

# EL UNIVERSO OSCURO



Juan Barbosa  
Seminario Avanzado

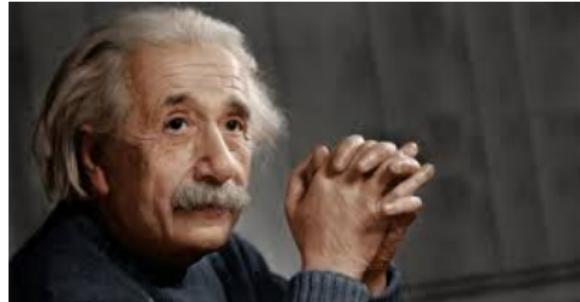
# INTRODUCCIÓN



---

Torsten Boker y col. "A Hubble Space Telescope census of nuclear star clusters in late-type spiral galaxies. I. Observations and image analysis". En: *The Astronomical Journal* 123.3 (2002), pág. 1389

# ESTÁTICA Y DINÁMICA



En 1917 Albert Einstein publica su teoría de la relatividad general.

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad (1)$$
$$\Lambda \neq 0 \quad (2)$$

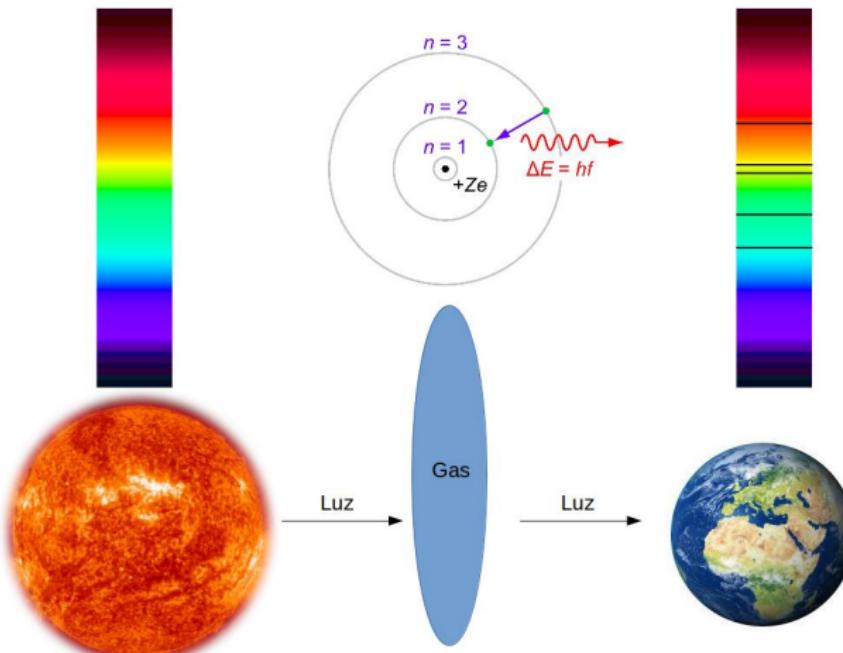


Para 1929 Edwin Hubble había demostrado que el universo estaba en expansión

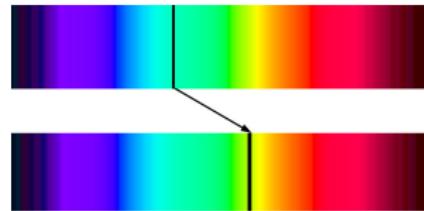
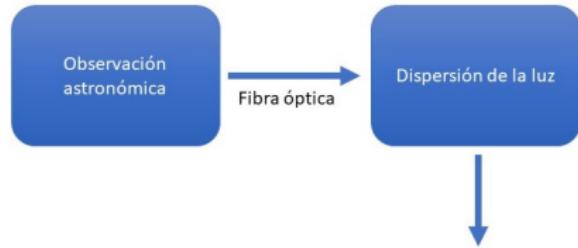
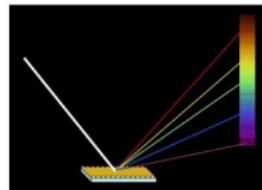
$$cz = H_0 d \quad (3)$$

