

Estudiando el Universo con el bosque de Lyman-Alpha

Hiram K. Herrera-Alcantar

Universidad de Guanajuato

hk.herreraalcantar@ugto.mx

Martes, 4 de Mayo del 2021



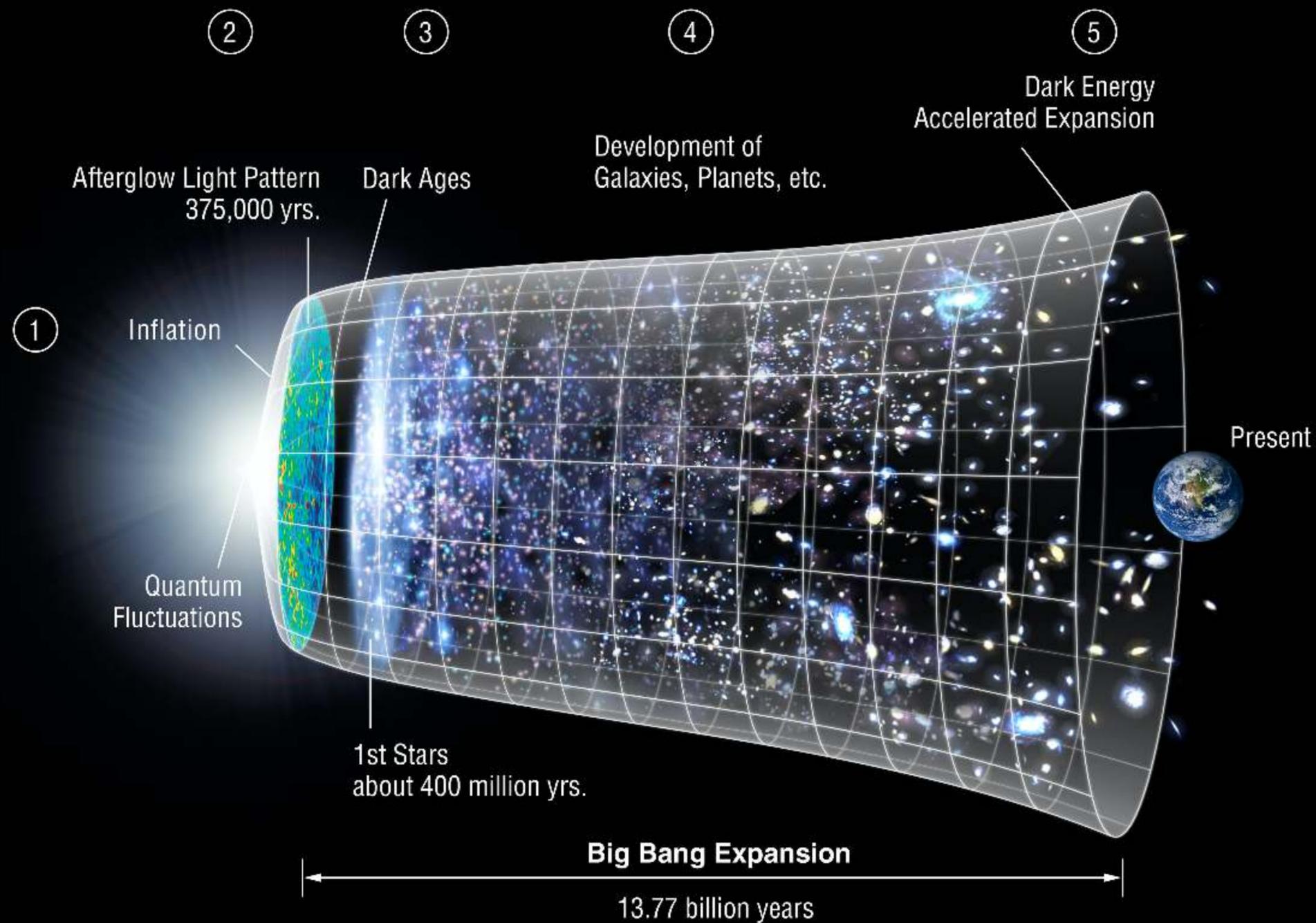
**DARK ENERGY
SPECTROSCOPIC
INSTRUMENT**

