

# La estructura a gran escala del Universo

Eduardo Battaner

Prof. Emérito de la Universidad de Granada  
Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional  
Académico de la Academia de Matemáticas, Físico-  
Químicas y Naturales de Granada

# Preguntas

¿Cómo es de grande el Universo?

¿Cómo lo hemos ido sabiendo?

¿Por qué es tan grande el Universo?

La mayor escala: Principio Cosmológico

La escala inmediatamente inferior, LSS

# Tamaño hasta el medievo

El Universo era el Sistema Solar

Saturno: 1,4 mil millones km = 10 UA = 1,3 horas-luz

Universo: 2 – 15 mil millones km

Menos de una milésima de años-luz

Incluso en tiempos de Kepler

(Bruno dijo por entonces: infinito)



# Tamaño en el siglo XVIII

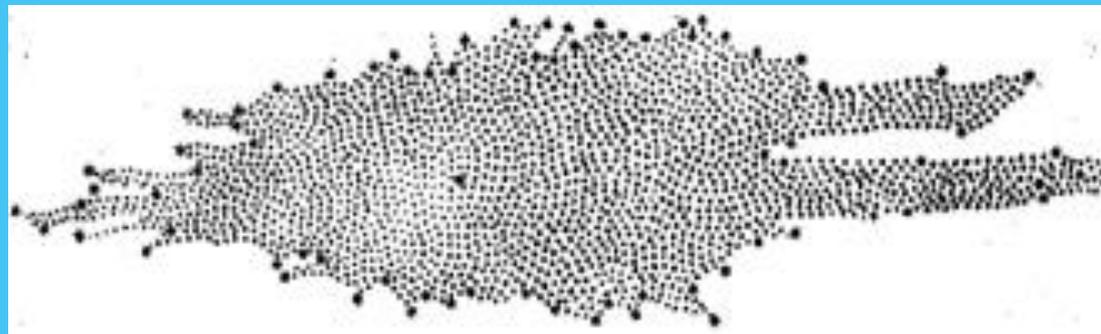
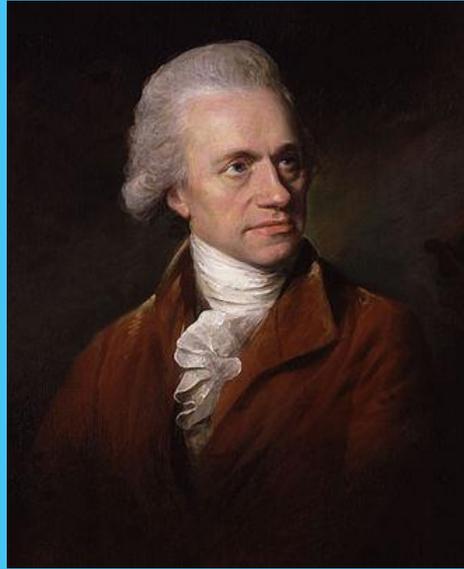
Herschel: El Universo era un rincón de la galaxia

3 000 años luz

Se multiplicó por un millón

(La Vía Láctea tiene cien mil años-luz)

# W. Y C. Herschel



# Tamaño en el siglo XX

13,8 mil millones de años-luz

Se ha multiplicado también por un millón.

Tiempo de vida del Universo: 13,8 mil millones de años

# Leavitt, Shapley



# ¿Humildad?

El Universo es muy grande.

¿Por qué?

# expansión

El Universo crece

$$t^{2/3} \dashrightarrow 10^t$$

Correrá más que el horizonte, según  $t$

Gran desgarrón (todo quedará aislado de todo)

# Pensar sobre el Universo

Hoy: con la física...

Hasta el siglo XVII:

Con geometría (?)

Con música (!)

# Con geometría

Sistema geocéntrico de Ptolomeo

Incluso el modelo de Copérnico era geométrico.

Hasta Kepler: “No hay astronomía sin física ni física sin astronomía”

Precedente: Al Bitrugi (Alpetragio) (Pedroches, Córdoba, XII). Aplicó la teoría del “ímpetus” de Filopón (Alejandría, VI) al Sistema Solar.

Discípulo de Abentofáil (Guadix, XII) y de Averroes (Córdoba, )

# Con música

Astronomía y Música unidas en el Cuadrivium.

Tradición Pitagórica-Platónica que perduró hasta el siglo XVII.