# ¿CÓMO SON POSIBLES ESTAS MEDIDAS?

Absorción atómica: para cada átomo un espectro

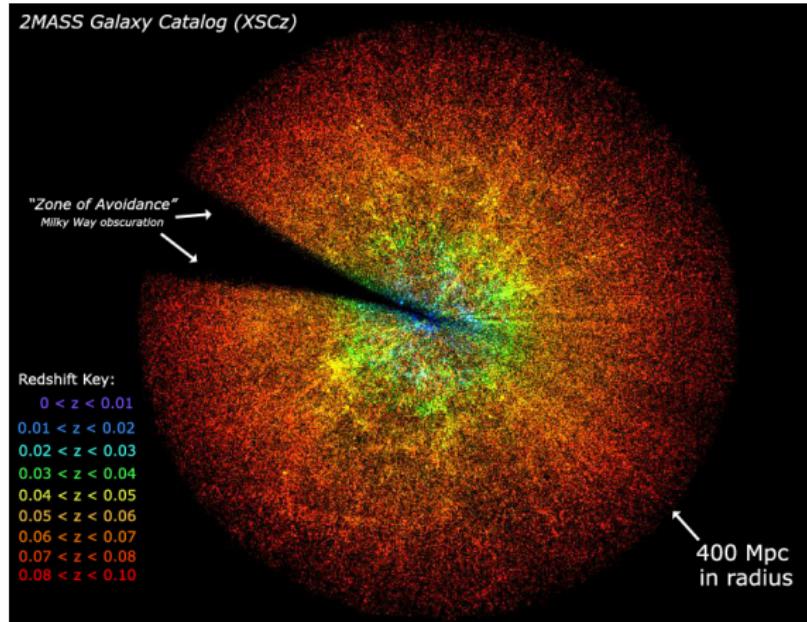


# ¿CÓMO SON POSIBLES ESTAS MEDIDAS?



$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad (4)$$

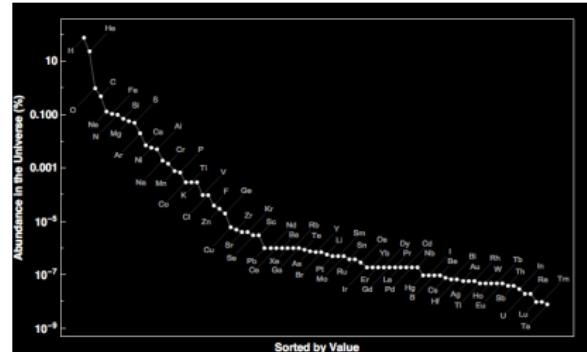
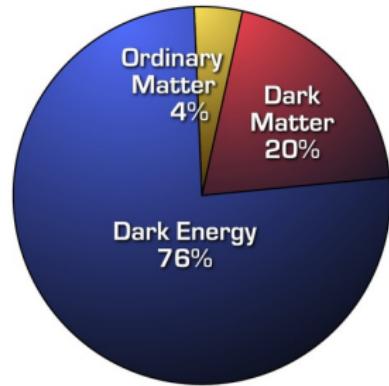
# RESULTADOS ACTUALES



---

MF Skrutskie y col. "The two micron all sky survey (2MASS)". En: *The Astronomical Journal* 131.2 (2006),  
pág. 1163

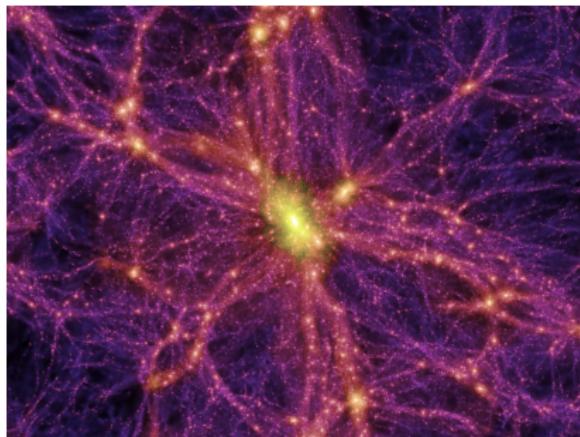
# DISTRIBUCIÓN DEL UNIVERSO



Nuestra comprensión de la naturaleza abarca el 4% del universo.