U.S. Department of Energy Office of Science

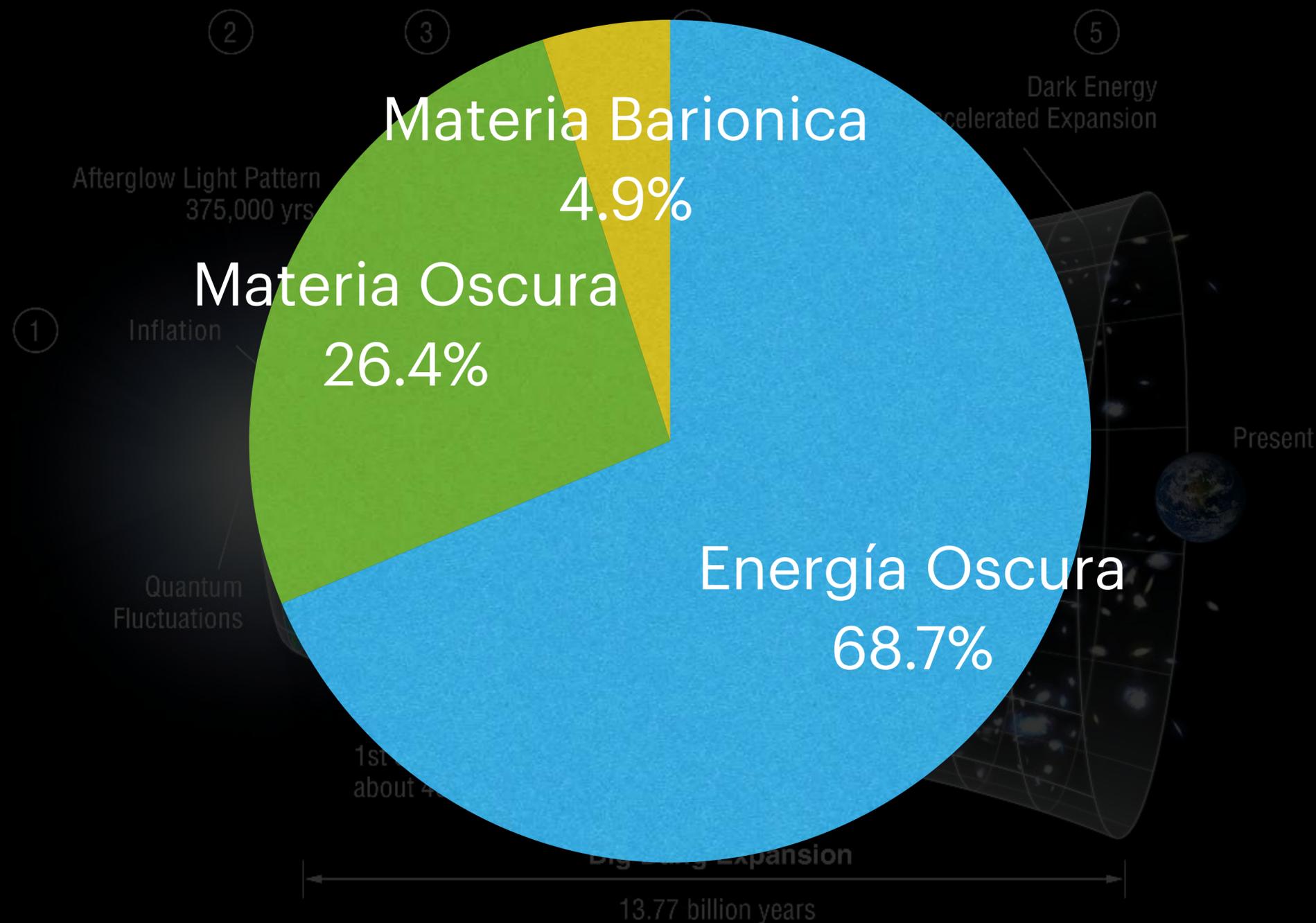


**UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO**

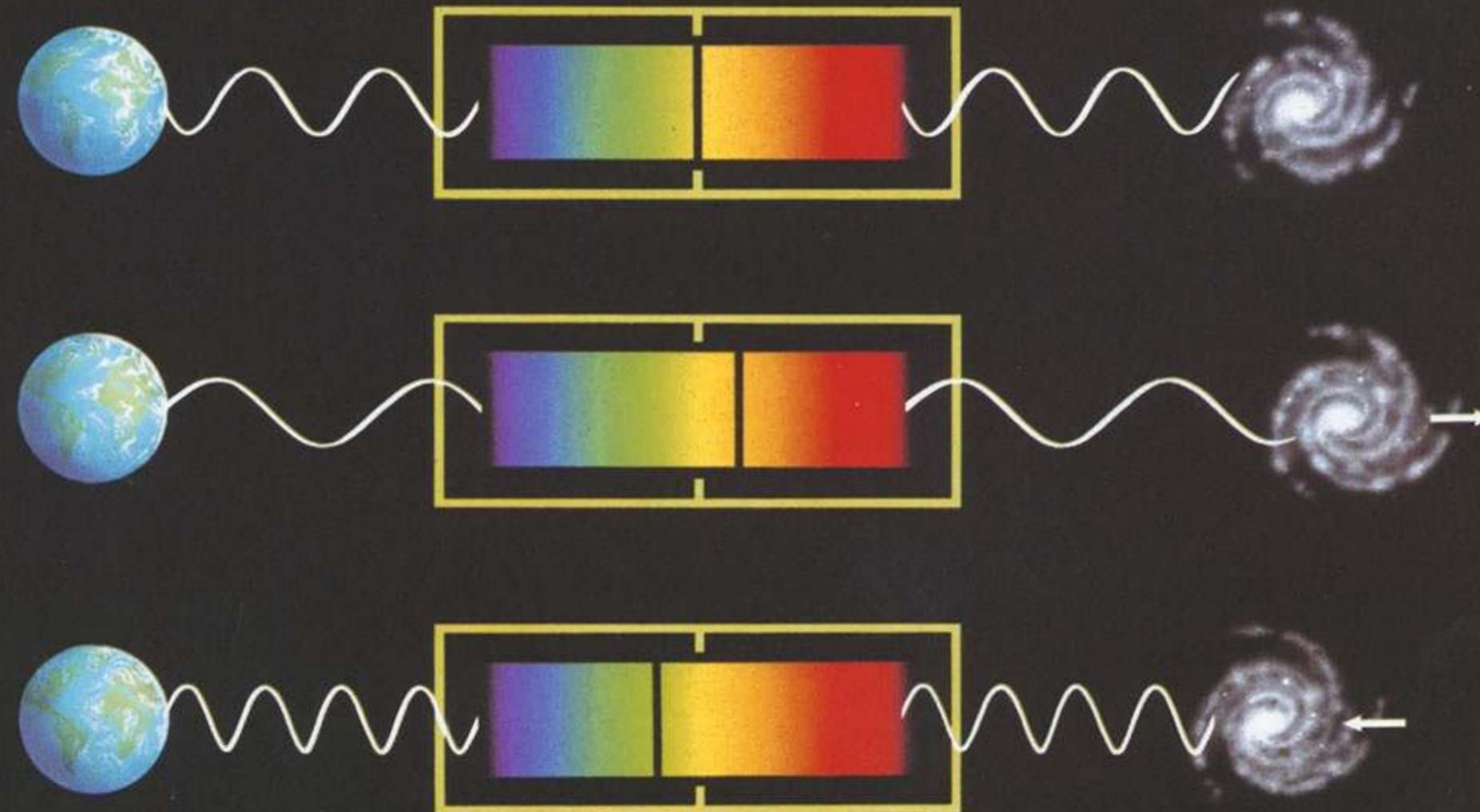
El modelo Λ CDM



El modelo Λ CDM



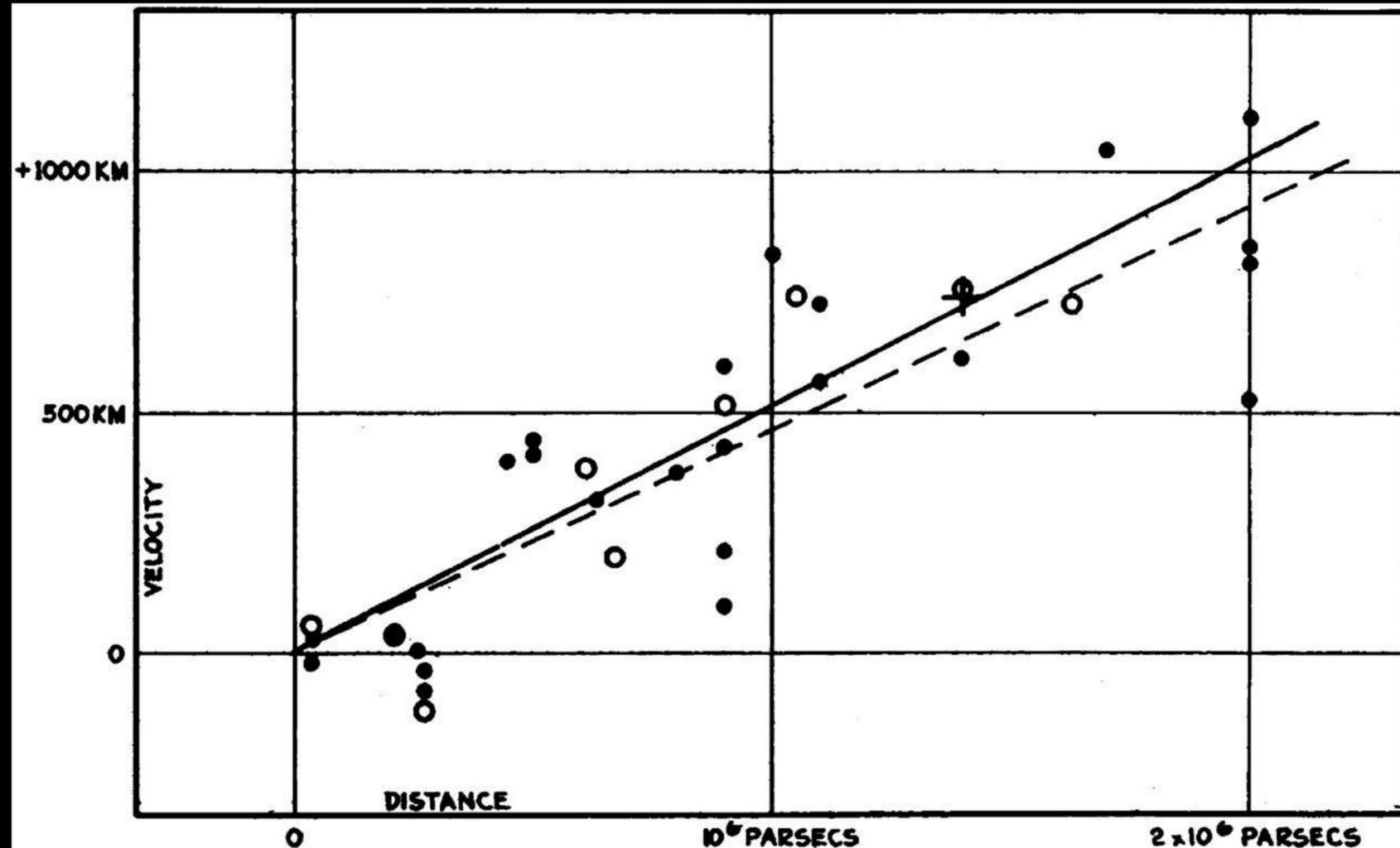
Redshift



$$z = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{emit}} - 1$$

Henbest, N. and Marten, M.

Ley de Hubble



Relación entre velocidad y distancia

$$v = H_0 d$$

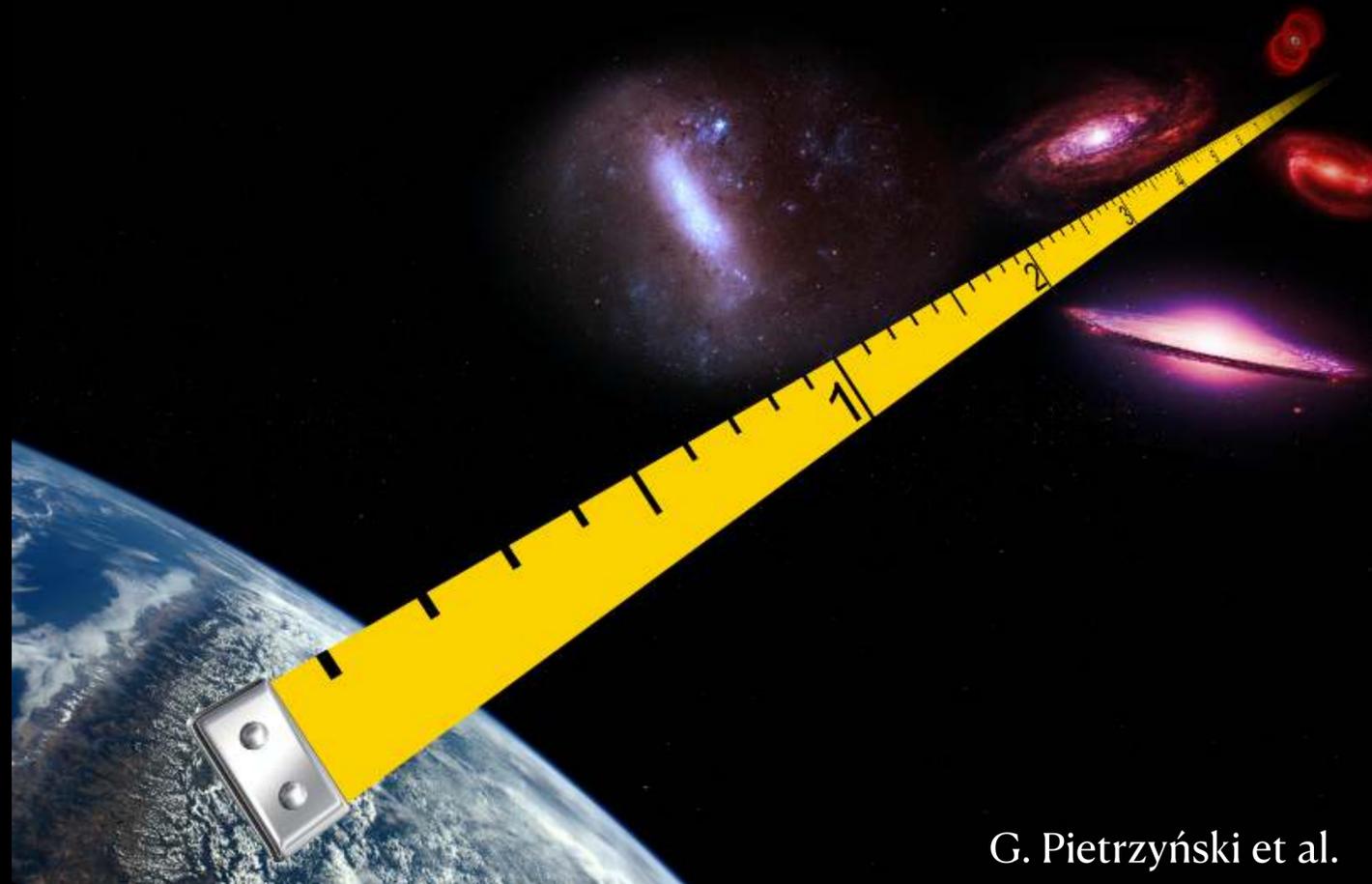
Hubble, E. (1929)

$$H(z) = H_0 \left[\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_r (1+z)^4 + \Omega_\Lambda + \Omega_k (1+z)^2 \right]^{1/2}$$

