datos



Tomado de: Se-Heon Oh, et al. "DARK AND LUMINOUS MATTER IN THINGS DWARF GALAXIES" (2011)

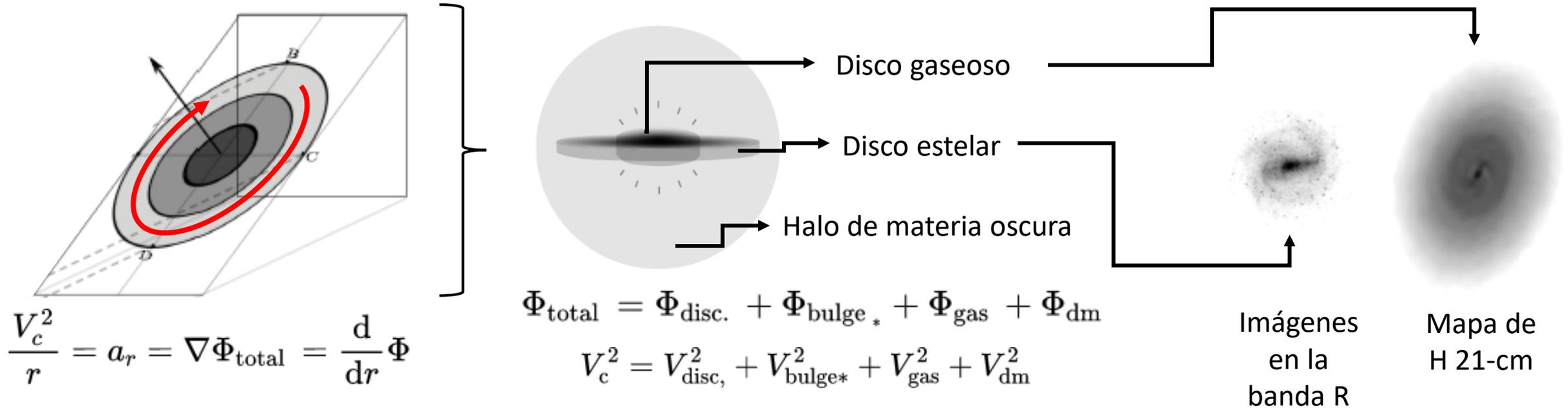
Soluciones astrofísicas



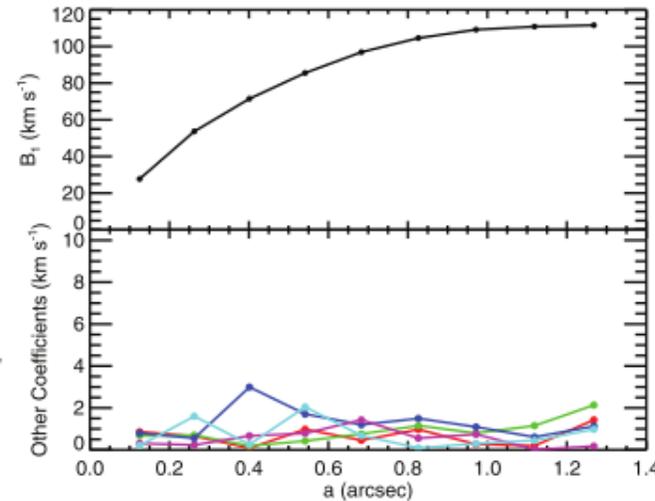
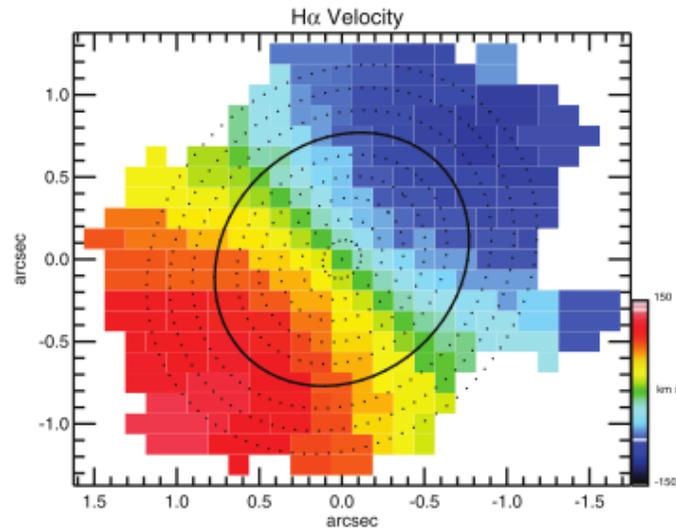
Soluciones observacionales

- Inclinación
- Resolución espacial
- Resolución espectral
- Movimientos no circulares

# Curvas de rotación y perfiles de densidad



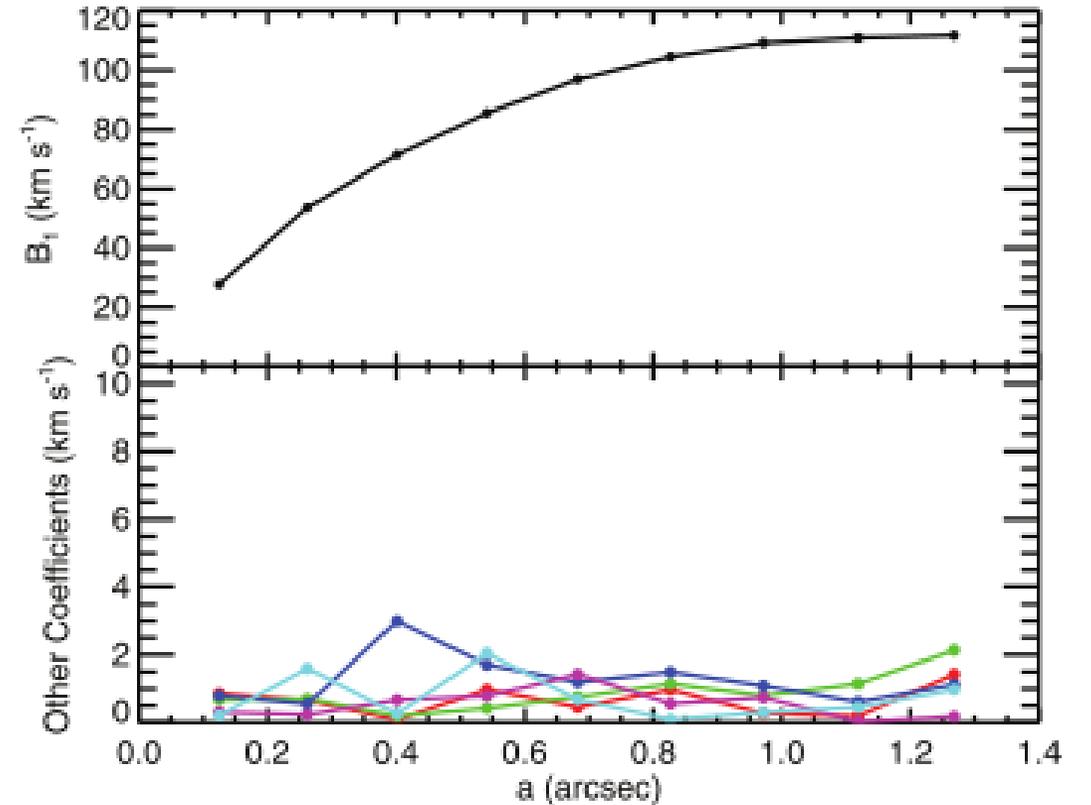
$$\frac{V_c^2}{r} = a_r = \nabla \Phi_{\text{total}} = \frac{d}{dr} \Phi$$



# Curvas de rotación y perfiles de densidad



$$\frac{V_c^2}{r} \approx \frac{V_{dm}^2}{r} = \frac{d}{dr} \Phi_{dm}$$



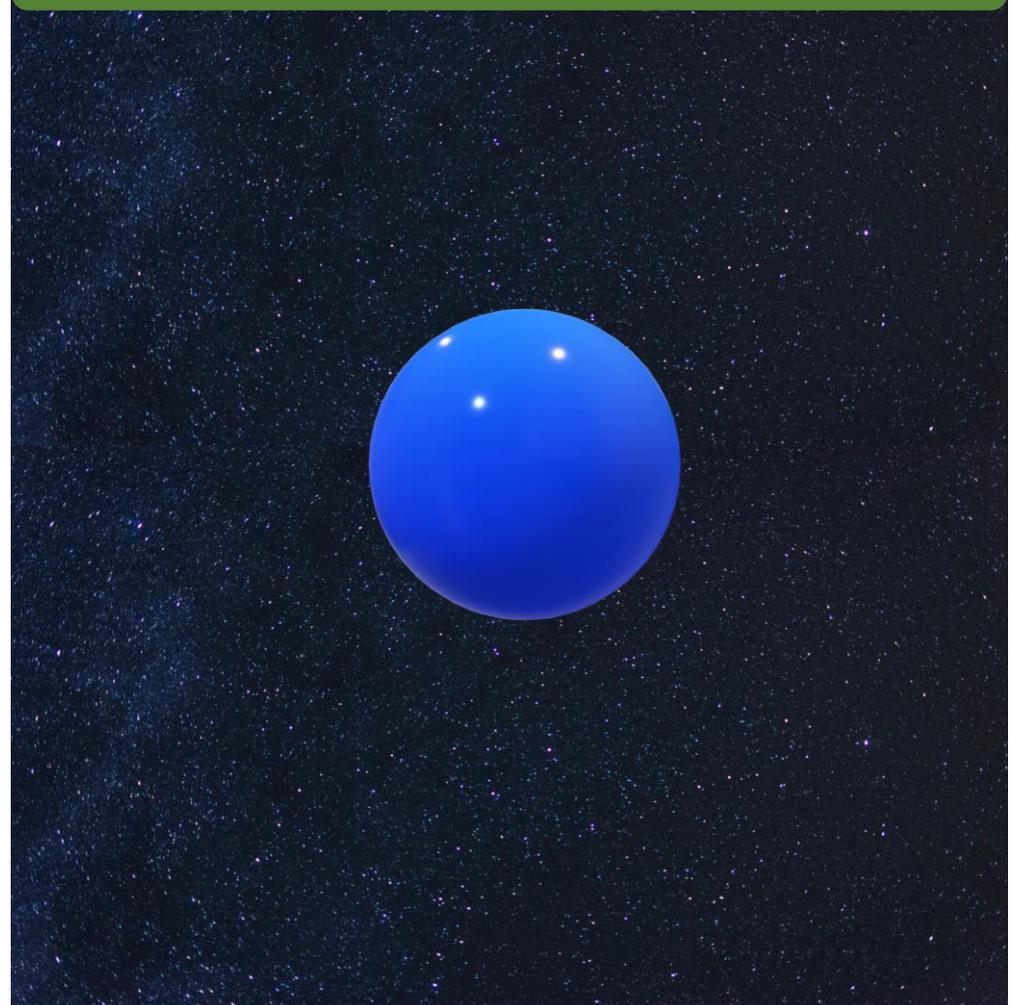
$$4\pi G \rho_{dm} = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{d}{dr} \Phi_{dm} \right)$$