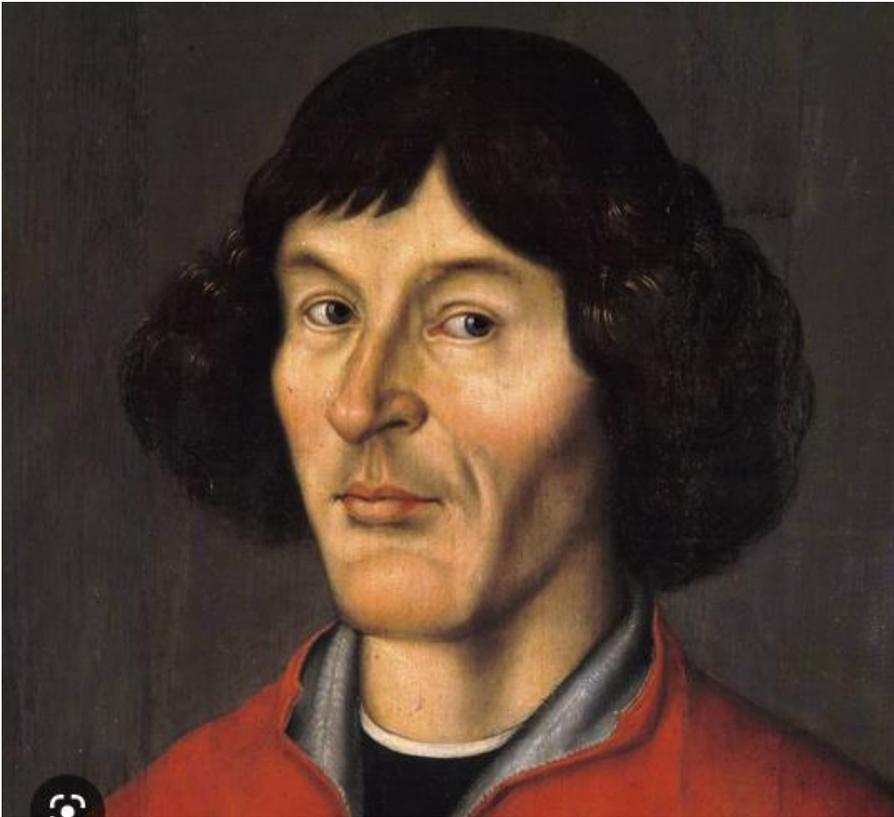
Kepler estudió música para entender el Universo.

“Dad aire al cielo y, real y verdaderamente, sonará la música”.

# Boecio



# Copérnico y Zúñiga



# The great Kepler



# Salinas

Francisco de Salinas (Burgos, 1513 –Salamanca, 1590) músico ciego (desde los 11 años).

En “De musica libri septem”:

Cuatro tipos:

- |                                  |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. pájaros, agua...              | Se percibe. No se puede pensar    |
| 2. Voces humans, instrumentos... | Se percibe. Se puede pensar       |
| 3. Armonía de las esferas        | No se percibe. Se puede pensar    |
| 4. Ángeles, bienaventurados      | No se percibe. No se puede pensar |

La tercera es la “musica mundana” de Boethius. Salinas solo se interesa por la segunda.

No se conserva nada de su música (Fray Luis de León; ¡Oh desmayo dichoso!...¡Oh dulce olvido!)