Distancias

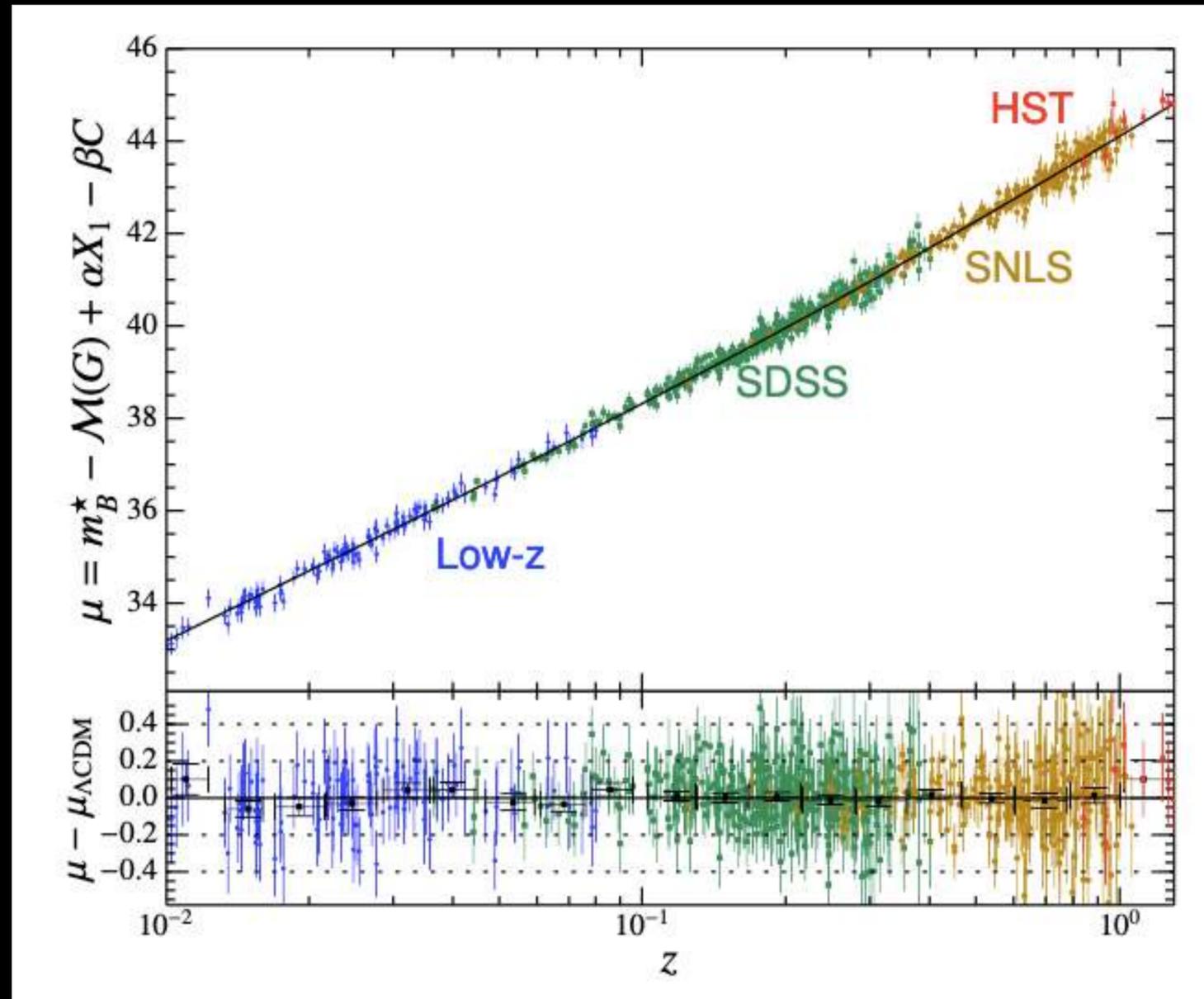
La medición de distancias en el Universo es una tarea muy importante para su entendimiento...

¿Cómo se miden?



Candelas Estándar

- Supernovas Tipo Ia (SNIa)



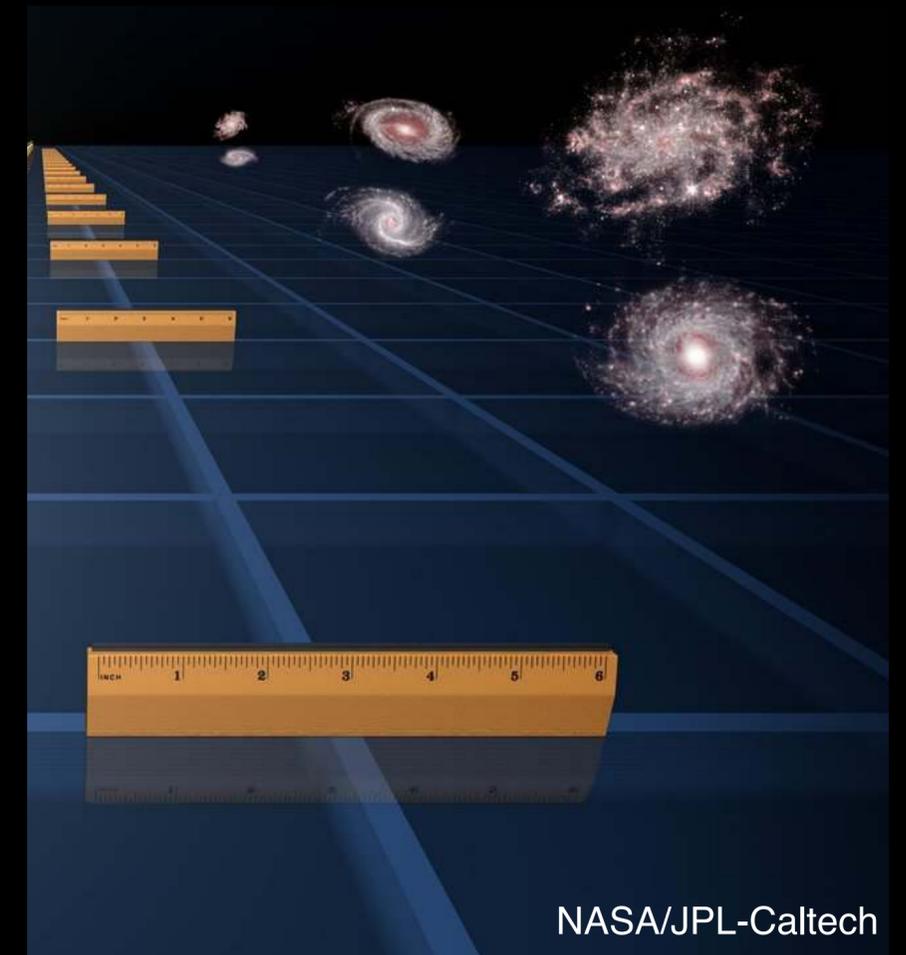
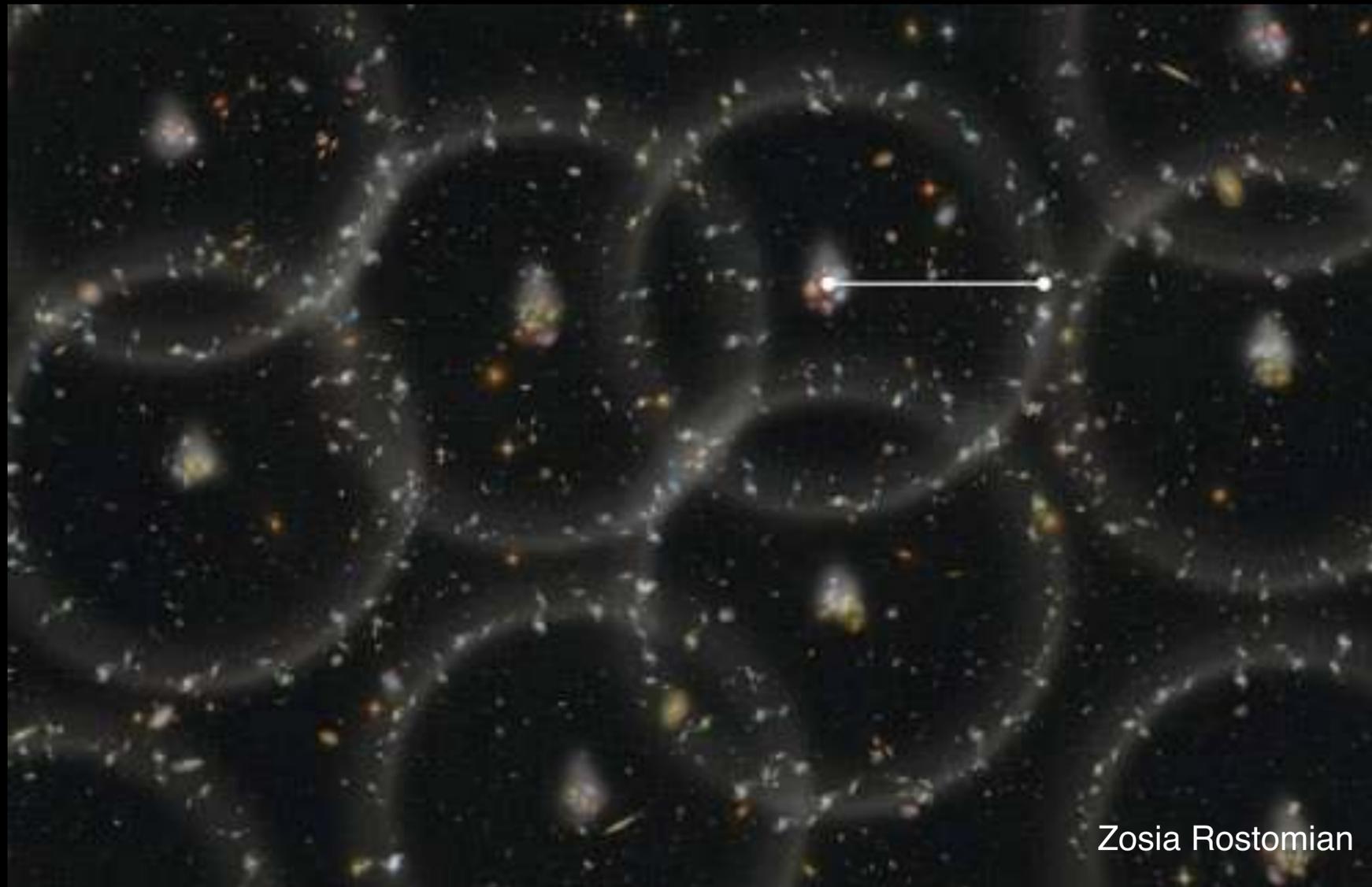
Betoule et al. (2014)



$$d_L = \sqrt{\frac{L}{4\pi F}}$$

Regla Estándar

- Oscilaciones Acústicas de Bariones



$$r_d = c \left[3 \left(1 + \frac{3\Omega_b}{4\Omega_r} \right) \right]^{-1/2} \int_{z_d}^{\infty} \frac{dz'}{H(z')}$$