Max Tegmark y col. "Cosmological constraints from the SDSS luminous red galaxies". En: *Physical Review D* 74.12 (2006), pág. 123507

# MATERIA OSCURA



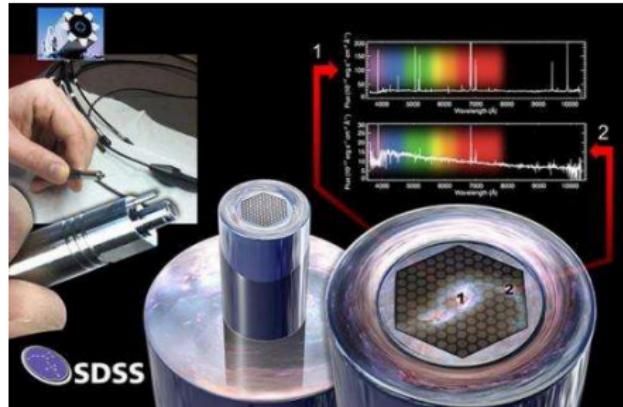
Al igual que con la energía oscura, de la materia oscura sólo se conocen efectos indirectos.

1. Curvas de rotación de las galaxias
2. Lentes gravitacionales
3. Bullet cluster

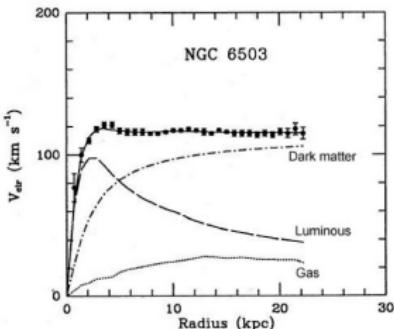
---

Julio F Navarro. "The structure of cold dark matter halos". En: *Symposium-international astronomical union*. Vol. 171. Cambridge University Press. 1996, págs. 255-258

# ROTACIÓN DE LAS GALAXIAS

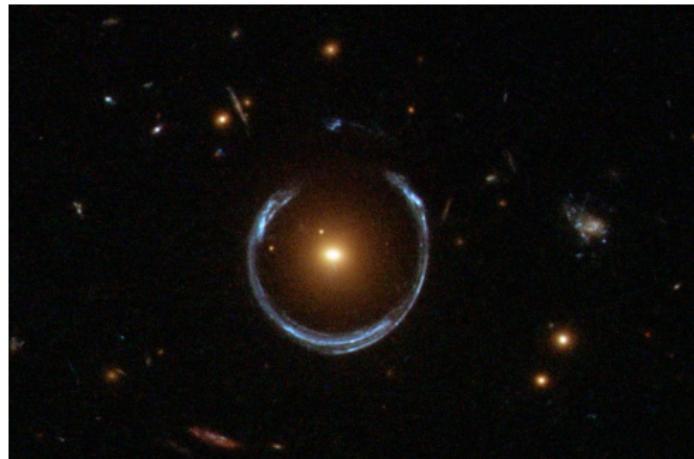


1. Obtención del espectro en distintas regiones de la galaxia
2. Caracterización del efecto Doppler
3. Obtención de las velocidades



K.G. Begeman, A.H. Broeels, R.H. Sanders. 1991. Mon.Not.RAS 249, 523.