Luis de León, Lope de Vega, Salinas

# Música y cosmología

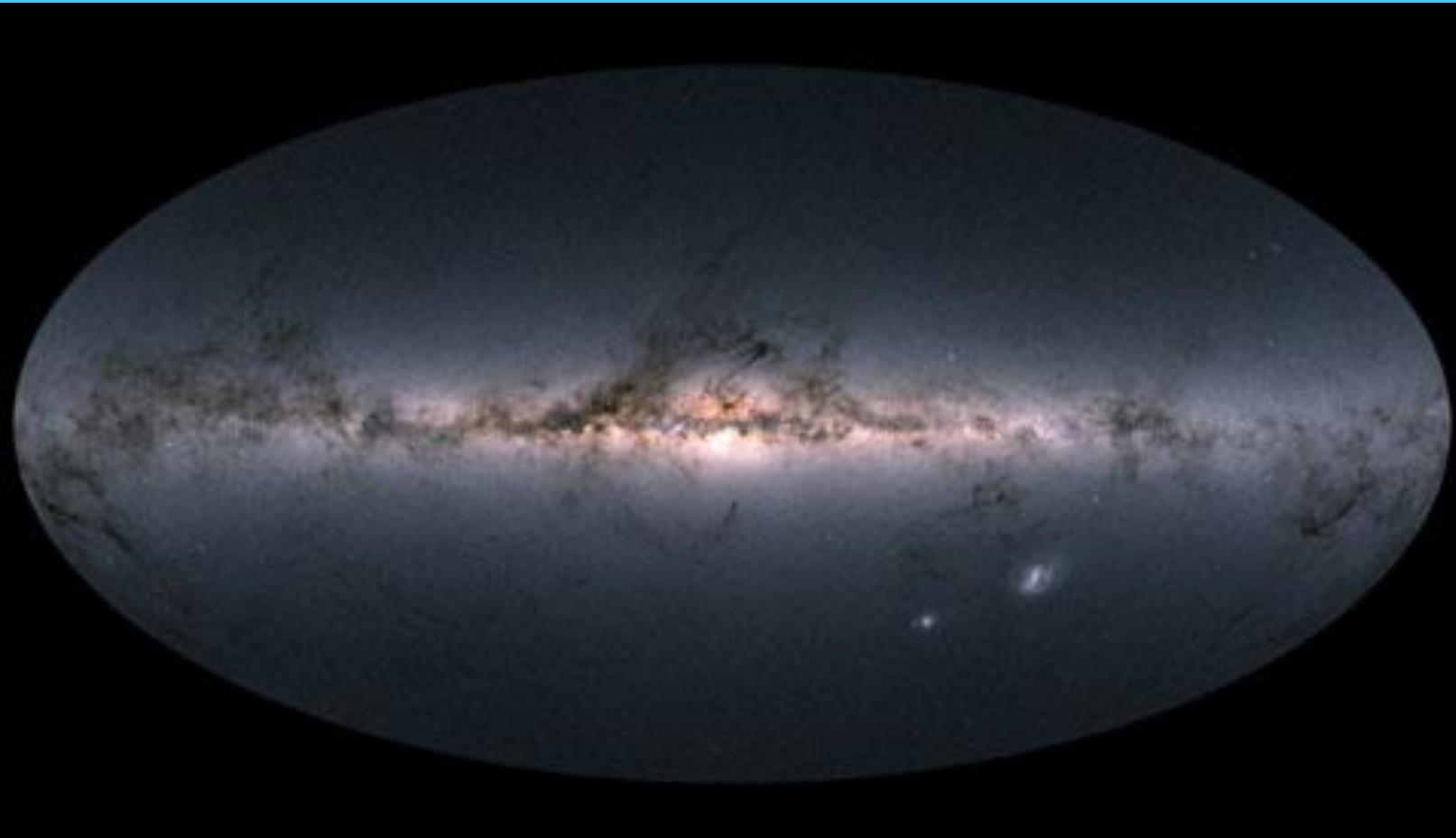
¿Música celestial?

Aristóteles ya era escéptico.