Podemos estudiar BAO por medio de sondeos espectroscópicos



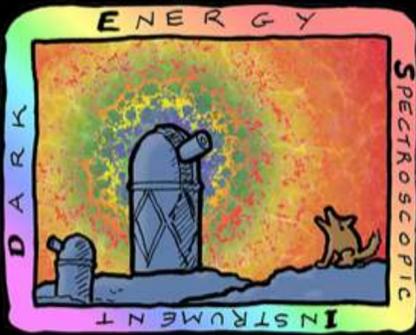
DARK ENERGY SPECTROSCOPIC INSTRUMENT

U.S. Department of Energy Office of Science

DESI

- **Ubicación:** Observatorio Nacional de Kitt Peak Arizona.
- **Especificaciones:**
 - Telescopio 4-m de diametro. (Mayall)
 - 5000 fibras ópticas
 - 10 espectrógrafos
 - 3 bandas



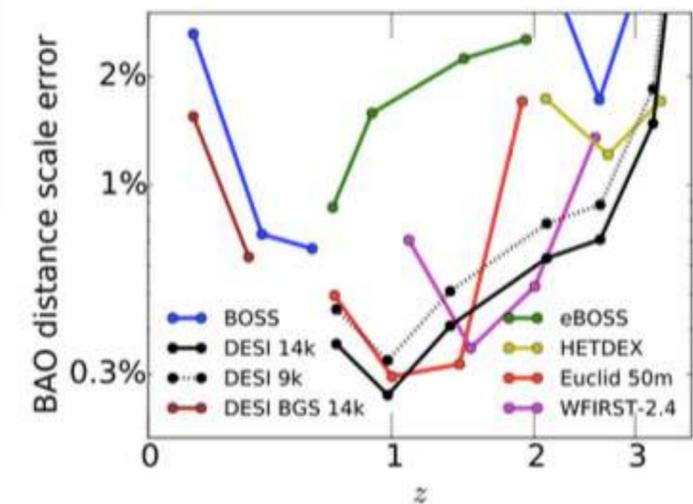
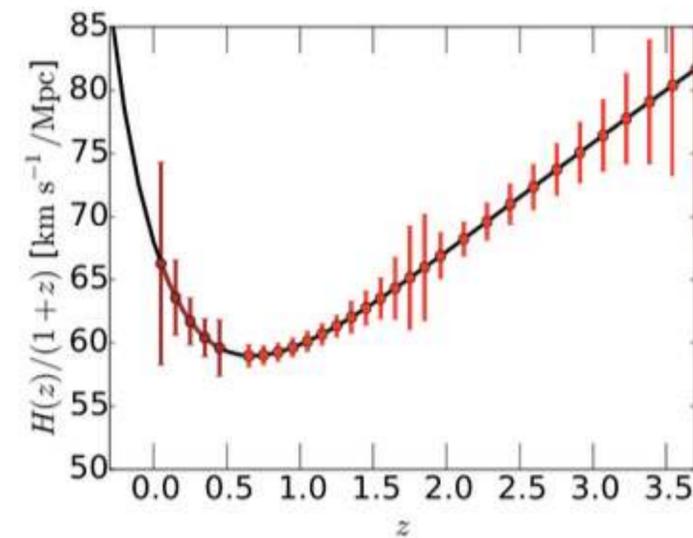
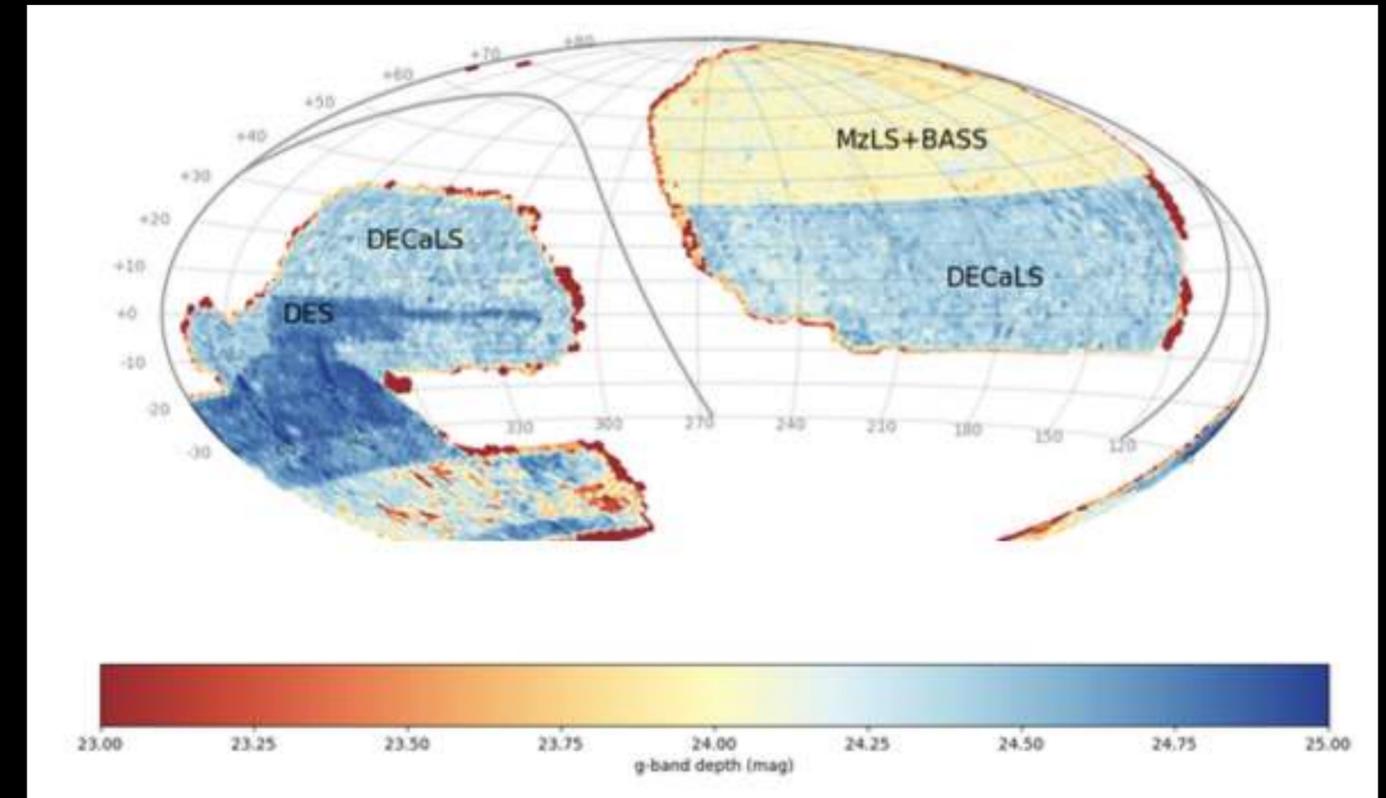