# Observaciones Vs Simulaciones

Missing satellites problem



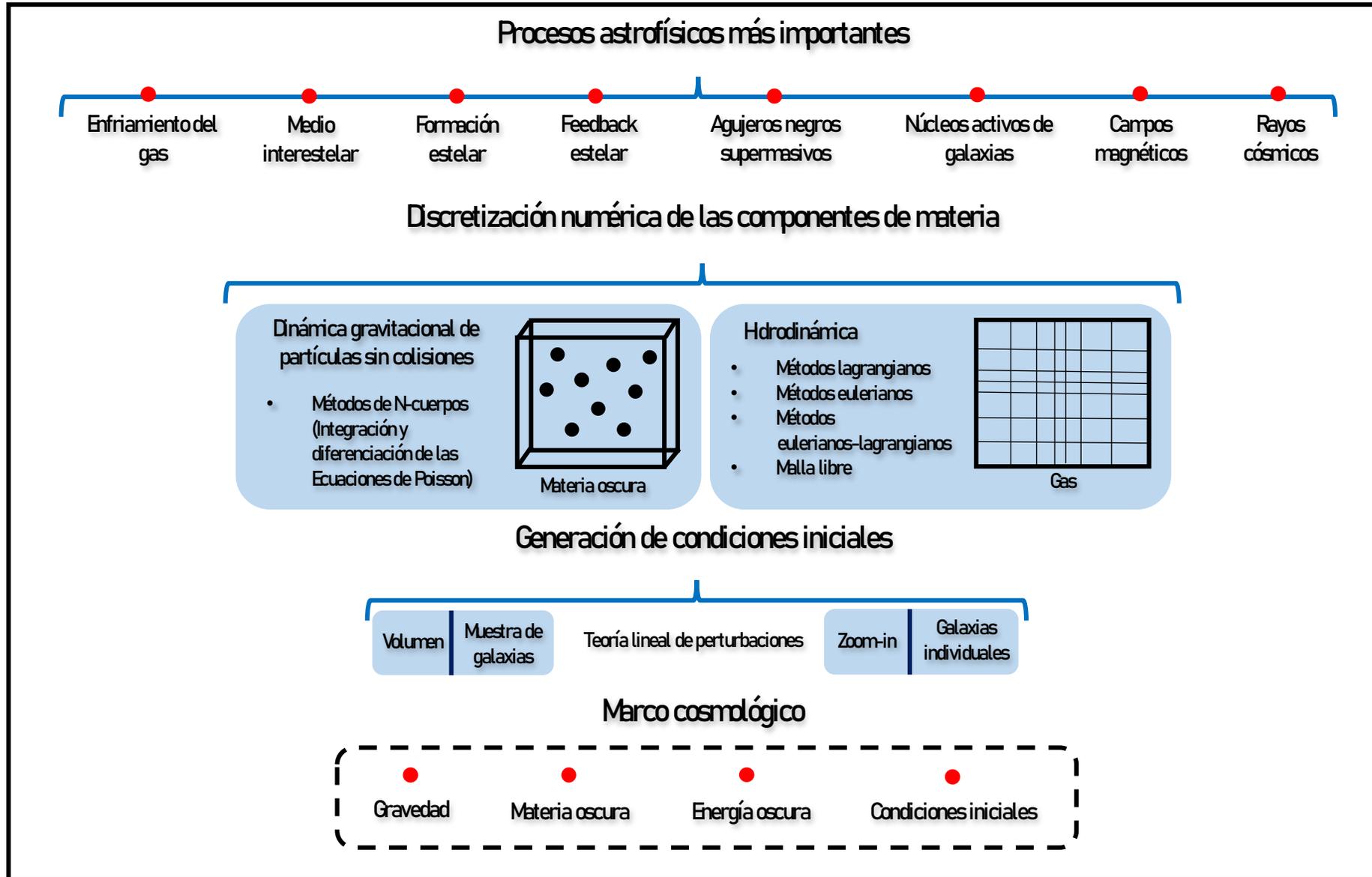
Angular momentum catastrophe



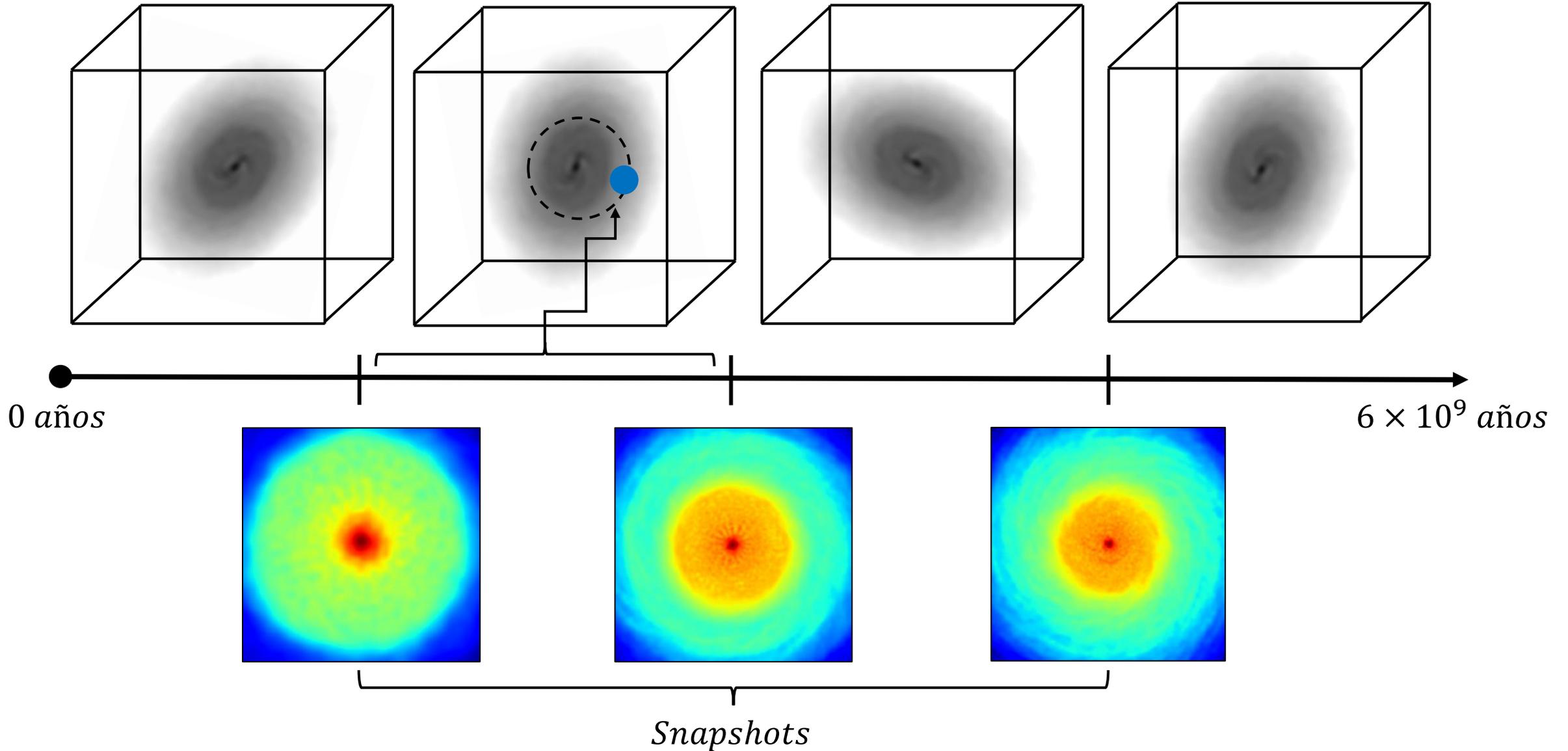
Tomado de: [https://www.researchgate.net/figure/The-missing-satellite-and-too-big-to-fail-problems-Left-Projected-dark-matter\\_fig2\\_237053797](https://www.researchgate.net/figure/The-missing-satellite-and-too-big-to-fail-problems-Left-Projected-dark-matter_fig2_237053797)

- Planteamiento del problema
- Observaciones sintéticas
- Resultados
- Conclusiones

# Condiciones de las simulaciones

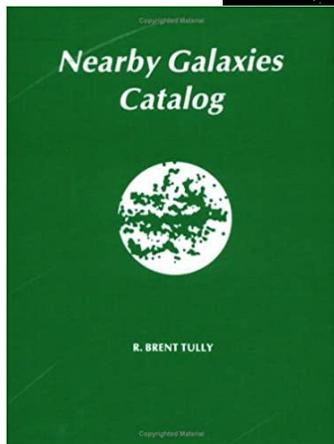
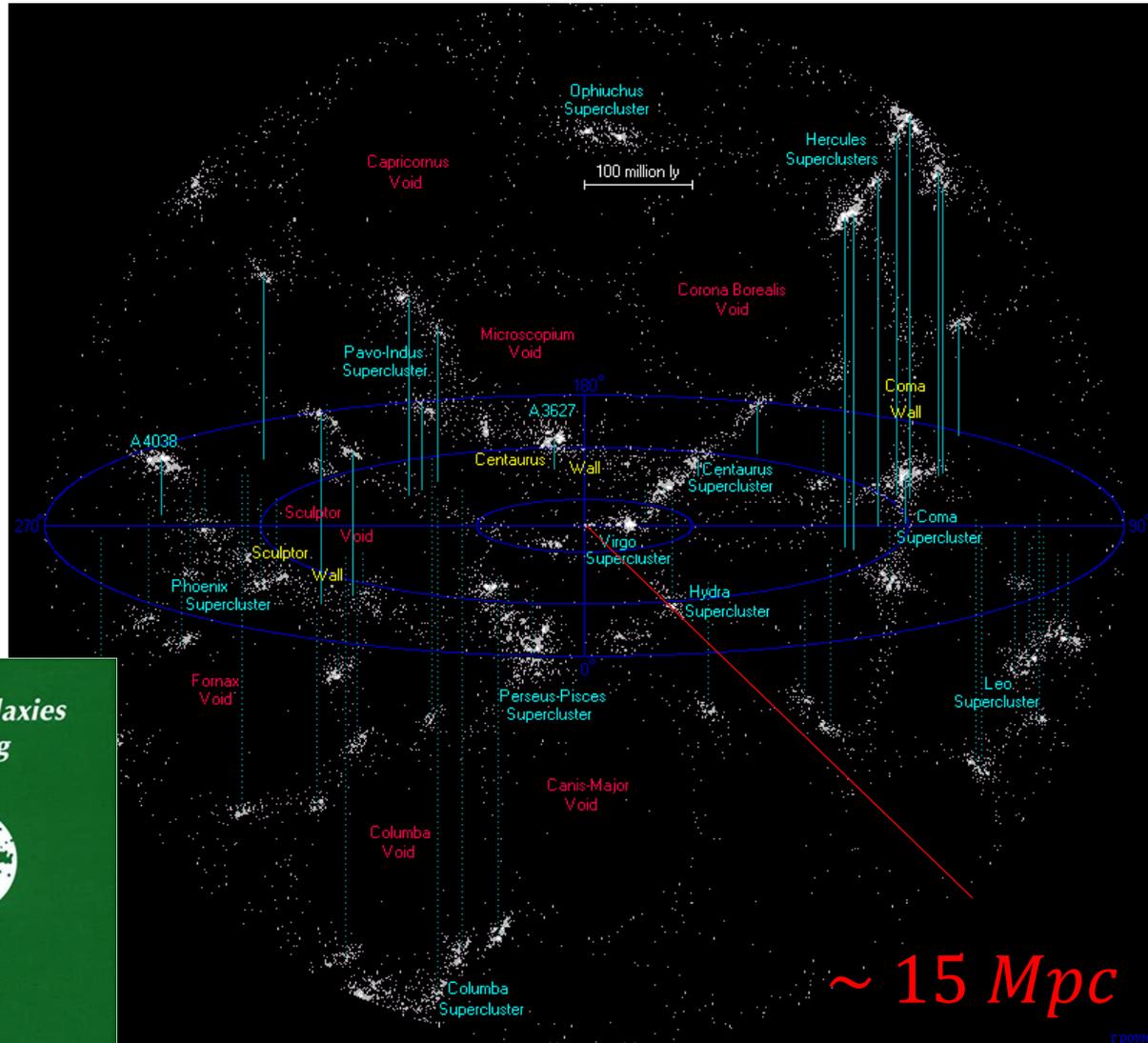


# Snapshots



- Planteamiento del problema
- Observaciones sintéticas
- Resultados
- Conclusiones

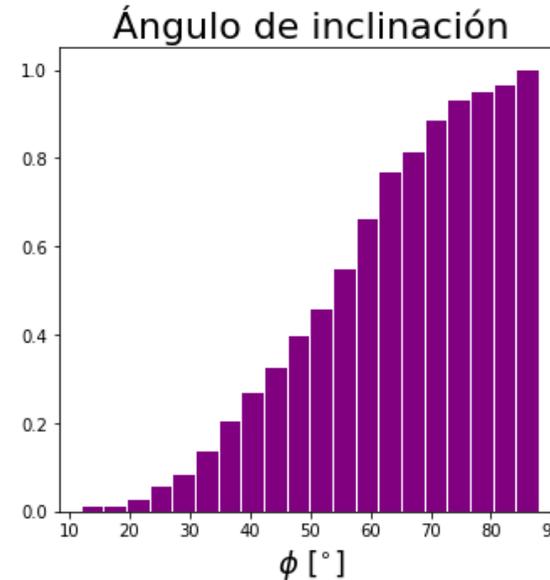
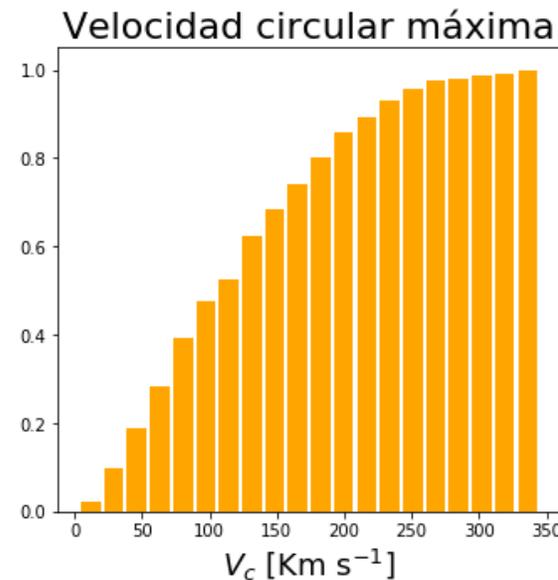
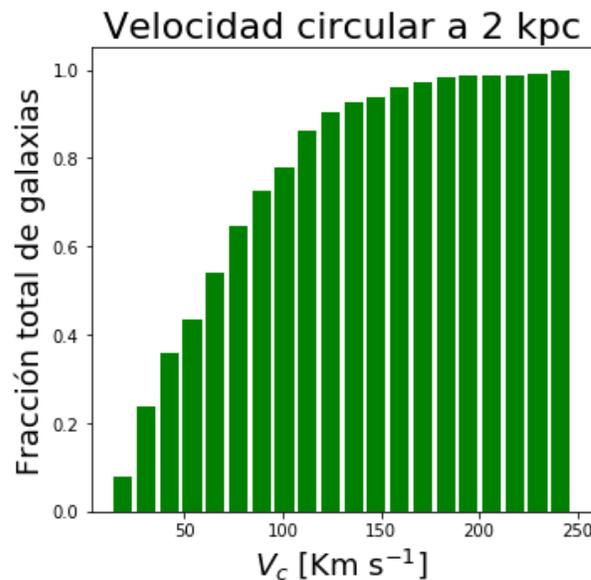
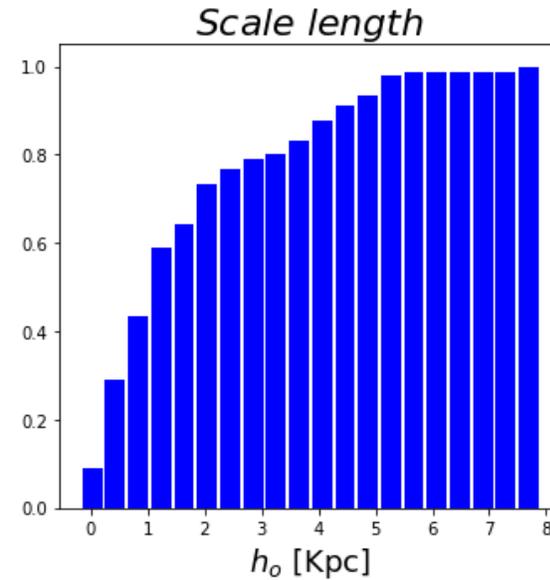
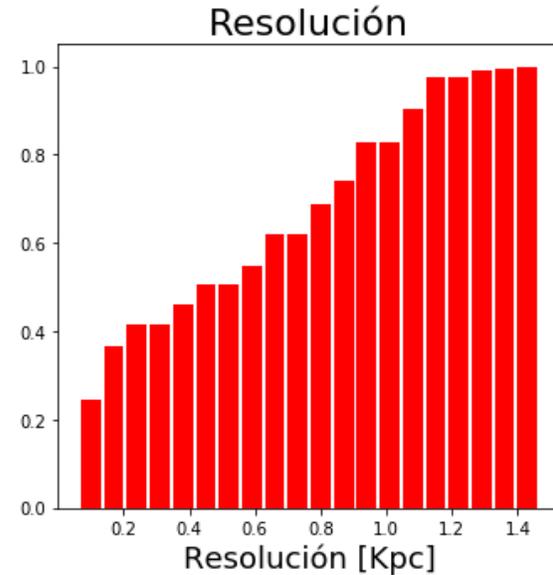
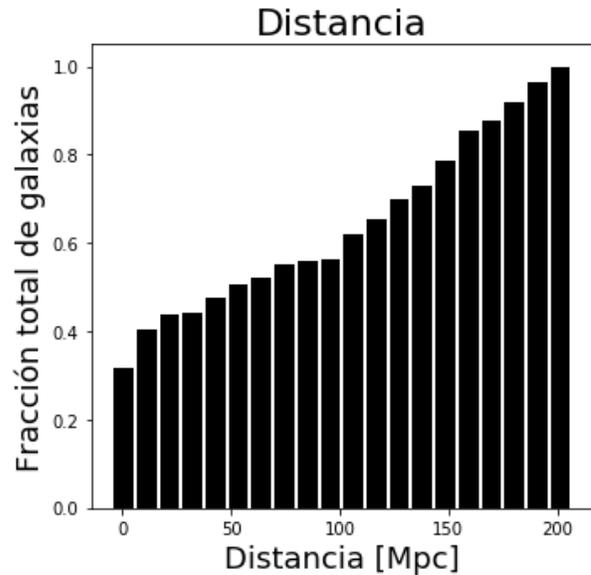
# Universo local