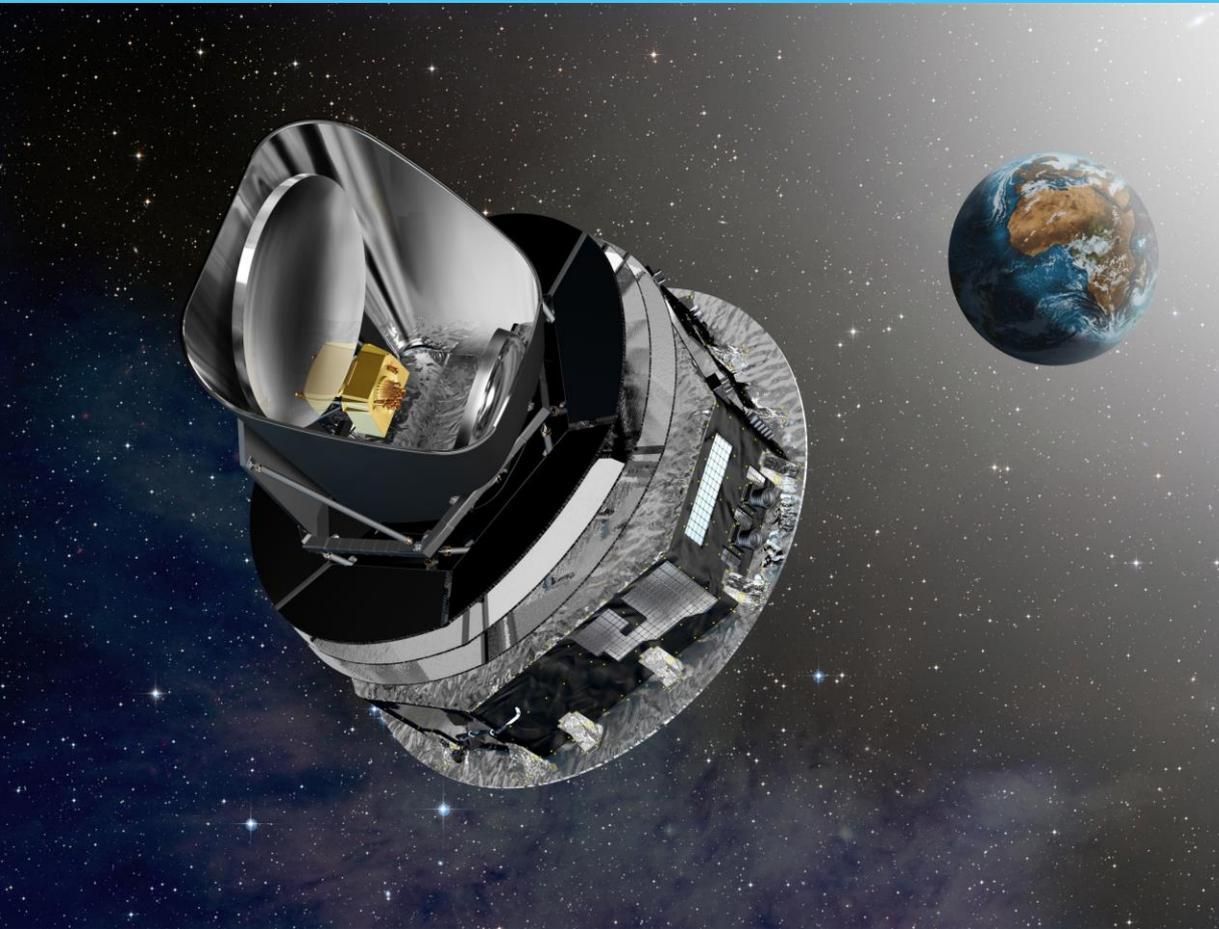
La música humana, la música mundana, la música celestial,  
la música de las esferas... (?)