DARK ENERGY
SPECTROSCOPIC
INSTRUMENT

U.S. Department of Energy Office of Science

Metas Científicas

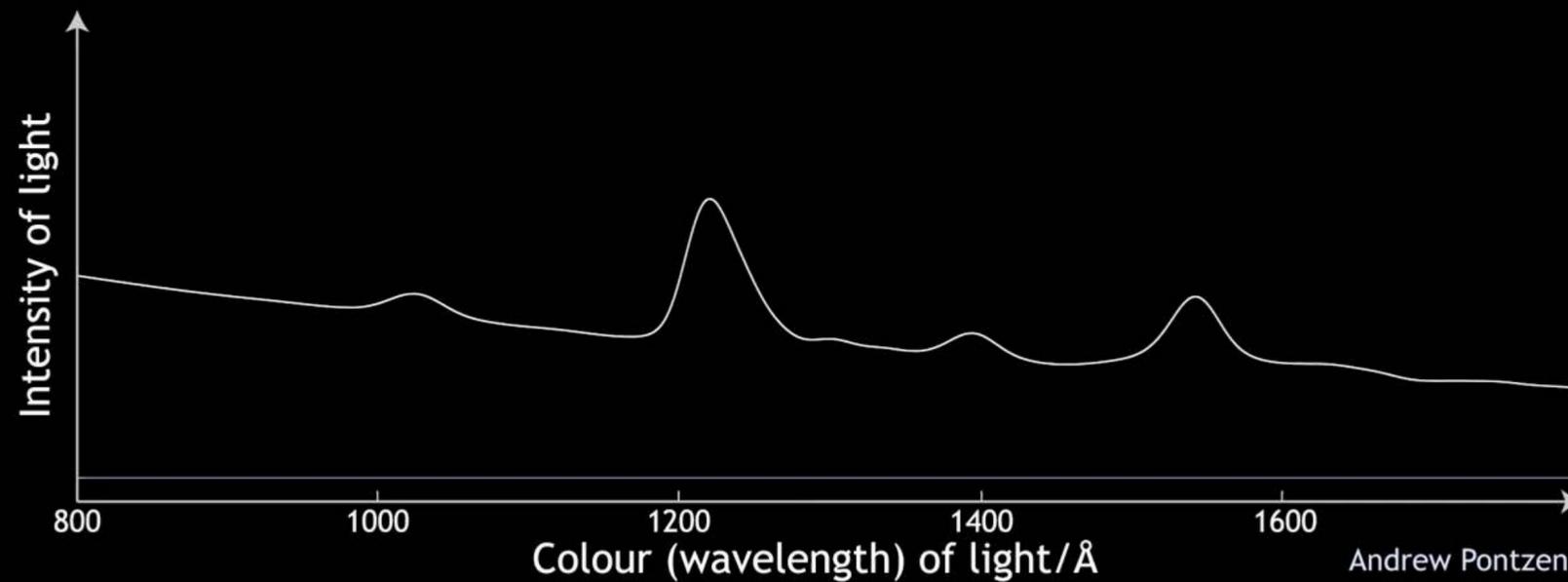
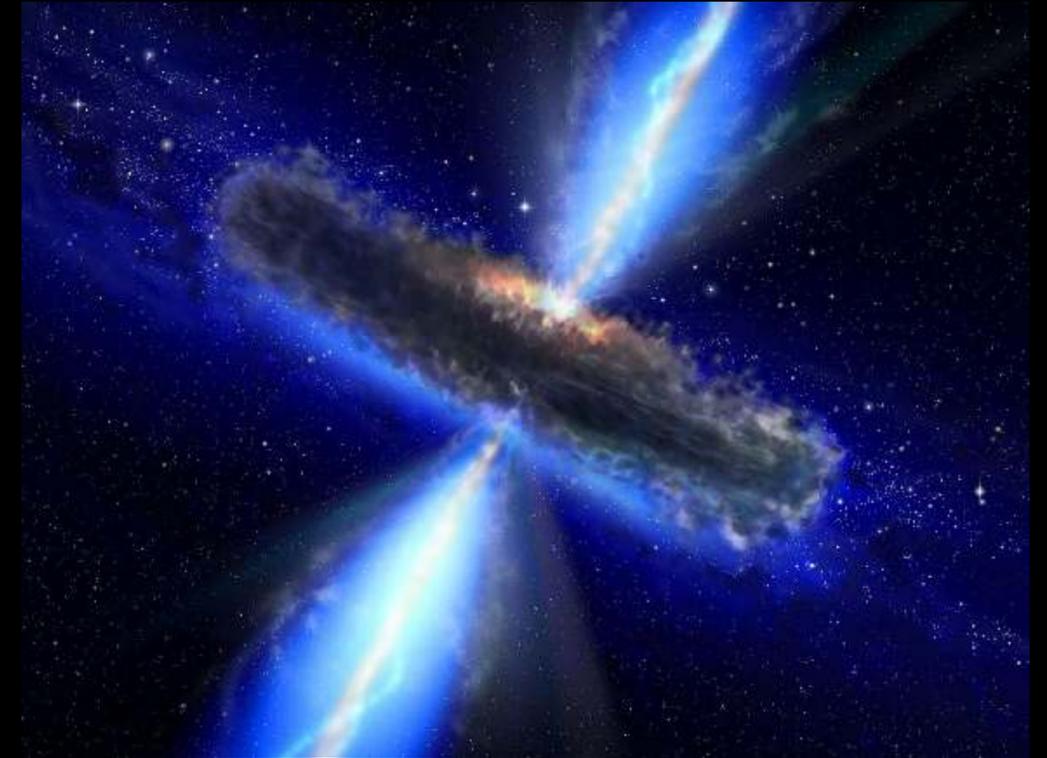
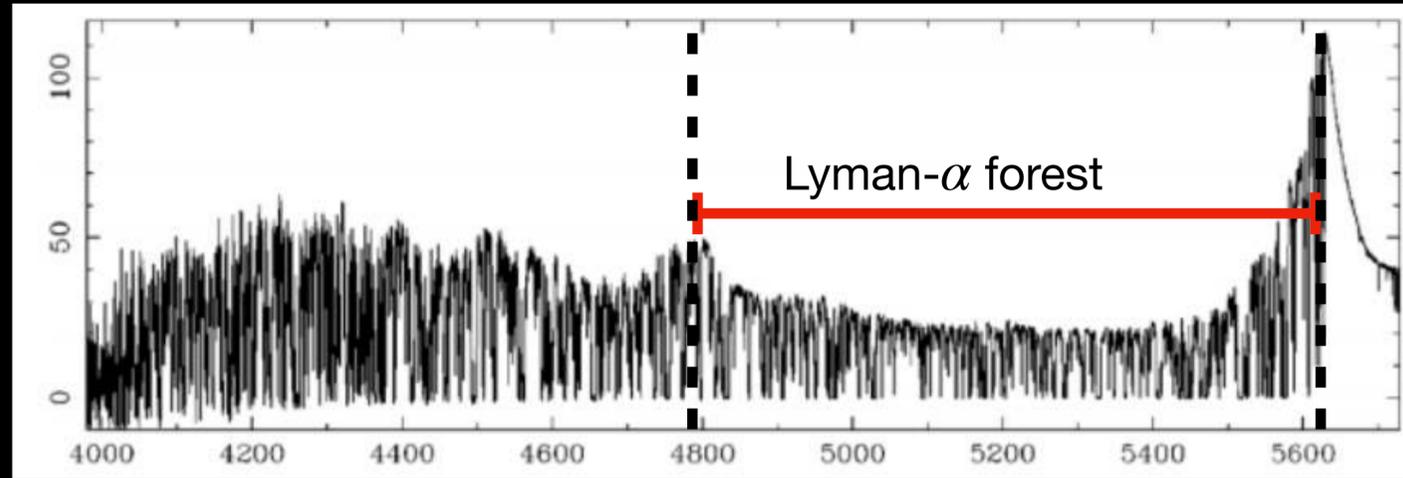
- **Medición del espectro ~30 millones de galaxias en un área de 14,000 sq.deg:**
 - Galaxias brillantes: **9.8 millones**
 - Galaxias Luminosas Rojas: **4 millones**
 - Galaxias de Línea de Emisión: **17.1 millones**
 - Cuásares: **1.7 millones** con $z < 2.1$ y **0.7 millones** Cuásares Lyman-Alpha $z > 2.1$