- ### Características
- Buena resolución
  - Máximo detalle
  - Caracterización completa
  - Misma época cósmica

Tomado de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy\\_filament](https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy_filament)

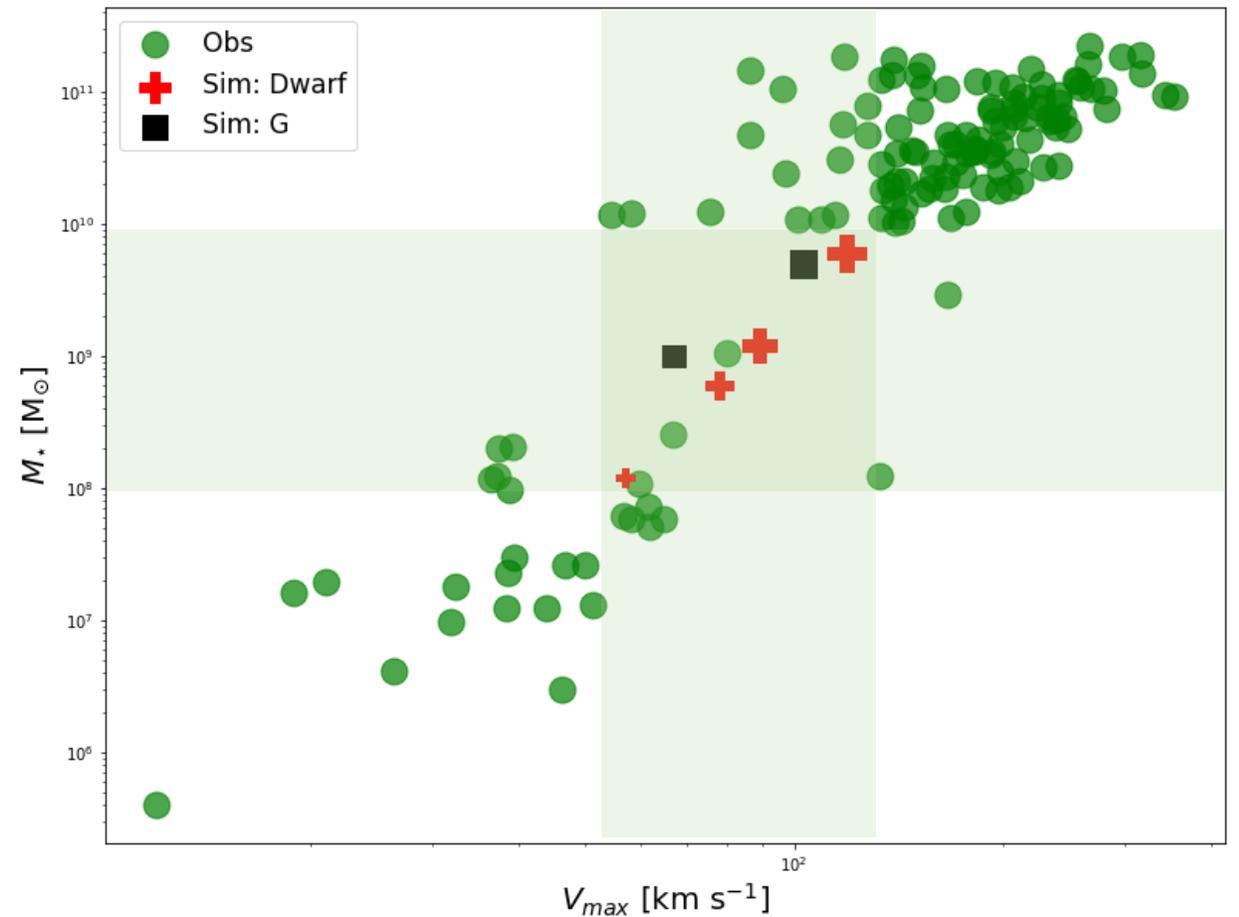
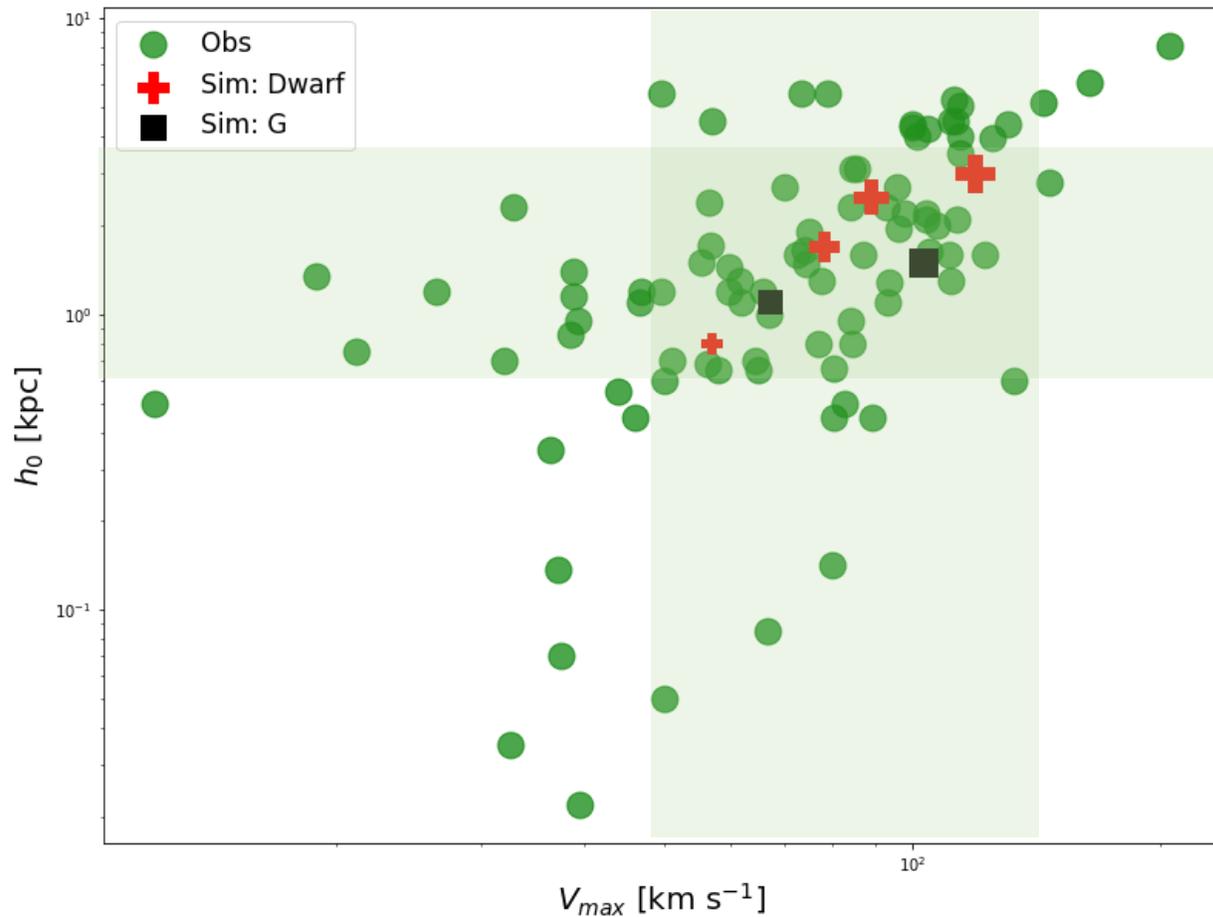
# Muestra de galaxias observadas



HI (21.37 %)  
H $\alpha$  (15.32 %)  
HI + H $\alpha$  (20.56 %)  
Estelar (39.91 %)  
H $\beta$  + OIII (2.82 %)

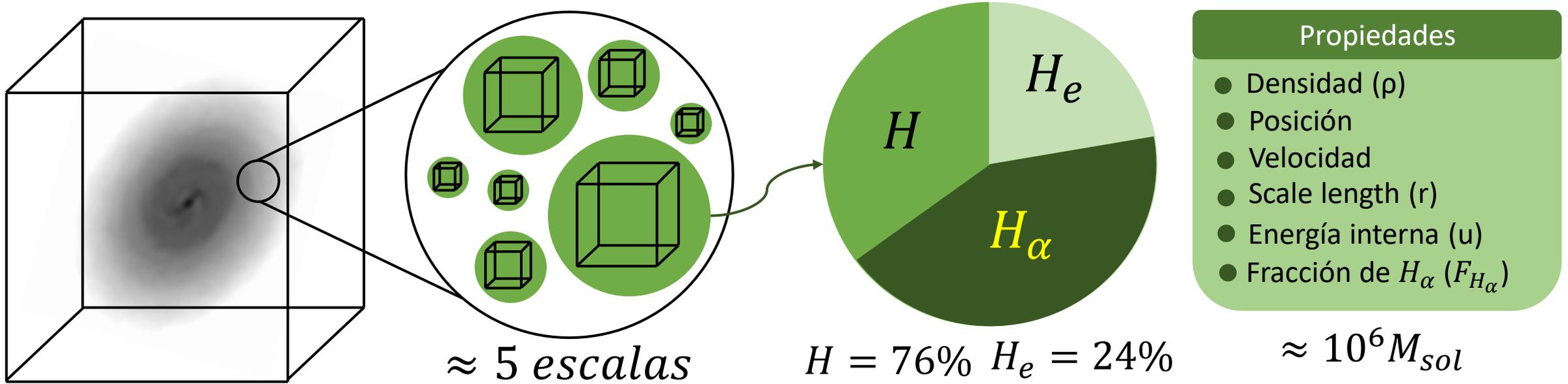
Long-slit (68.95 %)  
2D (31.04 %)

# Muestra de galaxias simuladas



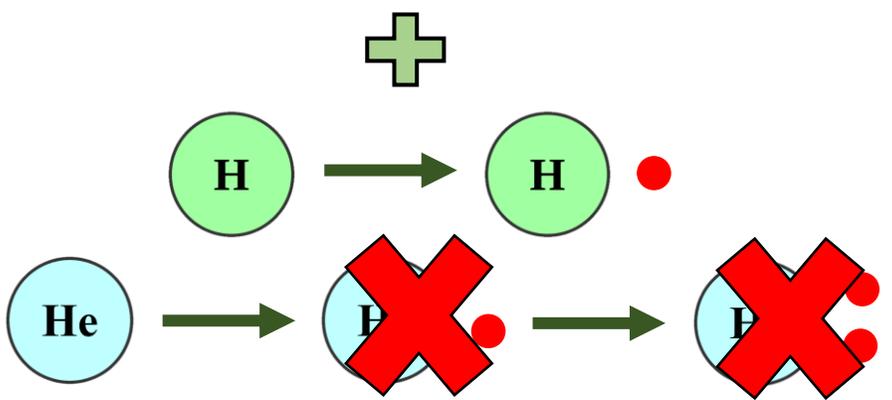
Las galaxias simuladas son representativas de los valores medios de las características de las observaciones.