El Fondo Cósmico de Microondas “rejuvenece” el concepto  
de música mundana

# La Vía Láctea (Gaia)

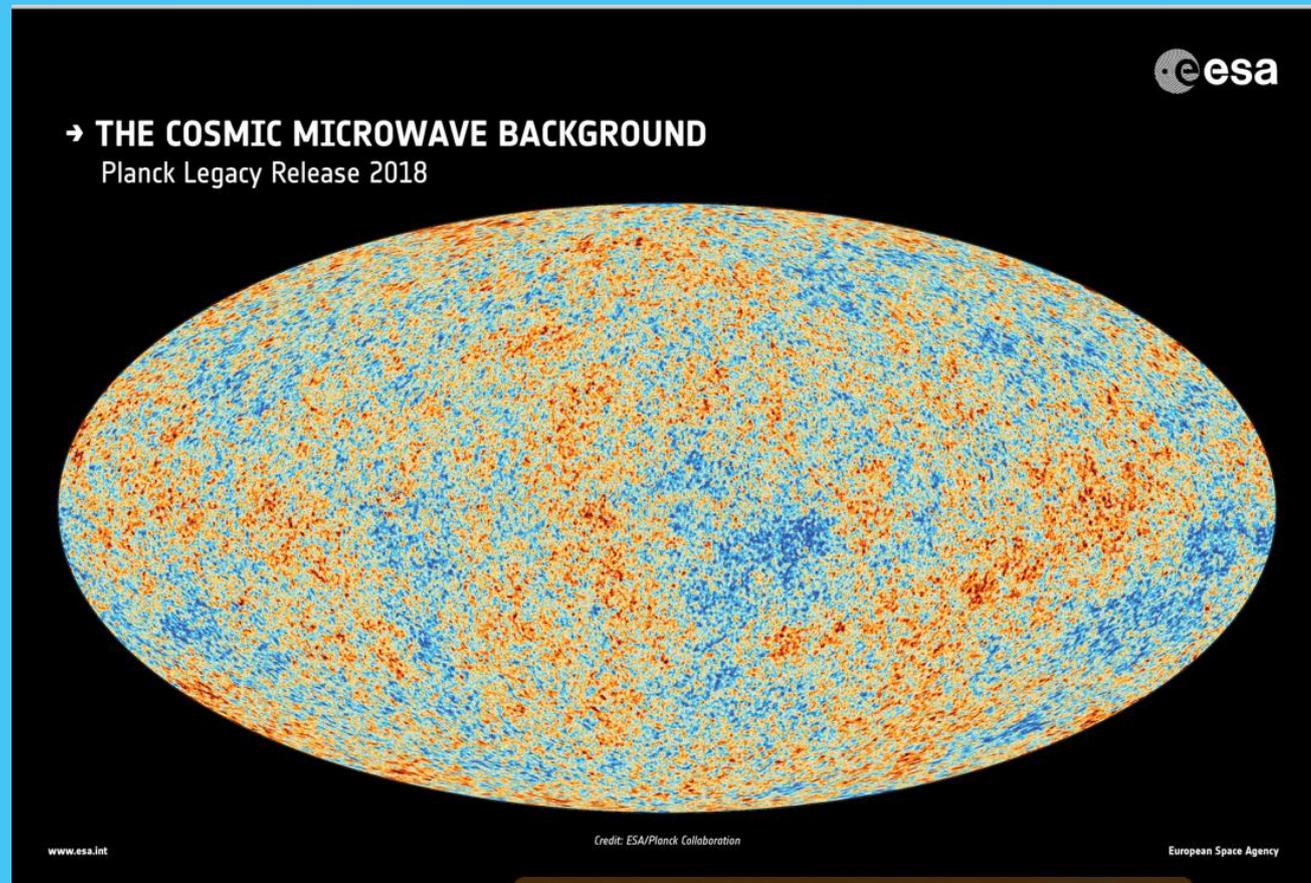


# PLANCK (ESA)

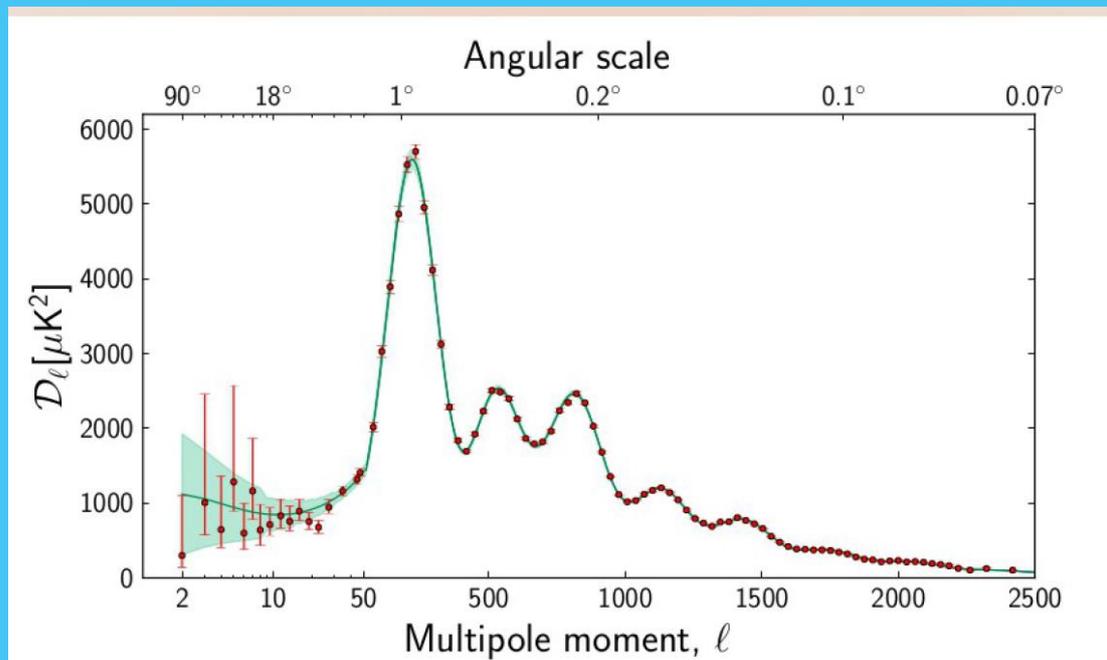




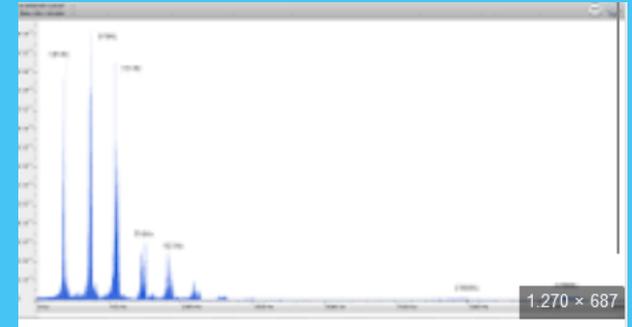
# El Universo visto por PLANCK



# Spectrum of the early Universe



**Figure 37.** The 2013 *Planck* CMB temperature angular power spectrum. The error bars include cosmic variance, whose magnitude