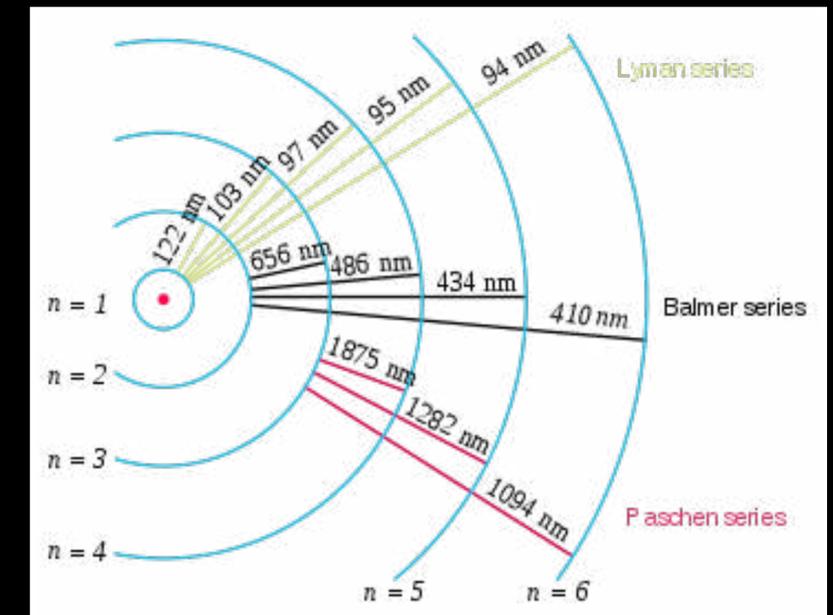
El bosque de Lyman- α

Lyman- β

Lyman- α



Andrew Pontzen



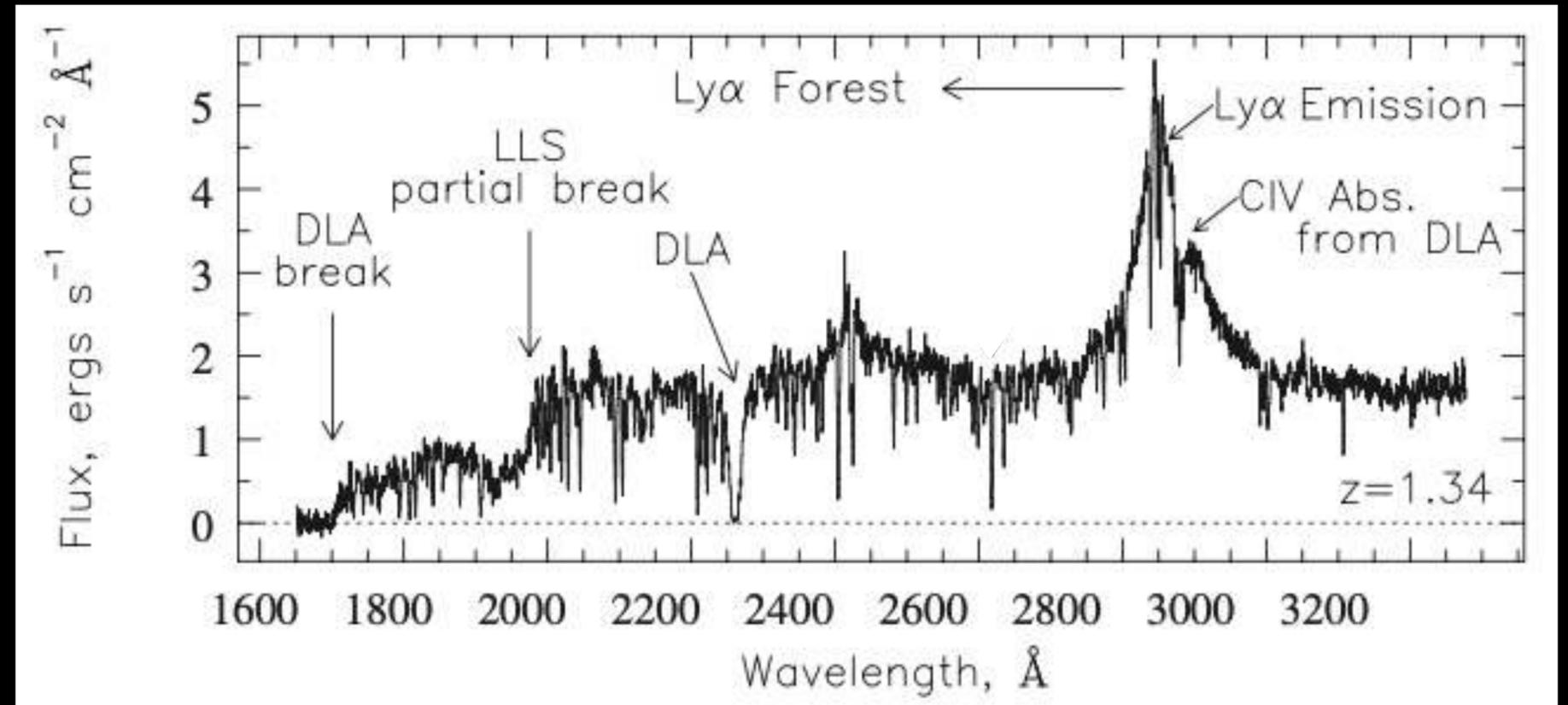
El bosque de Lyman- α

Flujo transmitido

$$F(\lambda) = e^{-\tau(\lambda)}$$

Profundidad Óptica

$$\tau(\nu) = \Sigma(\nu)N_{\text{HI}}(z)$$



Mo et al. (2010)

Absorbentes

- **Bosque Lyman- α :** $10^{12} < N_{\text{HI}}(z) < 10^{17} \text{ cm}^{-2}$
- **Sistemas de Límite de Lyman (LLS):** $N_{\text{HI}}(z) > 10^{17} \text{ cm}^{-2}$
- **Sistemas Damped Lyman Alpha (DLA):** $N_{\text{HI}}(z) > 10^{20} \text{ cm}^{-2}$
- **Sistemas Broad Absorption Line (BAL):** Interrupción en el espectro después de una línea de emisión
- **Contaminantes:** metales, Fluctuaciones del fondo UV

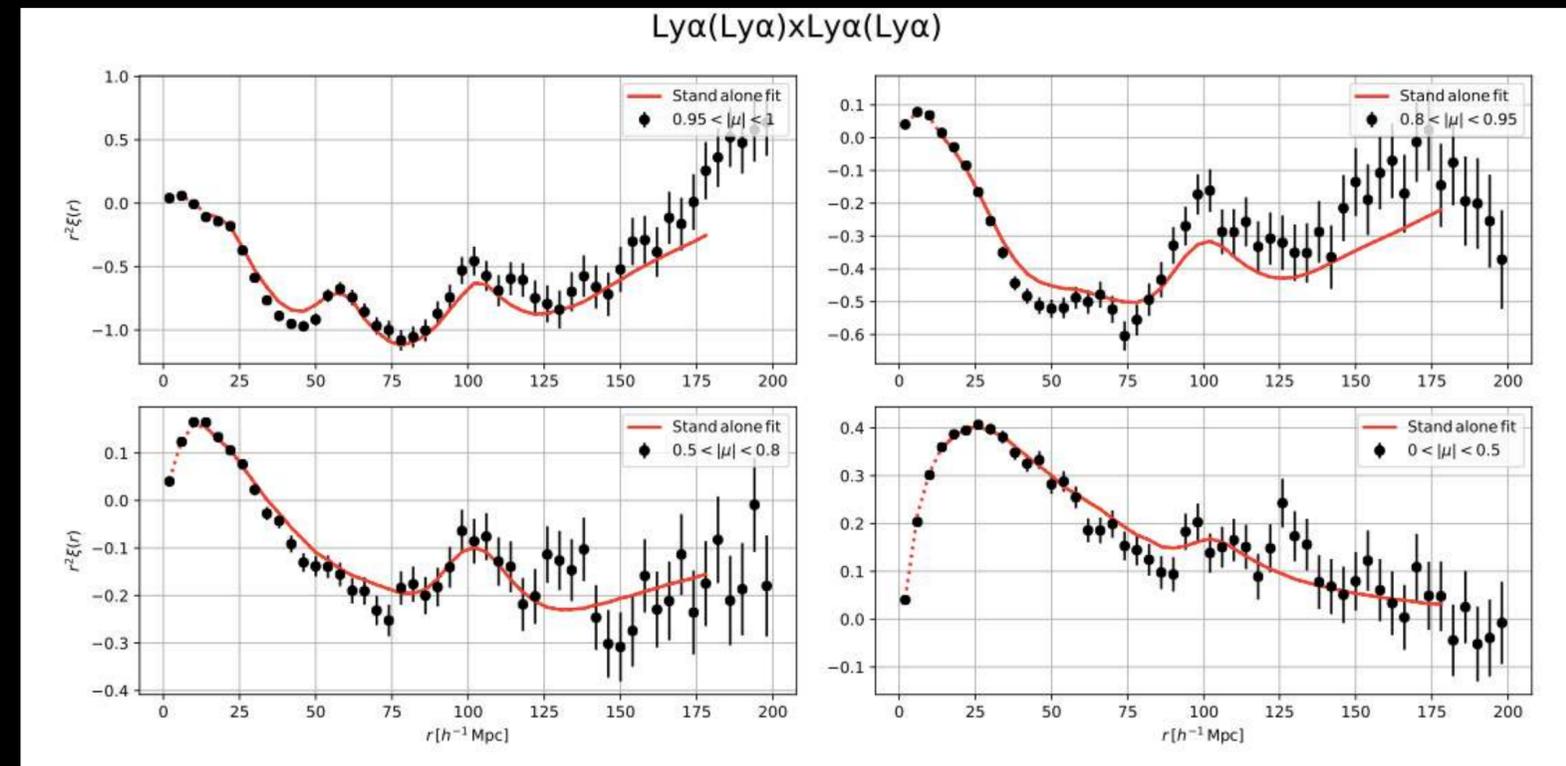
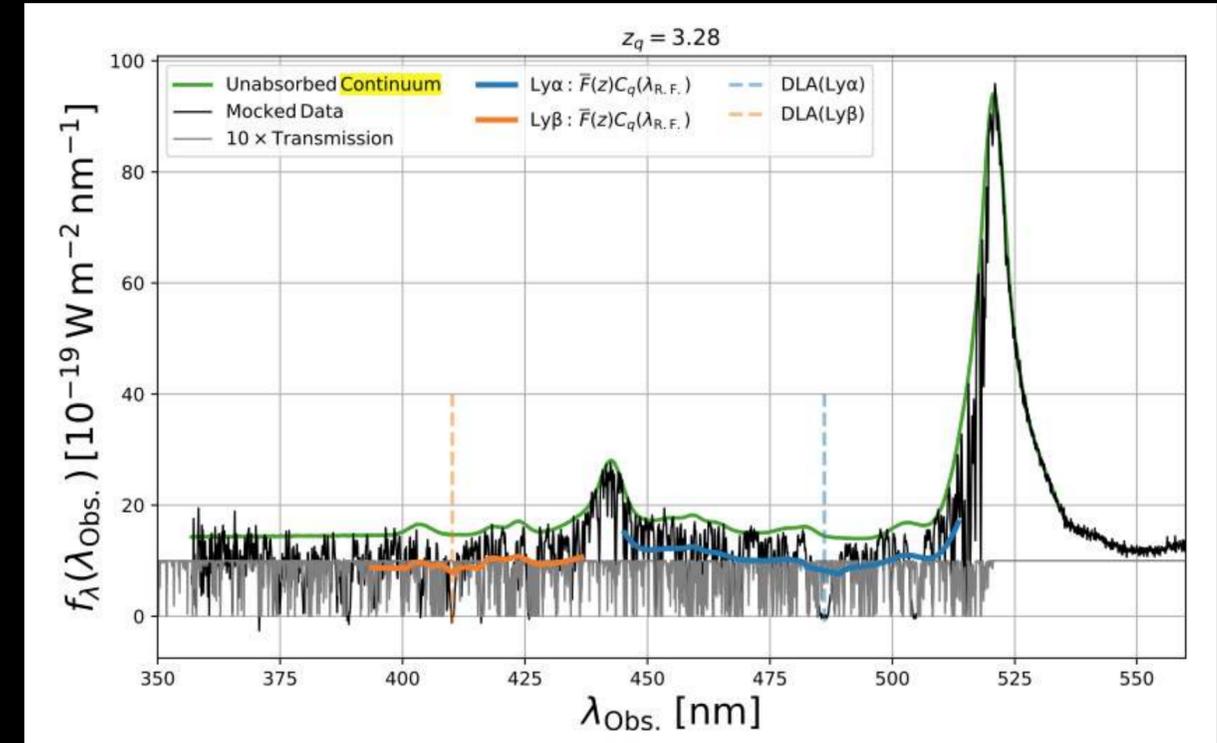
La función de correlación (CF)