# AURORA: observaciones sintéticas



- Propiedades**
- Densidad ( $\rho$ )
  - Posición
  - Velocidad
  - Scale length ( $r$ )
  - Energía interna ( $u$ )
  - Fracción de  $H\alpha$  ( $F_{H\alpha}$ )

Suposición de gas ideal



*Estado del gas*

**Peso molecular medio**

$$\mu = \frac{4}{3(0,76) + 1 + 4(0,76)F_{H\alpha}}$$

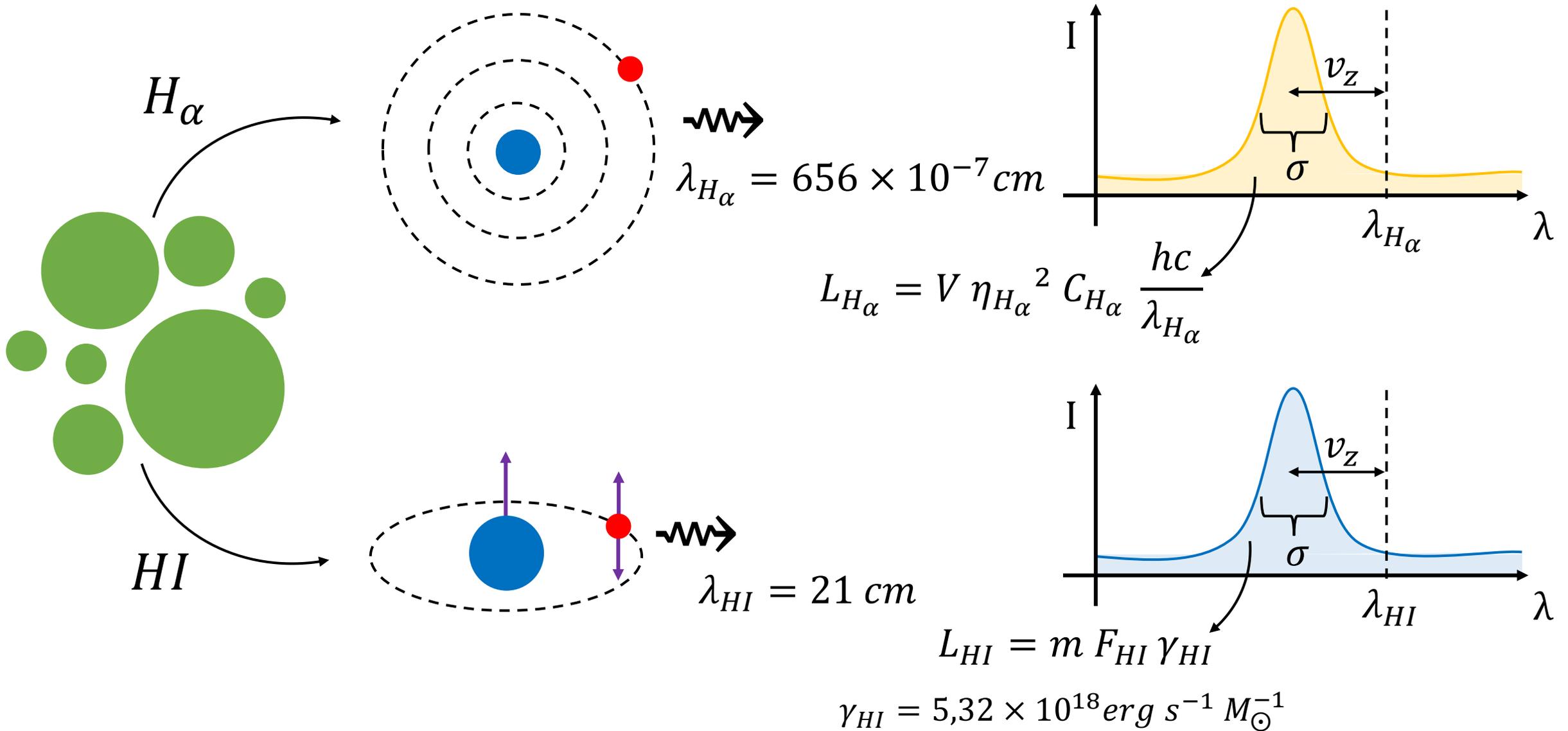
**Densidad numérica de iones**

$$\eta_{H\alpha} = \frac{\rho F_{H\alpha} (0,76)}{m_p}$$

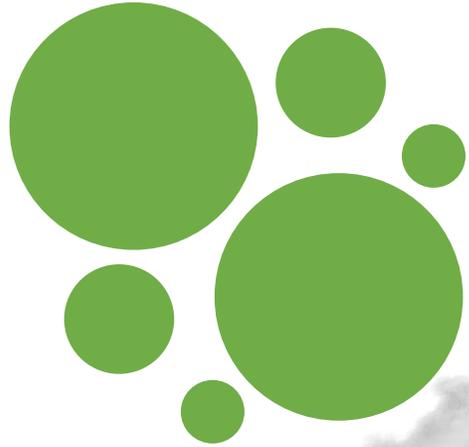
**Temperatura**

$$T = \frac{2}{3} \frac{\mu m_p u}{k_B}$$

# AURORA: observaciones sintéticas

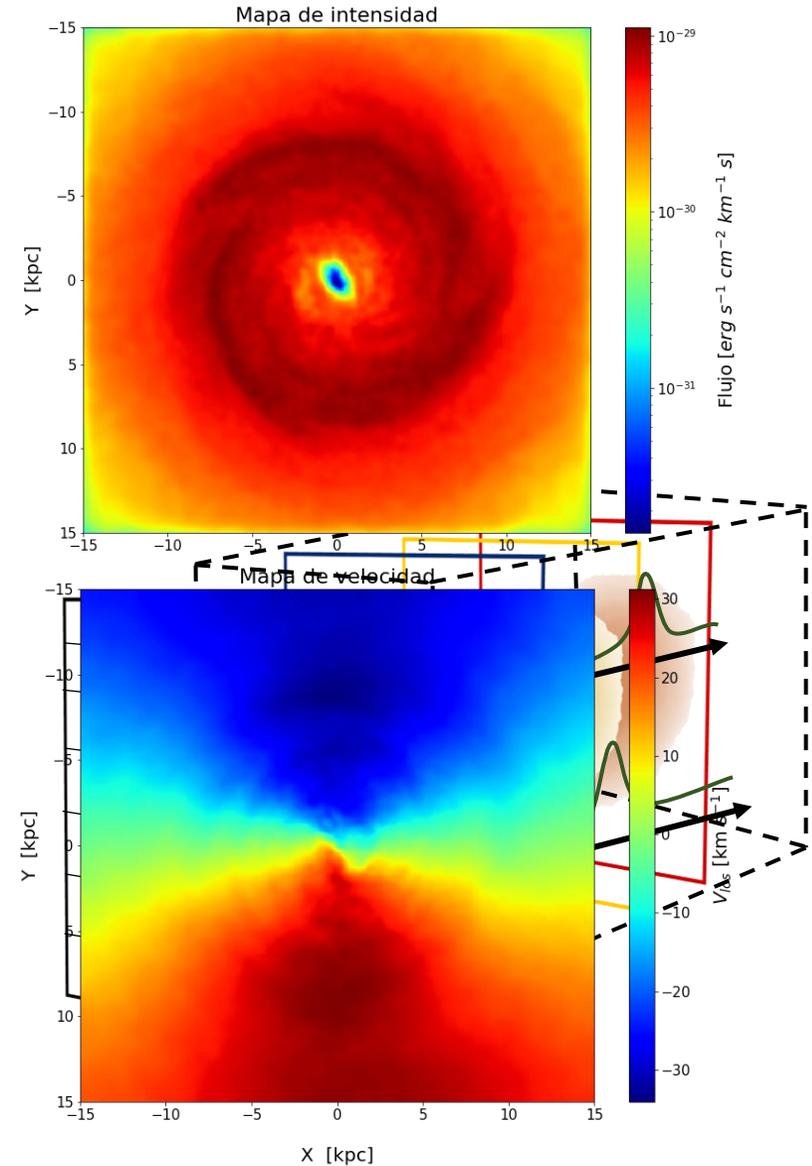


# AURORA: observaciones sintéticas

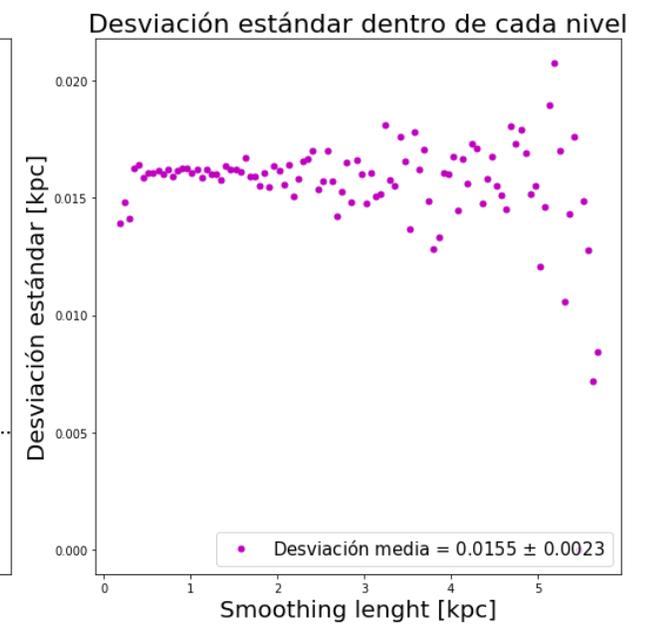
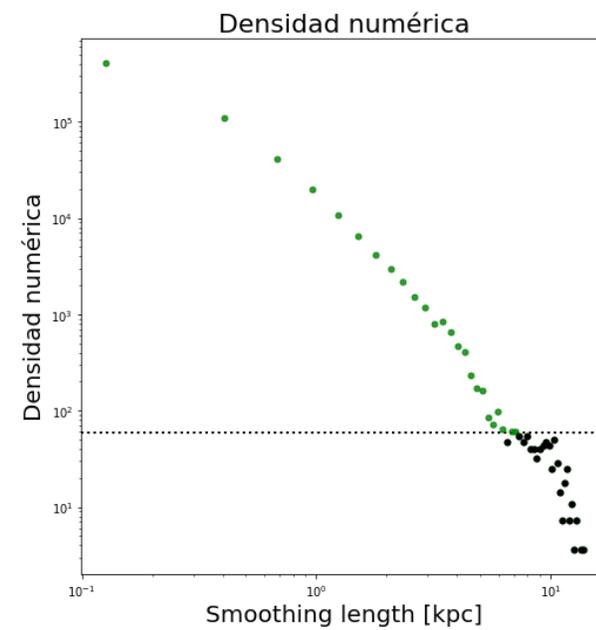
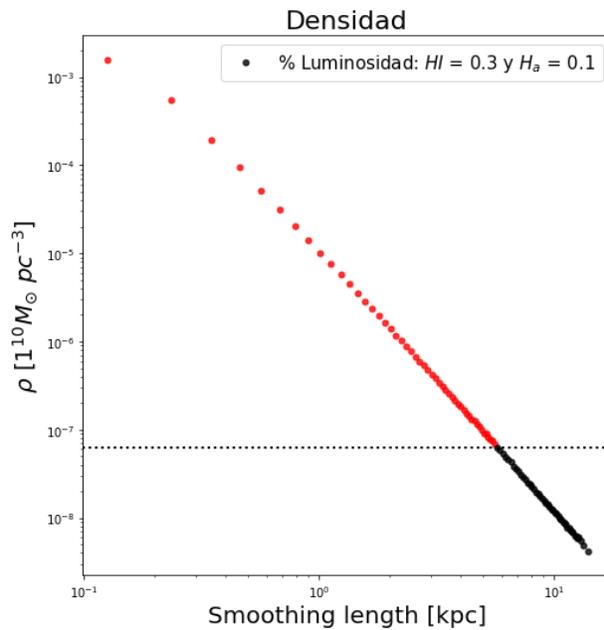
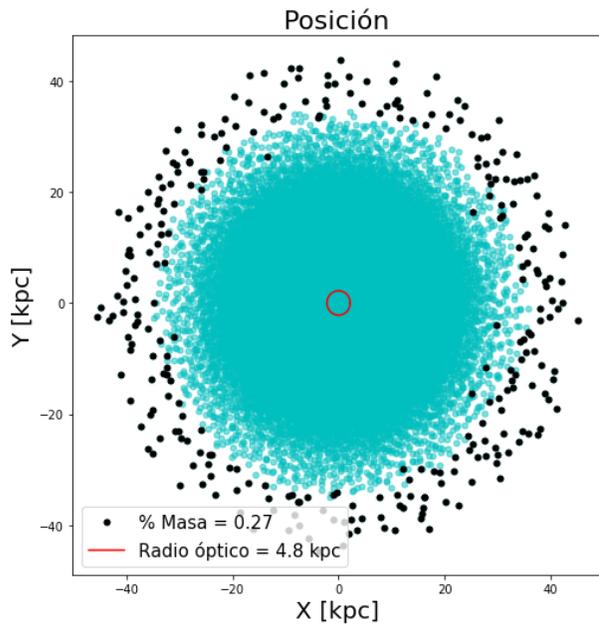
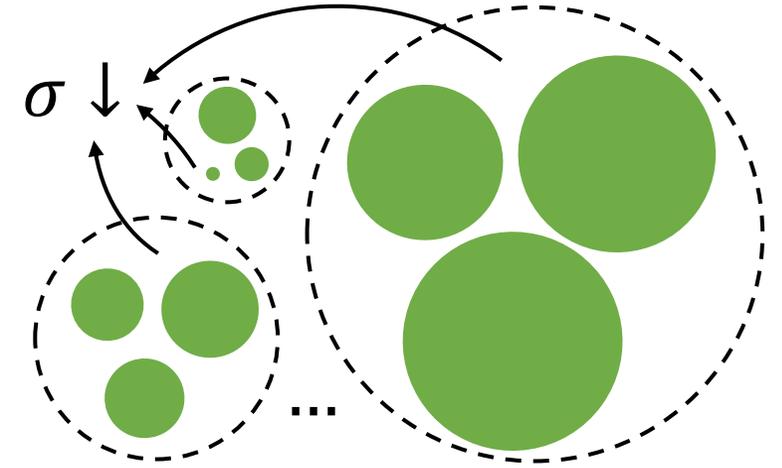
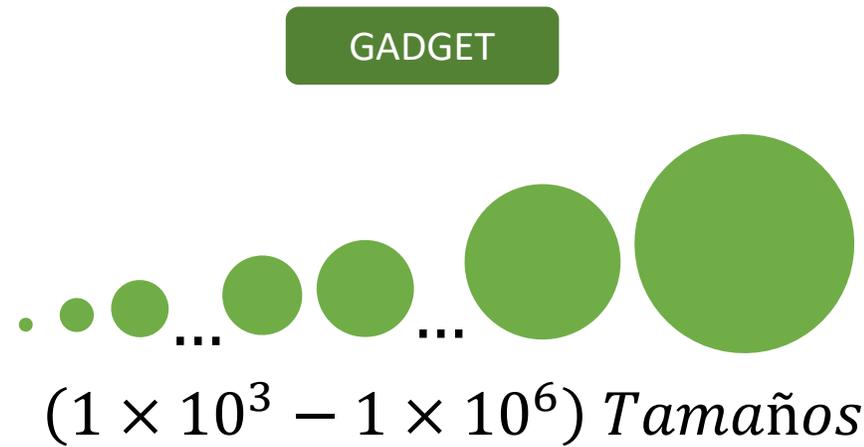
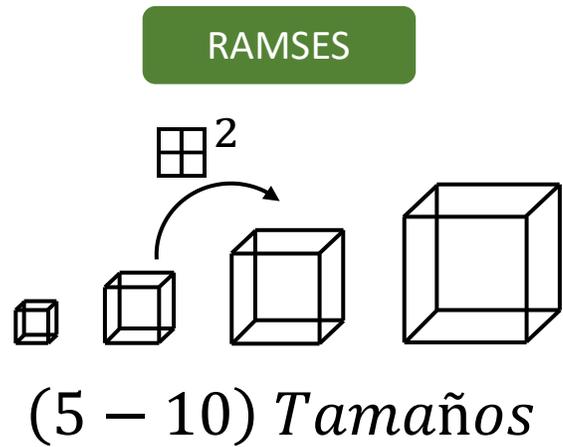