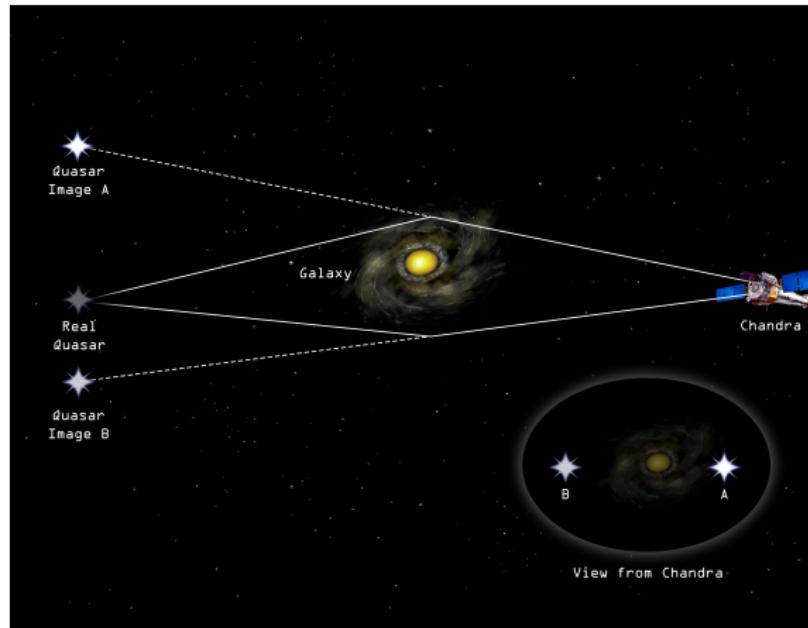
# LENTES GRAVITACIONALES



La luz no interactua con la fuerza gravitacional.

- ▶ Objetos altamente masivos curvan el espacio-tiempo, modificando la trayectoria aparente de la luz.
- ▶ Sin embargo al contar la materia luminosa, su masa no es suficiente como para generar tal curvatura.

# LENTES GRAVITACIONALES



# BULLET CLUSTER

Colisión de dos clusters de galaxias



- ▶ **Rosado:** rayos X
- ▶ **Azul:** distribución de masa

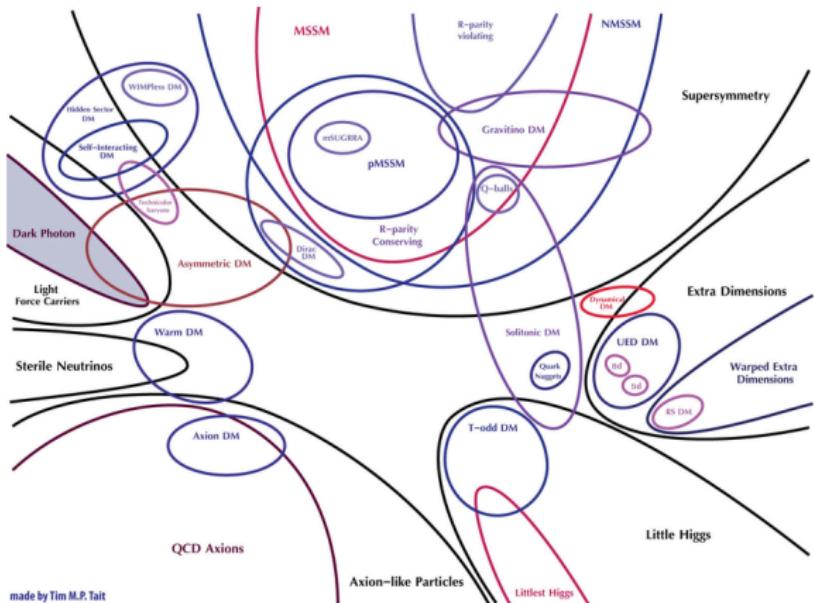
---

Joel R Brownstein y John W Moffat. "The Bullet Cluster 1E0657-558 evidence shows modified gravity in the absence of dark matter". En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 382.1 (2007), págs. 29-47

# BULLET CLUSTER

[https://www.youtube.com/watch?v=rLx\\_TXhTXbs](https://www.youtube.com/watch?v=rLx_TXhTXbs)

# ¿QUÉ ES LA MATERIA OSCURA?



Una enorme cantidad de partículas han sido propuestas como candidatas a la materia oscura, sin embargo, ningún experimento ha detectado una de ellas.