- Fluctuaciones en el espectro del cuásar:

$$\delta_F(\lambda) = \frac{f(\lambda)}{C(\lambda)\bar{F}(z)} - 1$$

- Autocorrelación and cross-correlación

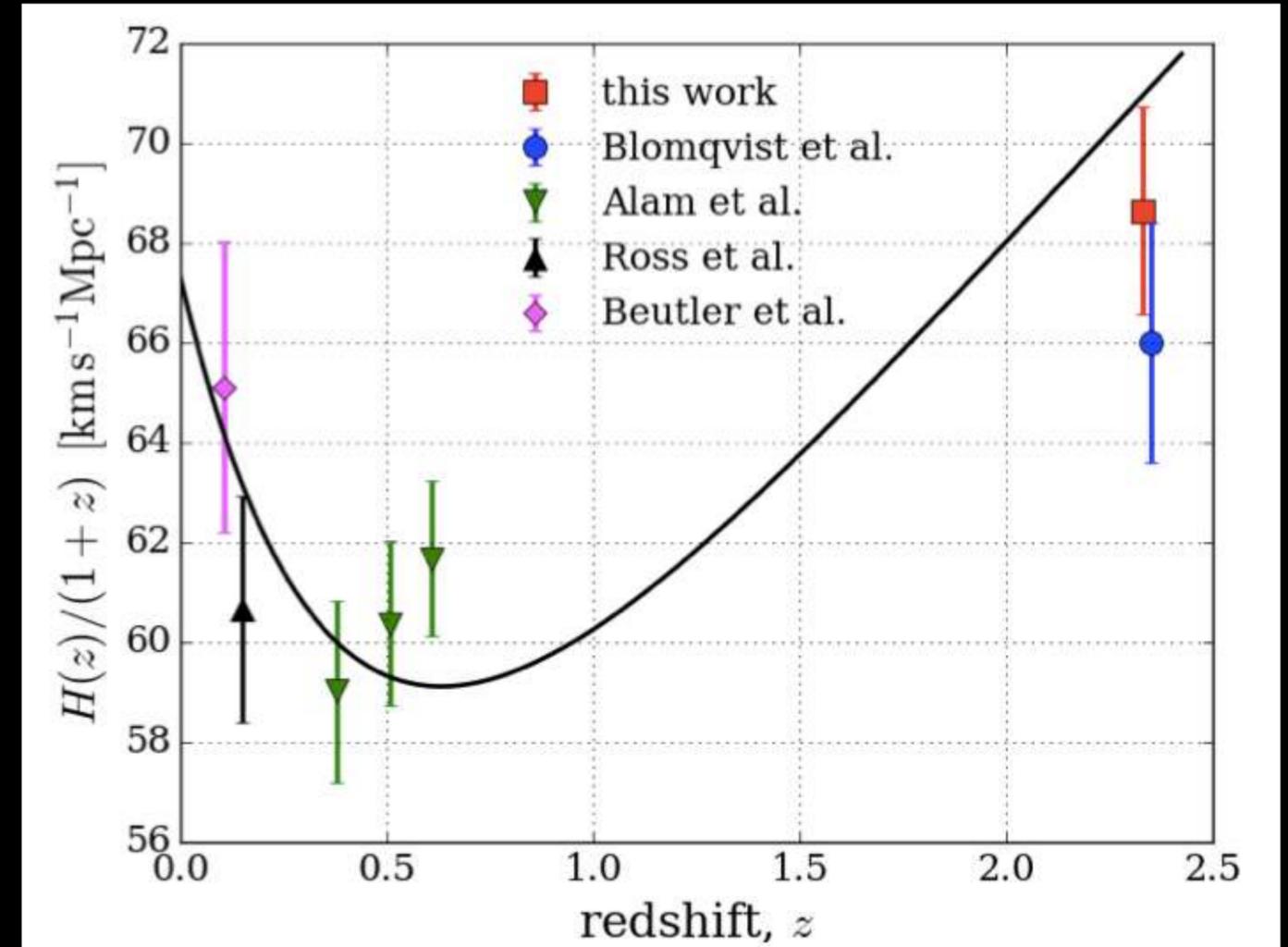
$$\hat{\xi}(A) = \frac{\sum_{i,j \in A} \omega_i \omega_j \delta_i \delta_j}{\sum_{i,j \in A} \omega_i \omega_j}, \quad \hat{\xi}(A) = \frac{\sum_{i,k \in A} \omega_i \delta_i}{\sum_{i,k \in A} \omega_i}$$



¿Qué información obtenemos de la CF?

- Se puede inferir la posición de la escala de BAO a través de dos parámetros de ajuste:

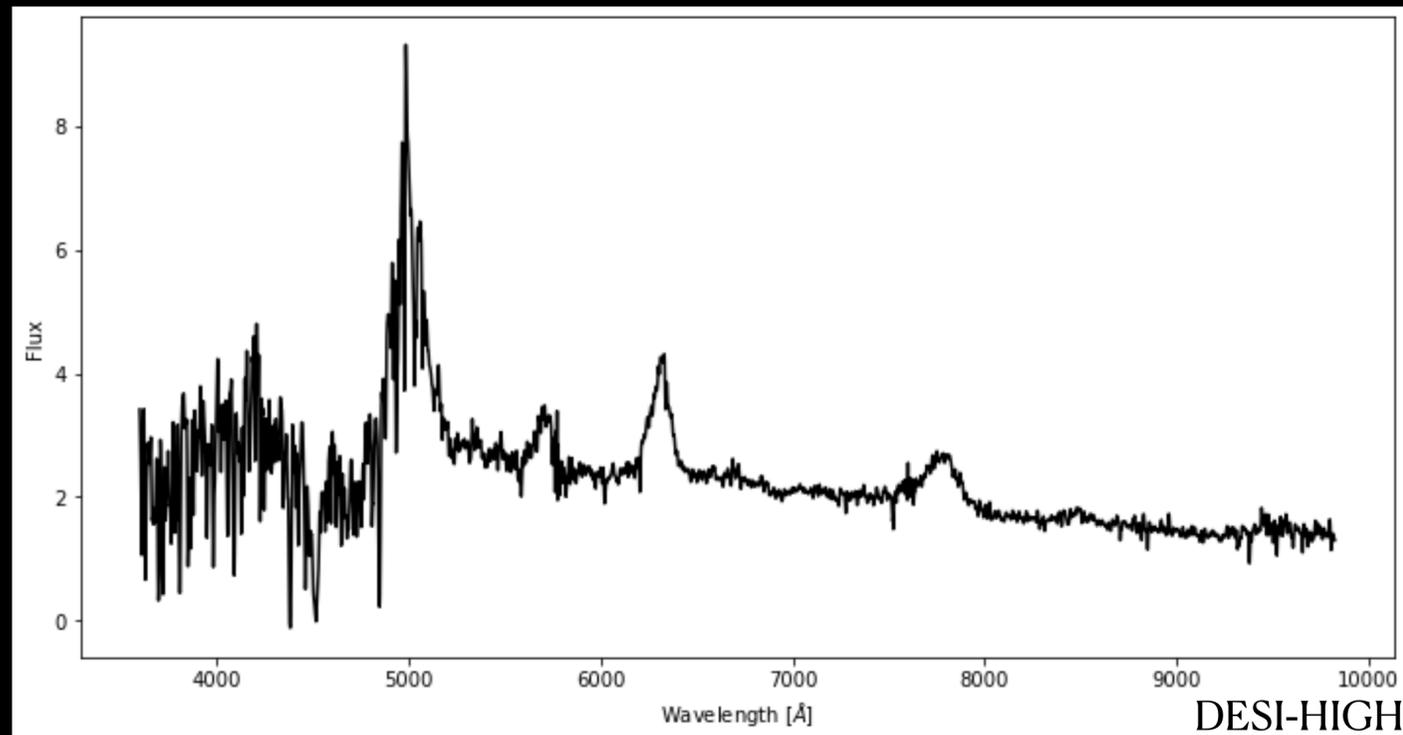
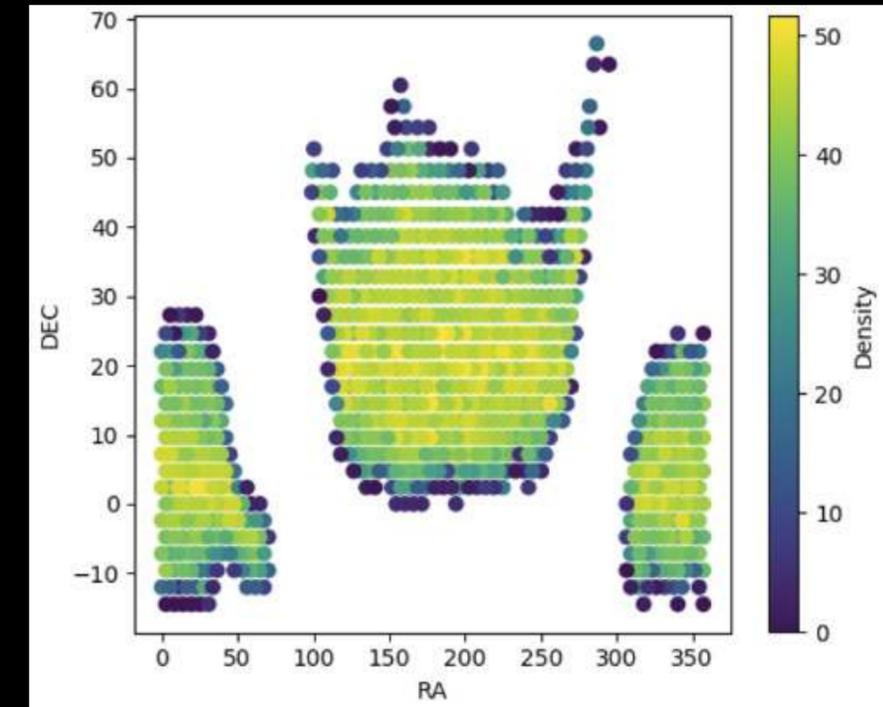
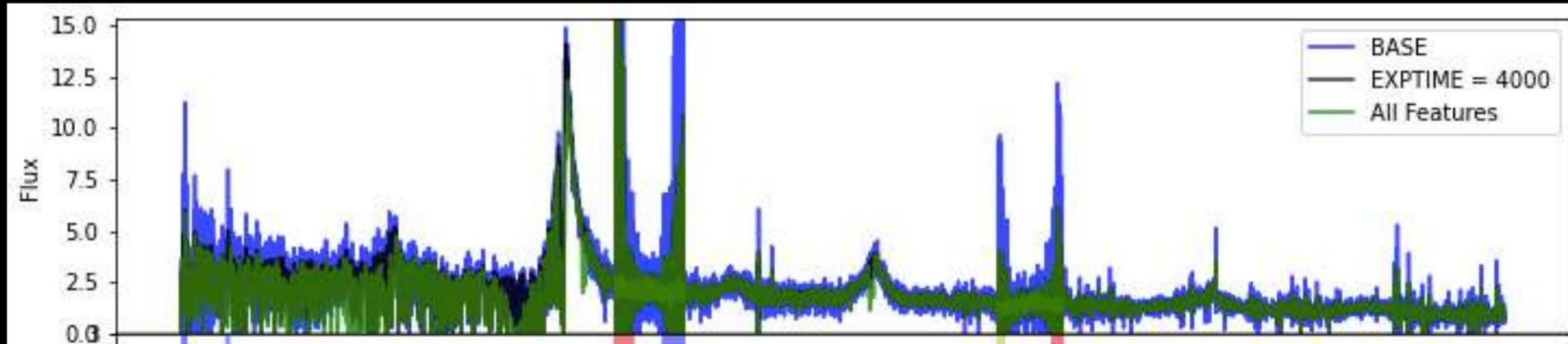
$$\alpha_{\perp} = \frac{D_A(\bar{z})/r_d}{[D_A(\bar{z})/r_d]_{\text{fid}}} \quad \longrightarrow \quad H(\bar{z})r_d = \frac{c}{\alpha_{\parallel}[D_H(\bar{z})/r_d]_{\text{fid}}}$$
$$\alpha_{\parallel} = \frac{D_H(\bar{z})/r_d}{[D_H(\bar{z})/r_d]_{\text{fid}}}$$