## Factores modelados

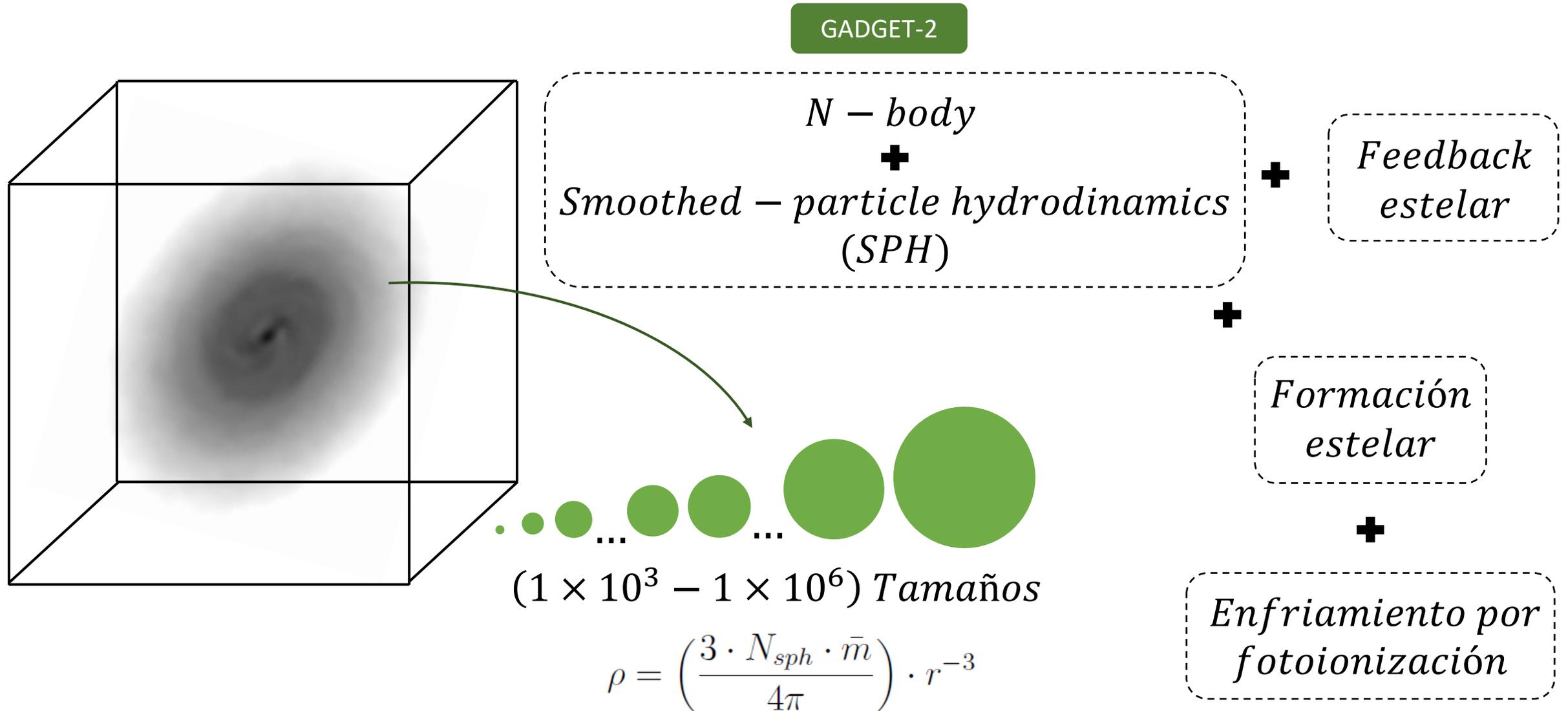
- Resolución espacial
- Poder de resolución
- Tamaño del pixel
- Tamaño del canal
- Campo de visión
- Geometría



# Módulo de acople GADGET-AURORA

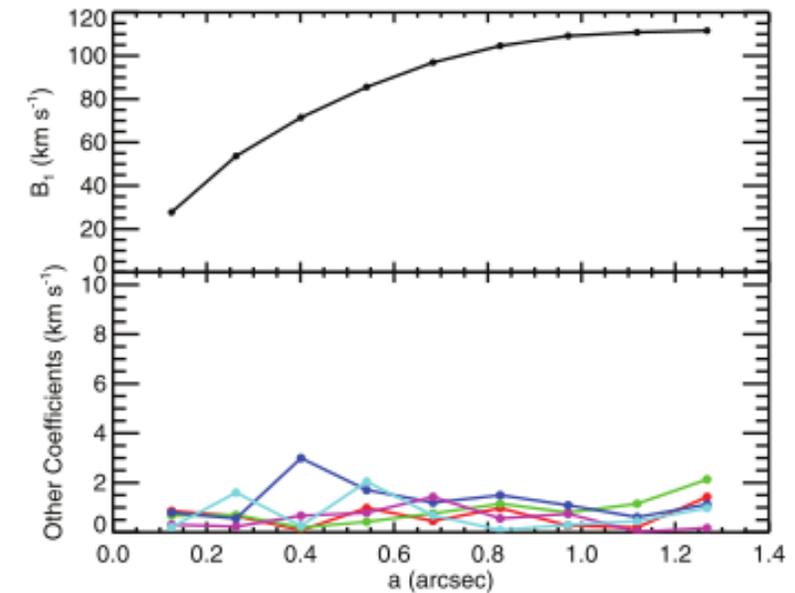
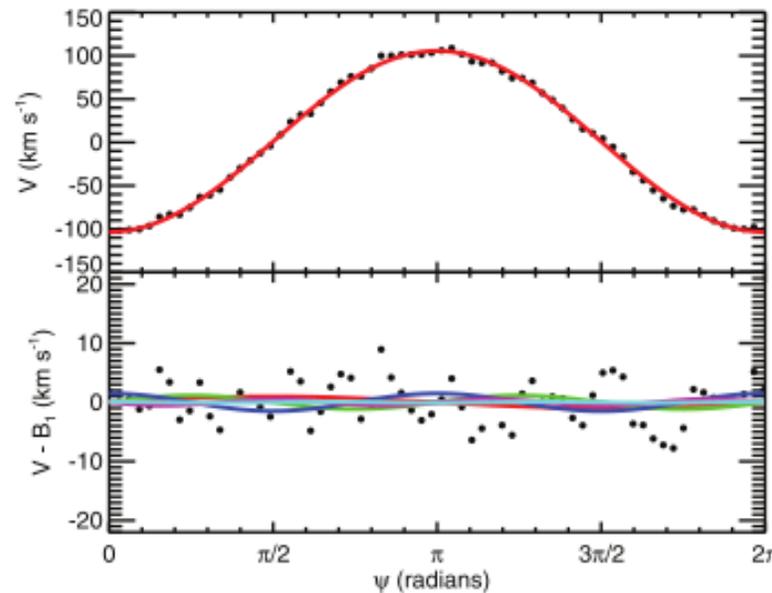
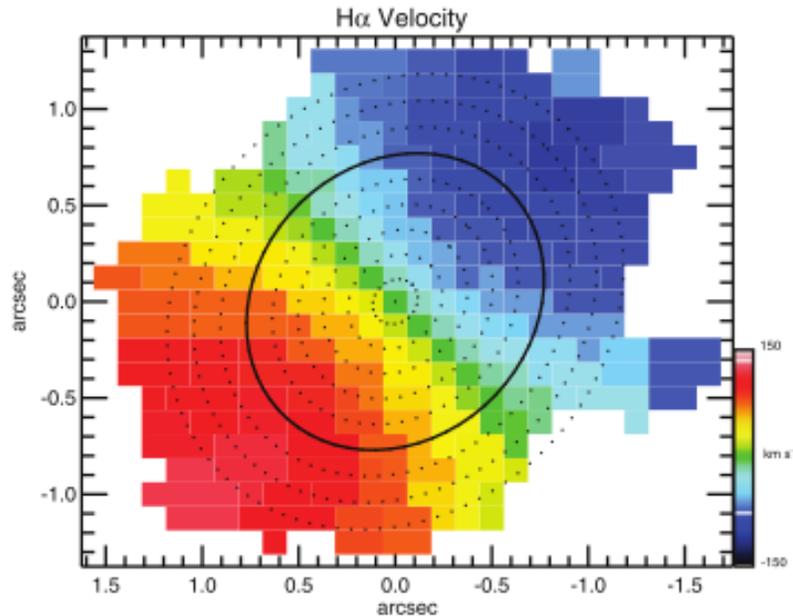


# GADGET-2



# Curvas de rotación KINEMETRY

$$V_{los}(R, \varphi) = V_c(R) \sin(i) \cos(\varphi)$$



## Descomposición armónica de KINEMETRY

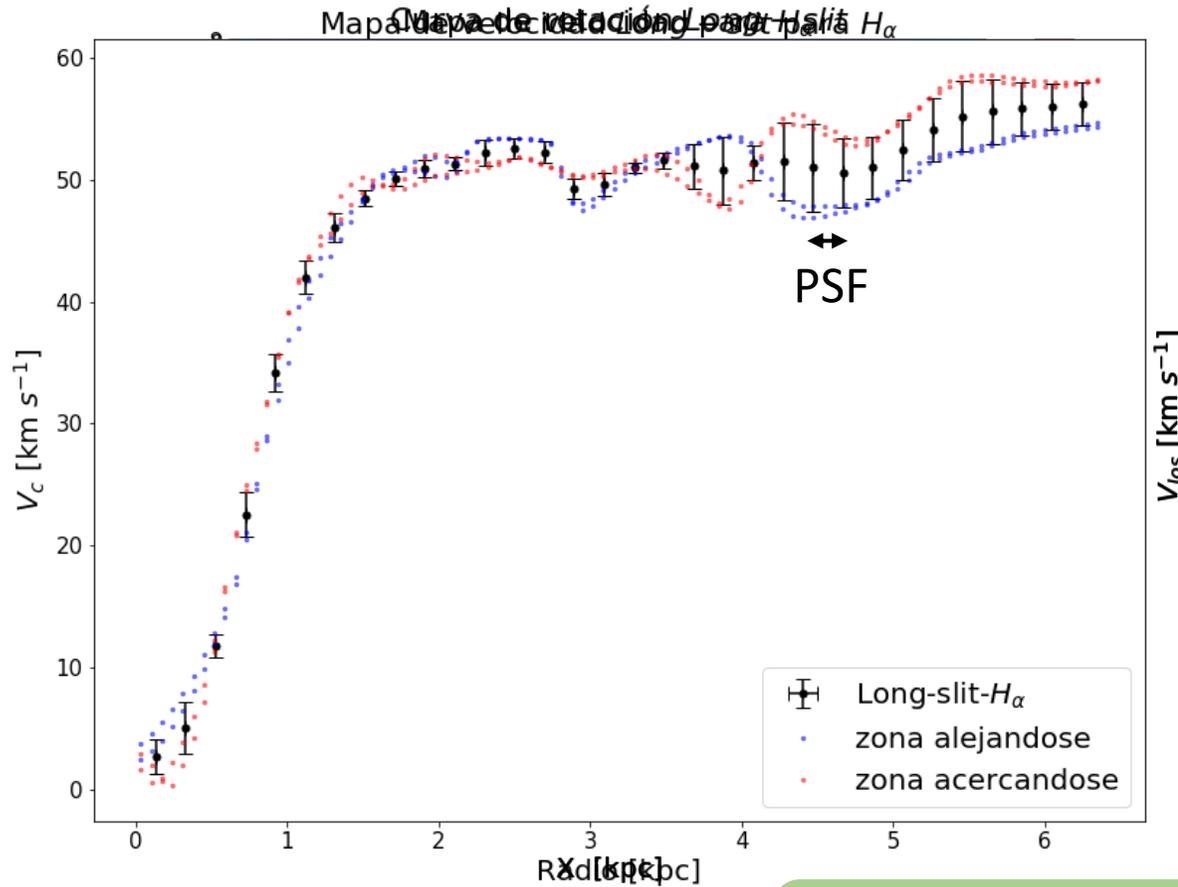
$$V_{los}(R, \varphi) = A_0(R) + \sum_{n=1}^N A_n(R) \sin(n\varphi) + B_n(R) \cos(n\varphi)$$

Tomado de: K. L. Shapiro, et al, The Astrophysical Journal, (2008).

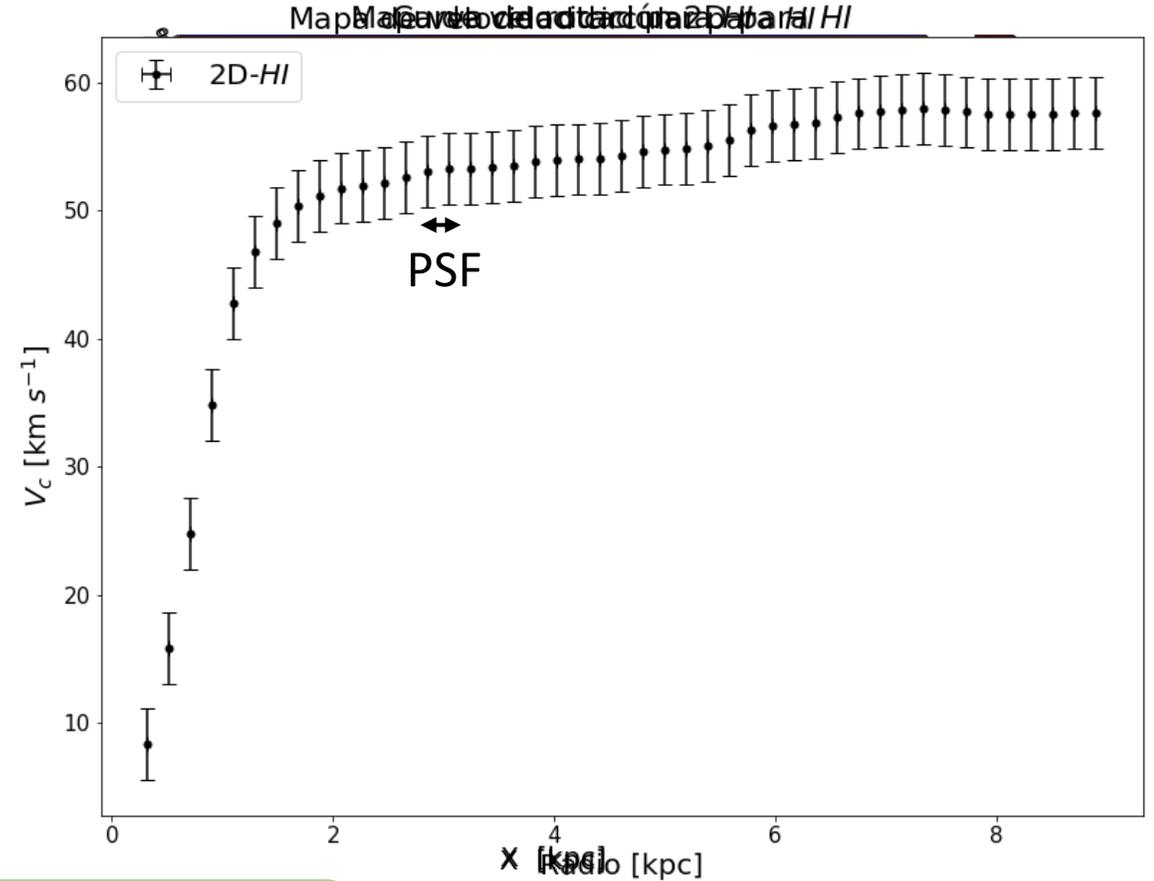
- Planteamiento del problema
- **Observaciones sintéticas**
- Resultados
- Conclusiones

# Curvas de rotación sintéticas

Long-Slit



2D



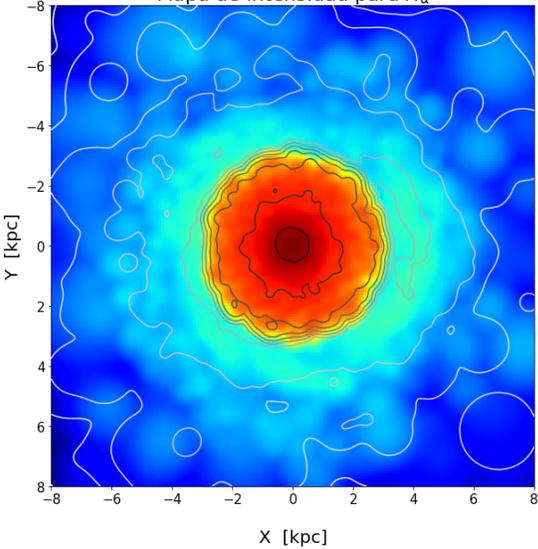
$$V_c(R) = \frac{V_{los}(R, \psi) \alpha(\psi, \theta)}{\sin(\phi) \cos(\psi - \theta)} - V_{sys}$$

# Variaciones sistemáticas

## Línea de emisión

## Ángulo de inclinación

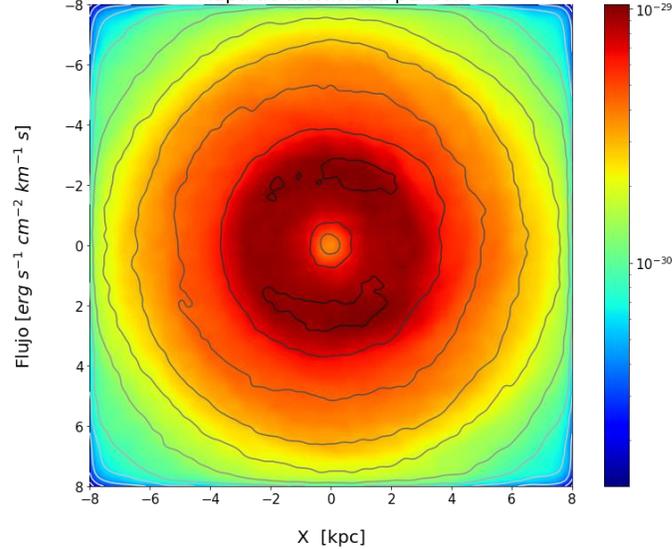
Mapa de intensidad para  $H_\alpha$



$H_\alpha$

- Tamaño pixel : 0.7''
- Resolución : 2.0''
- Tamaño canal : 20 km s<sup>-1</sup>
- R : 3000

Mapa de intensidad para HI

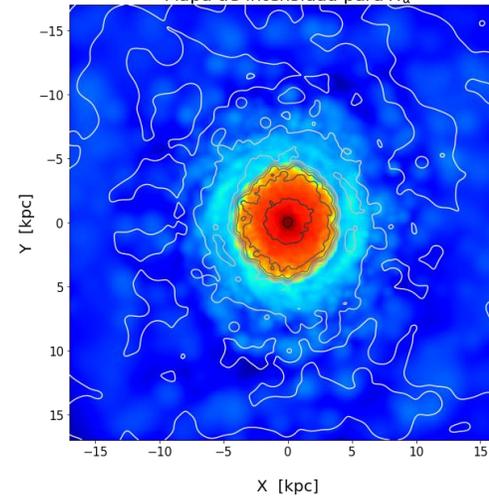


HI

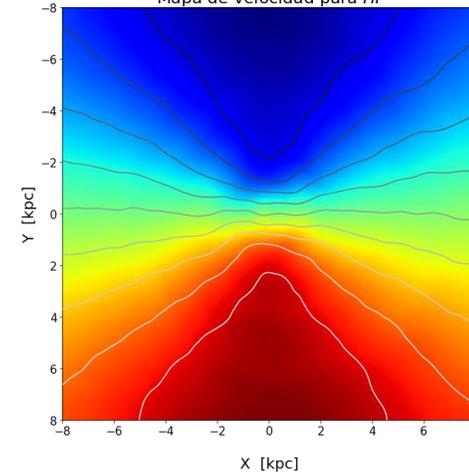
- Tamaño pixel : 1.5''
- Resolución : 6.0''
- Tamaño canal : 5.2 km s<sup>-1</sup>
- R : 9000

$H_\alpha$  y HI : 58 % de la muestra

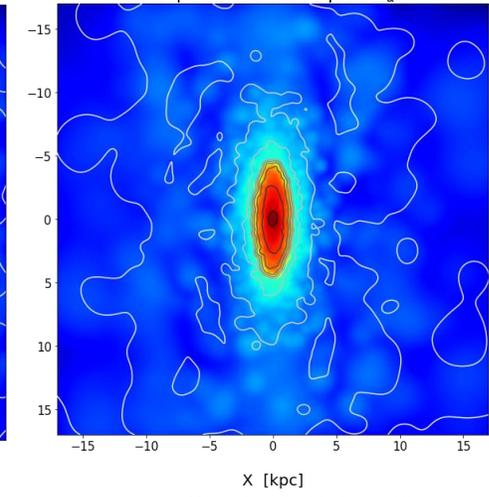
Mapa de intensidad para  $H_\alpha$



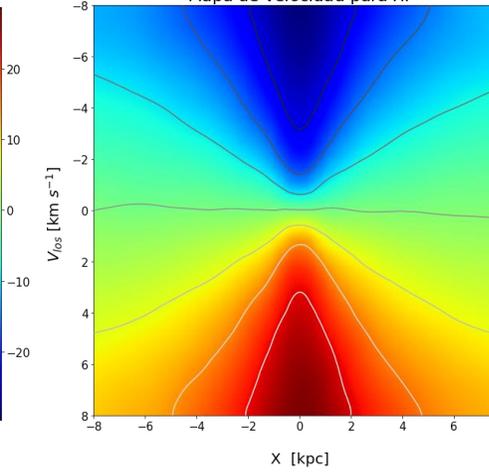
Mapa de velocidad para HI



Mapa de intensidad para  $H_\alpha$



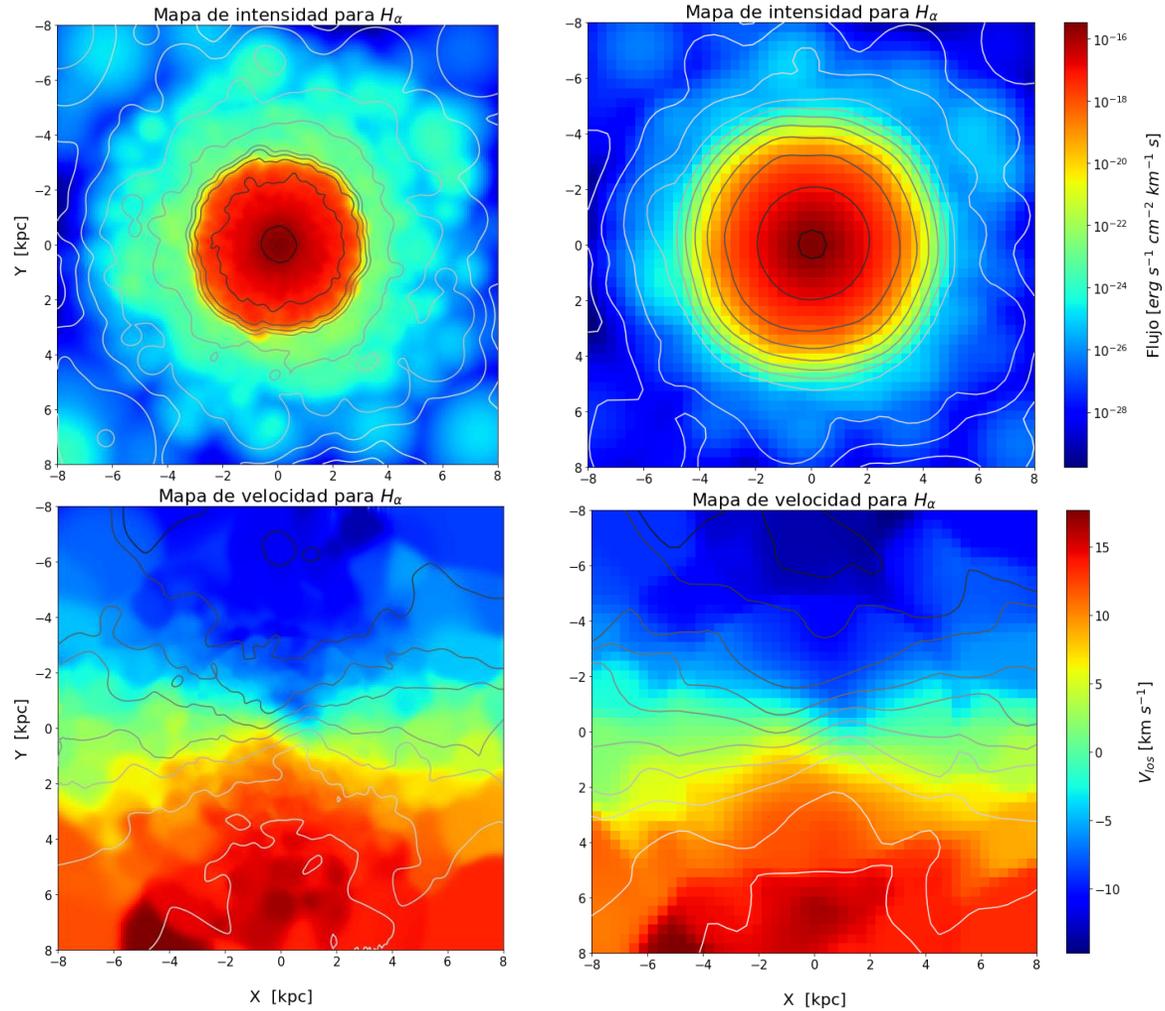
Mapa de velocidad para HI



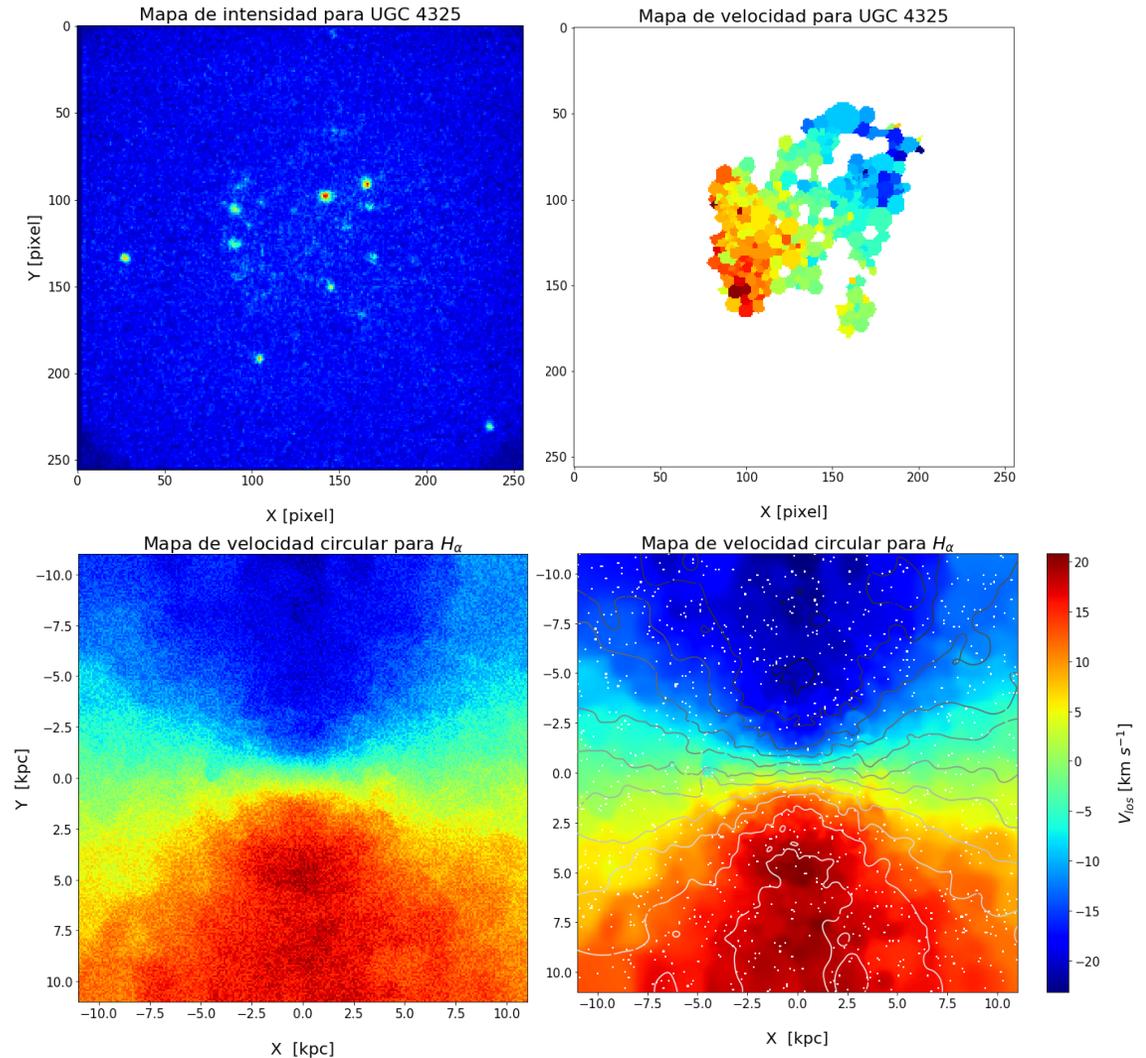
15°, 30°, 45°, 60° y 75° : 88,3 % de la muestra