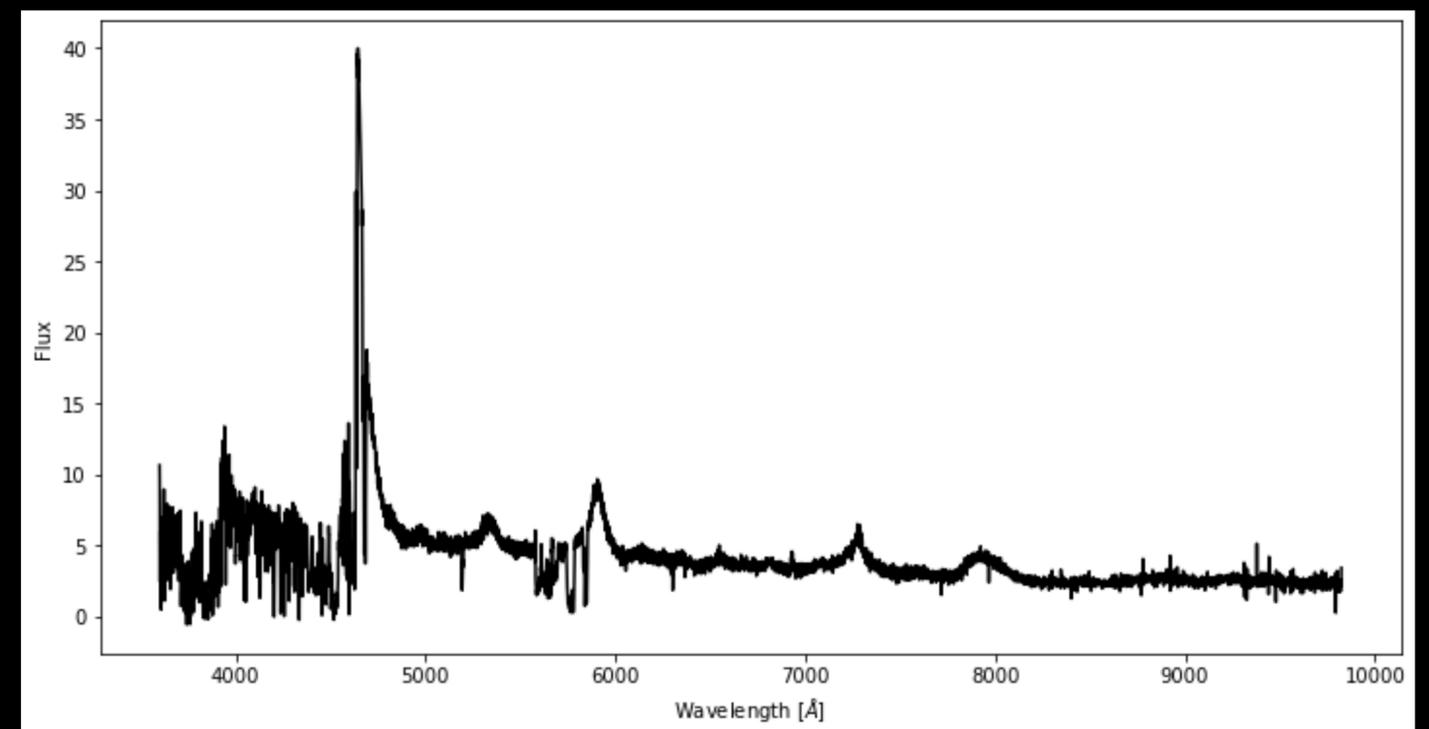
de Sainte Agathe et al. 2019

¿Qué hacemos cuando (aún) no tenemos datos?

Simulaciones!

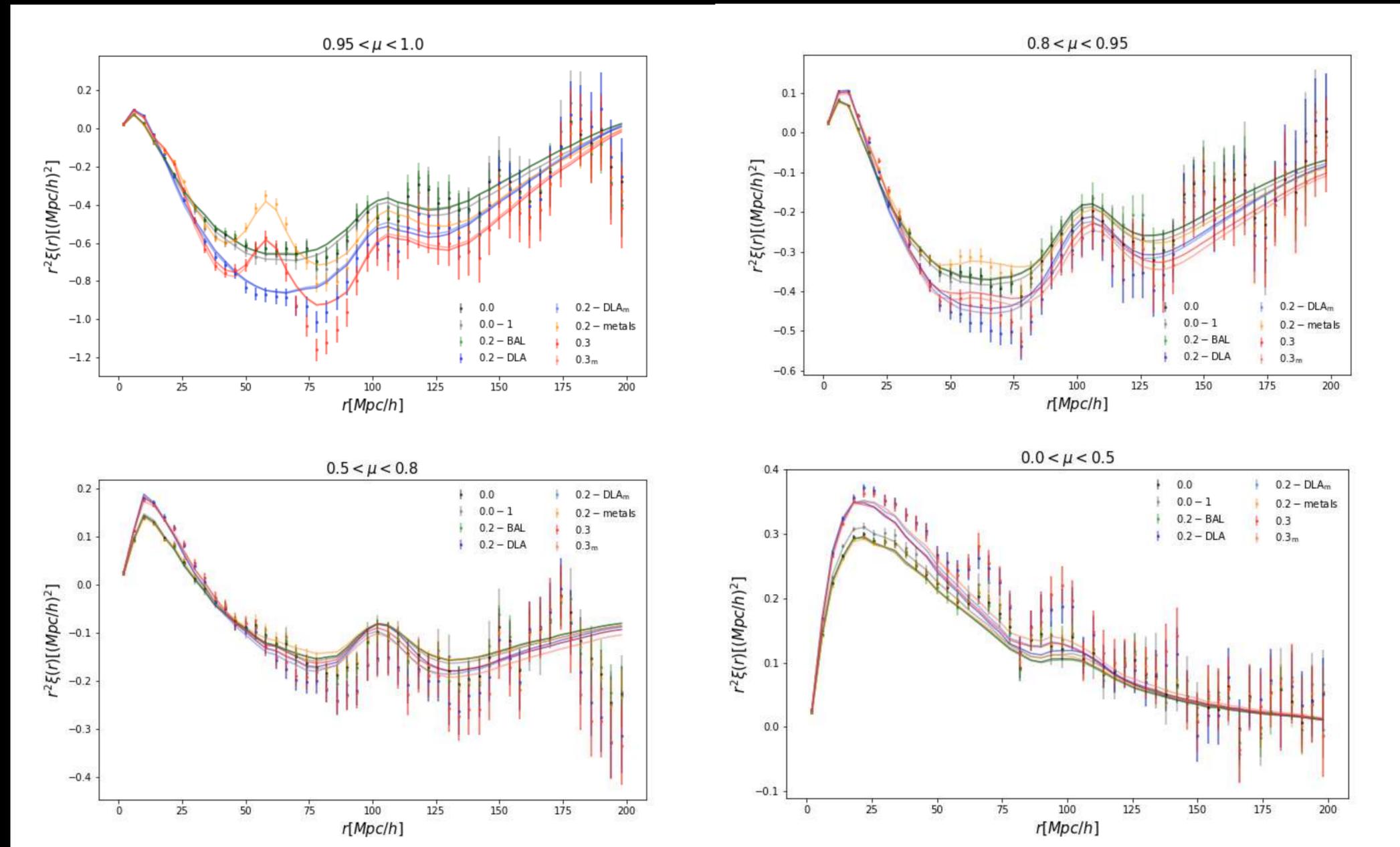


Cuásar observado



Cuásar Simulado

¿Qué hacemos cuando (aún) no tenemos datos?



Créditos a Andrea Muñoz-Gutierrez

GRACIAS!!