# Variaciones sistemáticas

## Resolución espacial



## Ruido y pérdida de información

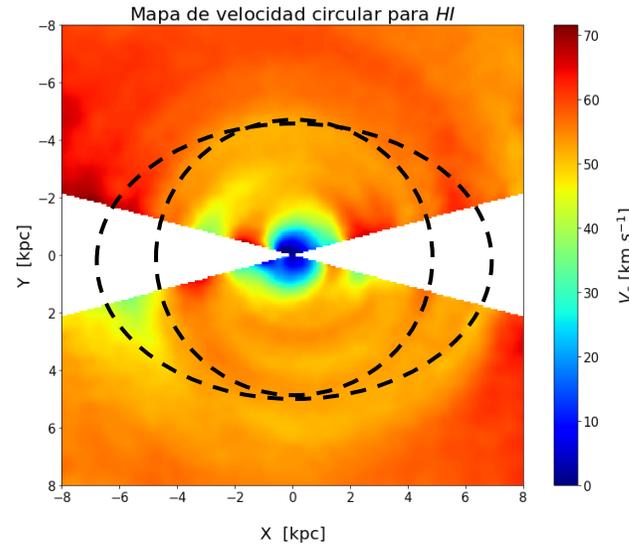
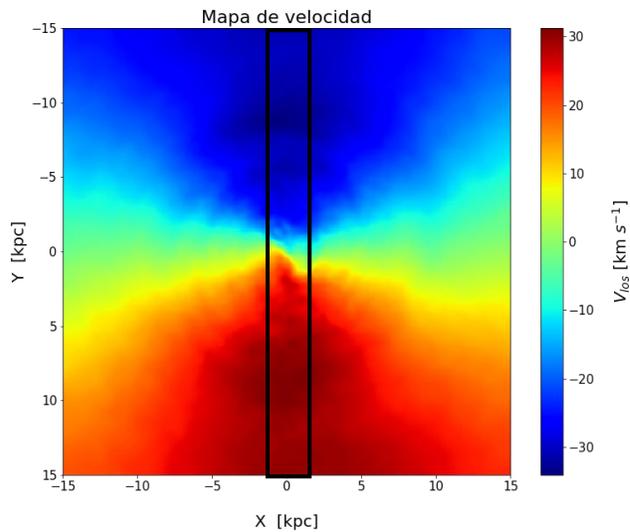


200, 400 y 800 pc : 62,1 % de la muestra

- Planteamiento del problema
- Observaciones sintéticas
- Resultados
- Conclusiones

# Variaciones sistemáticas

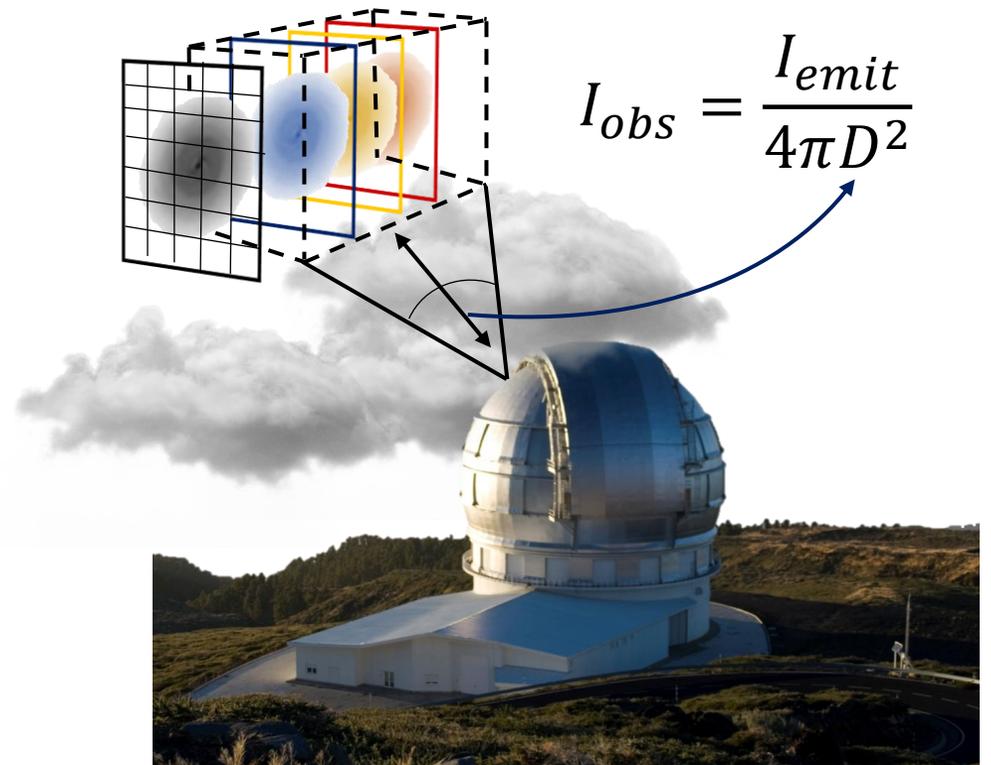
Errores en el ángulo de inclinación



$$V_c(R) = \frac{V_{los}(R, \psi) \alpha(\psi, \theta)}{\sin(\phi) \cos(\psi - \theta)} - V_{sys}$$

*Errores aleatorios entre:*  
(0° – 5°) y (0° – 10°)

Errores en la distancia



*Errores de 10% y 20%*

# Tablas de variabilidad

## Factores observacionales individuales

Modelo	Emisión	Espectrógrafo	$V_{2\text{kpc}}$		
			Resolución		
			$\sim 200$ [pc]	$\sim 400$ [pc]	$\sim 800$ [pc]
<i>Dwarf1</i>	$H\alpha$	2D	$4,8 \pm 1,5 \%$	$6,6 \pm 1,3 \%$	$13,1 \pm 3,8 \%$
		Long-slit	$3,7 \pm 2,8 \%$	$4,6 \pm 3,2 \%$	$5,0 \pm 2,7 \%$
	$HI$	2D	$15,7 \pm 2,7 \%$	$17,0 \pm 2,9 \%$	$20,1 \pm 2,2 \%$
<i>Dwarf2</i>	$H\alpha$	2D	$6,6 \pm 1,8 \%$	$9,8 \pm 1,2 \%$	$15,6 \pm 1,6 \%$
		Long-slit	$2,3 \pm 0,6 \%$	$3,1 \pm 1,0 \%$	$4,3 \pm 1,7 \%$
	$HI$	2D	$24,3 \pm 1,7 \%$	$24,8 \pm 1,4 \%$	$28,0 \pm 1,1 \%$
<i>Dwarf3</i>	$H\alpha$	2D	$7,2 \pm 3,5 \%$	$10,7 \pm 3,2 \%$	$21,6 \pm 0,7 \%$
		Long-slit	$4,7 \pm 2,8 \%$	$4,2 \pm 1,4 \%$	$3,0 \pm 0,3 \%$
	$HI$	2D	$29,8 \pm 3,0 \%$	$31,3 \pm 2,9 \%$	$33,2 \pm 2,4 \%$
<i>Dwarf4</i>	$H\alpha$	2D	$20,0 \pm 3,9 \%$	$24,2 \pm 2,5 \%$	$34,0 \pm 1,8 \%$
		Long-slit	$2,7 \pm 0,1 \%$	$3,9 \pm 0,1 \%$	$6,5 \pm 0,3 \%$
	$HI$	2D	$46,1 \pm 2,9 \%$	$45,8 \pm 2,4 \%$	$46,7 \pm 2,3 \%$
<i>G0</i>	$H\alpha$	2D	$9,7 \pm 2,0 \%$	$13,0 \pm 1,6 \%$	$21,5 \pm 2,0 \%$
		Long-slit	$4,4 \pm 1,6 \%$	$4,1 \pm 0,9 \%$	$3,4 \pm 0,1 \%$
	$HI$	2D	$18,4 \pm 1,6 \%$	$19,9 \pm 1,4 \%$	$19,0 \pm 1,3 \%$
<i>G1</i>	$H\alpha$	2D	$25,4 \pm 4,8 \%$	$29,3 \pm 4,8 \%$	$29,7 \pm 1,4 \%$
		Long-slit	$6,8 \pm 2,2 \%$	$10,5 \pm 4,5 \%$	$14,6 \pm 7,4 \%$
	$HI$	2D	$38,1 \pm 9,8 \%$	$40,2 \pm 10,0 \%$	$36,4 \pm 6,2 \%$

## Factores observacionales en conjunto

Modelo	$V_{2\text{kpc}}$	
	Simulaciones	Observaciones sintéticas
<i>Dwarf1</i>	2,1 %	$10,1 \pm 2,6 \%$
<i>Dwarf2</i>	4,6 %	$13,2 \pm 1,3 \%$
<i>Dwarf3</i>	6,7 %	$16,2 \pm 2,2 \%$
<i>Dwarf4</i>	7,2 %	$25,6 \pm 1,8 \%$
<i>G0</i>	6,5 %	$12,6 \pm 1,4 \%$
<i>G1</i>	8,6 %	$25,7 \pm 5,7 \%$

# Tablas de variabilidad

## Errores en el ángulo de inclinación

Modelo	Simulaciones	$V_{2\text{kpc}}$		
		Observaciones sintéticas	Errores en el ángulo	
			5°	10°
<i>Dwarf1</i>	2,1 %	10,1 ± 2,6 %	13,2 ± 3,8 %	21,6 ± 6,1 %
<i>Dwarf2</i>	4,6 %	13,2 ± 1,3 %	18,4 ± 5,1 %	29,8 ± 8,4 %
<i>Dwarf3</i>	6,7 %	16,2 ± 2,2 %	19,3 ± 4,4 %	27,6 ± 9,7 %
<i>Dwarf4</i>	7,2 %	25,6 ± 1,8 %	31,2 ± 4,2 %	43,1 ± 10,6 %
<i>G0</i>	6,5 %	12,6 ± 1,4 %	17,8 ± 4,3 %	29,7 ± 9,1 %
<i>G1</i>	8,6 %	25,7 ± 5,7 %	31,7 ± 10,3 %	46,5 ± 17,1 %

## Errores en la distancia

Modelo	Simulaciones	$V_{2\text{kpc}}$		
		Observaciones sintéticas	Errores en la distancia	
			10 %	20 %
<i>Dwarf1</i>	2,1 %	10,1 ± 2,6 %	11,8 ± 2,8 %	11,7 ± 3,1 %
<i>Dwarf2</i>	4,6 %	13,2 ± 1,3 %	13,4 ± 1,2 %	13,8 ± 1,4 %
<i>Dwarf3</i>	6,7 %	16,2 ± 2,2 %	16,7 ± 2,1 %	17,7 ± 1,7 %
<i>Dwarf4</i>	7,2 %	25,6 ± 1,8 %	26,2 ± 1,5 %	26,9 ± 1,0 %
<i>G0</i>	6,5 %	12,6 ± 1,4 %	15,4 ± 1,1 %	14,5 ± 1,2 %
<i>G1</i>	8,6 %	25,7 ± 5,7 %	27,5 ± 7,3 %	27,3 ± 7,5 %

# Tablas de variabilidad

## Pérdida de información y ruido

Modelo	Simulaciones	$V_{2\text{kpc}}$		
		Observaciones sintéticas	Pérdida	Ruido
<i>Dwarf1</i>	2,1 %	$10,1 \pm 2,6$ %	$10,1 \pm 2,6$ %	$10,4 \pm 2,4$ %
<i>Dwarf2</i>	4,6 %	$13,2 \pm 1,3$ %	$13,2 \pm 1,3$ %	$14,0 \pm 1,3$ %
<i>Dwarf3</i>	6,7 %	$16,2 \pm 2,2$ %	$16,2 \pm 2,2$ %	$16,7 \pm 3,0$ %
<i>Dwarf4</i>	7,2 %	$25,6 \pm 1,8$ %	$25,6 \pm 1,8$ %	$25,8 \pm 1,7$ %
<i>G0</i>	6,5 %	$12,6 \pm 1,4$ %	$12,7 \pm 1,3$ %	$14,0 \pm 1,8$ %
<i>G1</i>	8,6 %	$25,7 \pm 5,7$ %	$25,7 \pm 5,7$ %	$26,4 \pm 5,3$ %

## Cantidad de snapshots

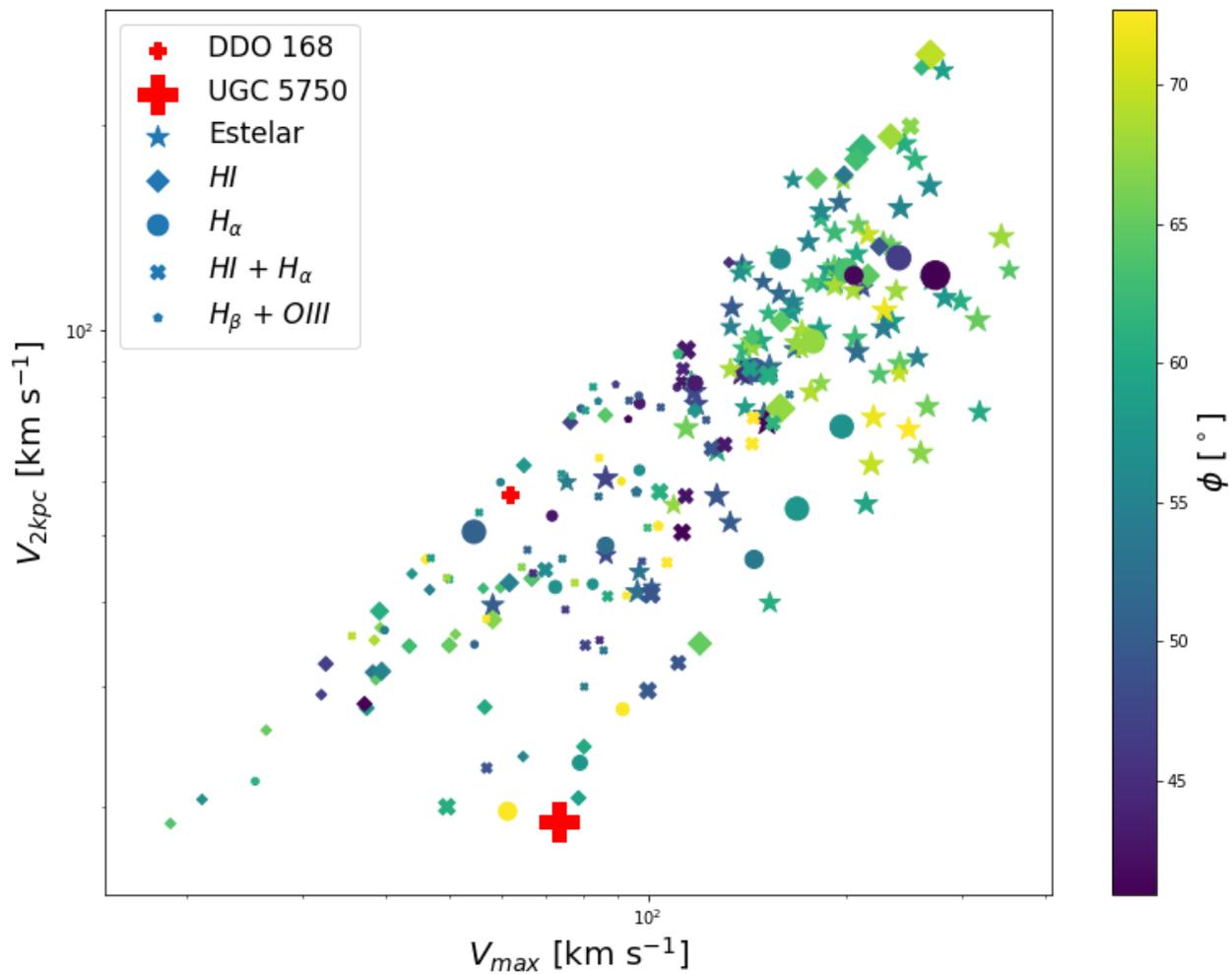
Modelo	Simulaciones	$V_{2\text{kpc}}$		
		Observaciones sintéticas		
		3 snapshots	30 snapshots	60 snapshots
<i>Dwarf1</i>	2,1 %	$10,1 \pm 2,6$ %	$10,2 \pm 1,0$ %	$9,9 \pm 0,9$ %

# Tablas de variabilidad + barras de error

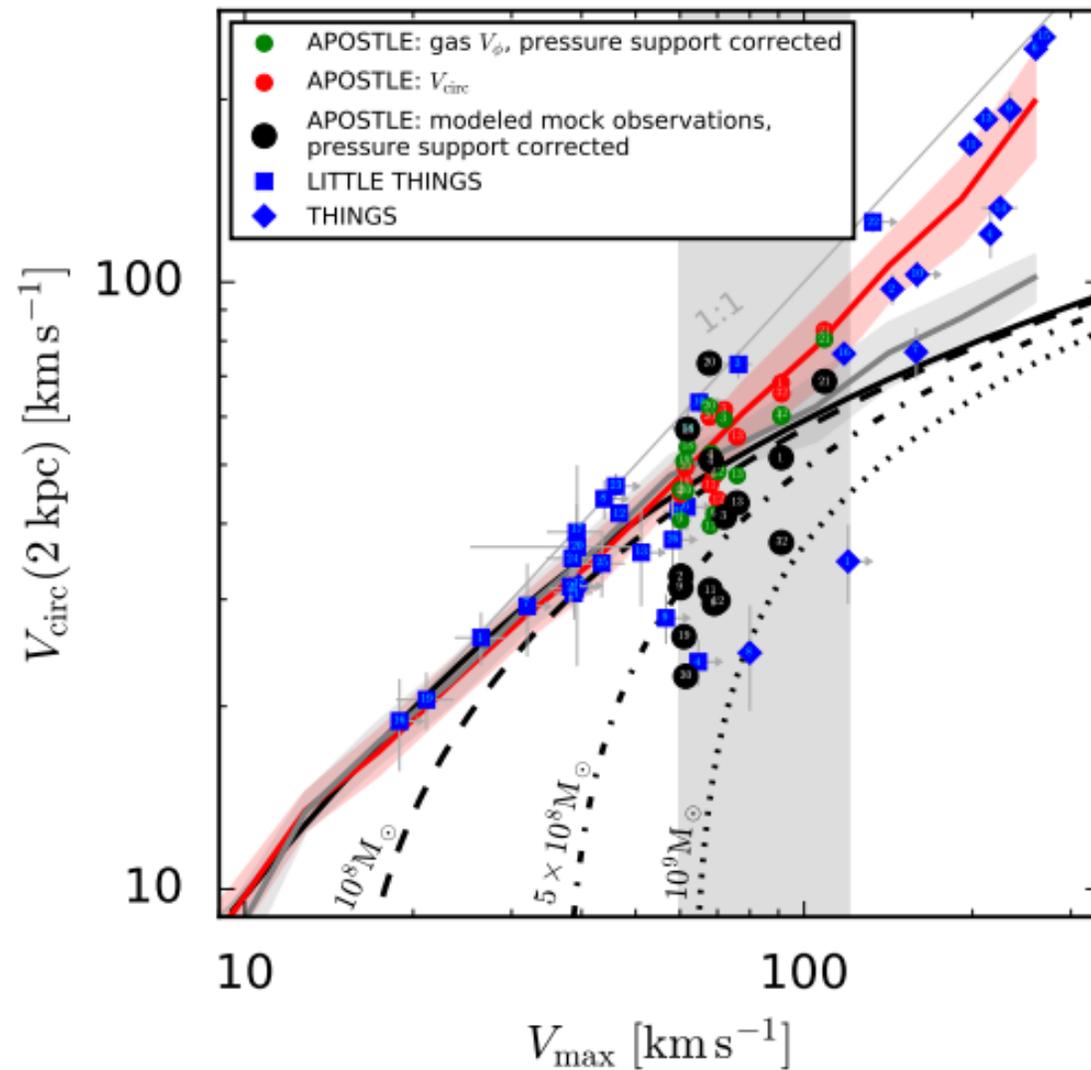
Factores observacionales individuales + barras de error

Modelo	Emisión	Espectrógrafo	$V_{2\text{kpc}} [\text{km s}^{-1}]$		
			$\sim 200 [\text{pc}]$	$\sim 400 [\text{pc}]$	$\sim 800 [\text{pc}]$
<i>Dwarf1</i>	$H_{\alpha}$	2D	$24,7 \pm 4,6 \%$	$39,1 \pm 7,0 \%$	$52,9 \pm 8,6 \%$
		Long-slit	$6,1 \pm 2,1 \%$	$6,4 \pm 2,4 \%$	$6,8 \pm 2,7 \%$
	$HI$	2D	$27,3 \pm 5,3 \%$	$39,1 \pm 6,9 \%$	$50,3 \pm 5,3 \%$
<i>Dwarf2</i>	$H_{\alpha}$	2D	$27,2 \pm 2,9 \%$	$40,2 \pm 2,4 \%$	$63,9 \pm 2,5 \%$
		Long-slit	$5,0 \pm 1,8 \%$	$7,0 \pm 1,9 \%$	$5,7 \pm 2,6 \%$
	$HI$	2D	$33,1 \pm 1,9 \%$	$38,9 \pm 1,4 \%$	$49,3 \pm 1,4 \%$
<i>Dwarf3</i>	$H_{\alpha}$	2D	$23,9 \pm 4,2 \%$	$39,3 \pm 6,1 \%$	$70,0 \pm 4,3 \%$
		Long-slit	$7,6 \pm 3,2 \%$	$8,0 \pm 2,6 \%$	$5,7 \pm 1,5 \%$
	$HI$	2D	$35,8 \pm 3,3 \%$	$42,4 \pm 2,5 \%$	$53,3 \pm 1,0 \%$
<i>Dwarf4</i>	$H_{\alpha}$	2D	$31,8 \pm 3,2 \%$	$45,3 \pm 1,9 \%$	$72,3 \pm 1,7 \%$
		Long-slit	$6,6 \pm 0,1 \%$	$8,8 \pm 0,7 \%$	$14,9 \pm 0,1 \%$
	$HI$	2D	$51,6 \pm 2,3 \%$	$56,7 \pm 2,0 \%$	$66,6 \pm 1,3 \%$
<i>G0</i>	$H_{\alpha}$	2D	$33,8 \pm 2,2 \%$	$51,7 \pm 2,7 \%$	$73,9 \pm 1,8 \%$
		Long-slit	$7,5 \pm 1,3 \%$	$7,2 \pm 0,6 \%$	$8,8 \pm 2,9 \%$
	$HI$	2D	$34,8 \pm 2,0 \%$	$45,3 \pm 1,9 \%$	$55,4 \pm 1,3 \%$
<i>G1</i>	$H_{\alpha}$	2D	$55,6 \pm 12,2 \%$	$69,6 \pm 12,2 \%$	$97,0 \pm 0,6 \%$
		Long-slit	$11,2 \pm 2,5 \%$	$14,5 \pm 5,1 \%$	$17,8 \pm 7,8 \%$
	$HI$	2D	$72,6 \pm 21,4 \%$	$87,3 \pm 25,8 \%$	$97,8 \pm 21,8 \%$

# Correcciones para movimientos no circulares



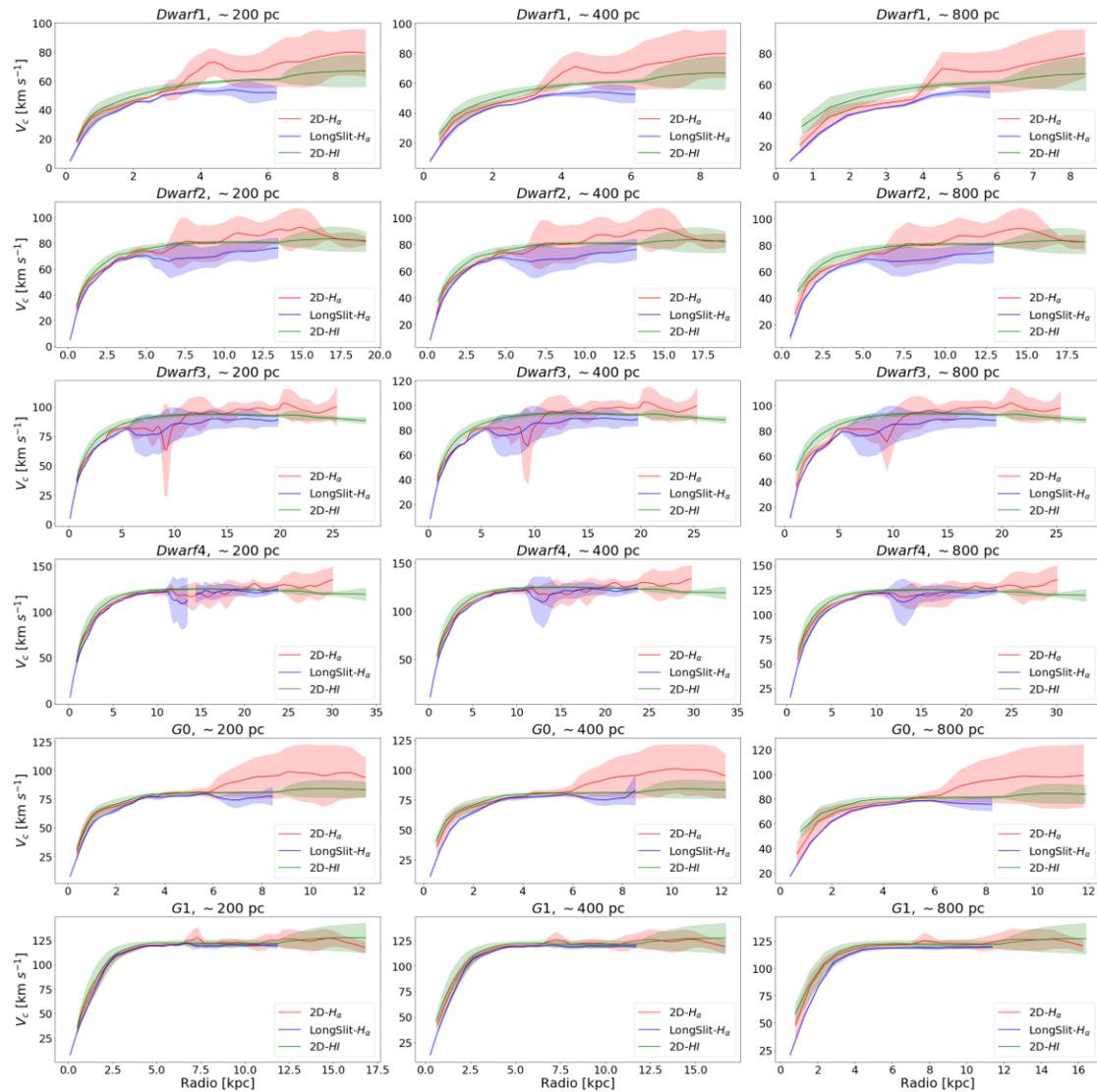
Oman (2015)



Oman (2019)

# Curvas de rotación

## Factores observacionales



## Factores observacionales + errores