is indicated by the green shaded area around the best fit model. The low- $\ell$  values are plotted at 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.5, 11.5, 13.5, 16, 19, 22.5, 27, 34.5, and 44.5.



# Musica mundana

Vemos **realmente** sonido.

Este sonido es **realmente** música.

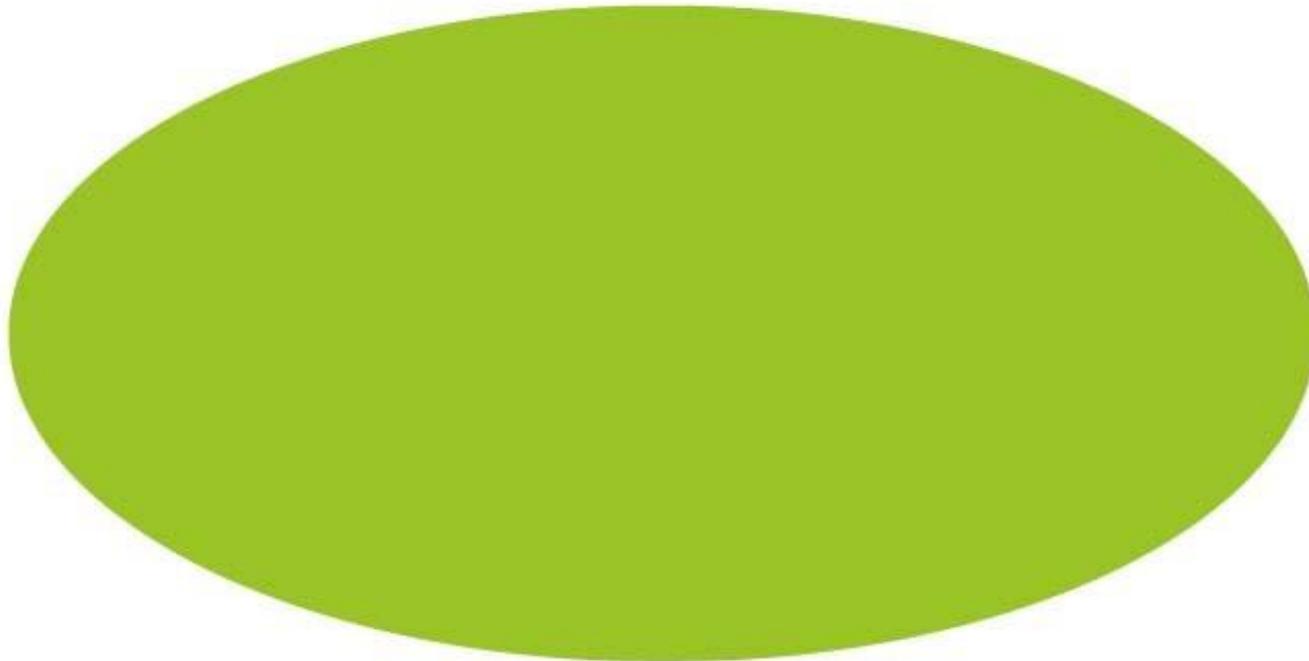
Estamos observando **realmente** la

# Musica mundana

!!!Esto es realmente la “musica mundana” de Boethius!!!

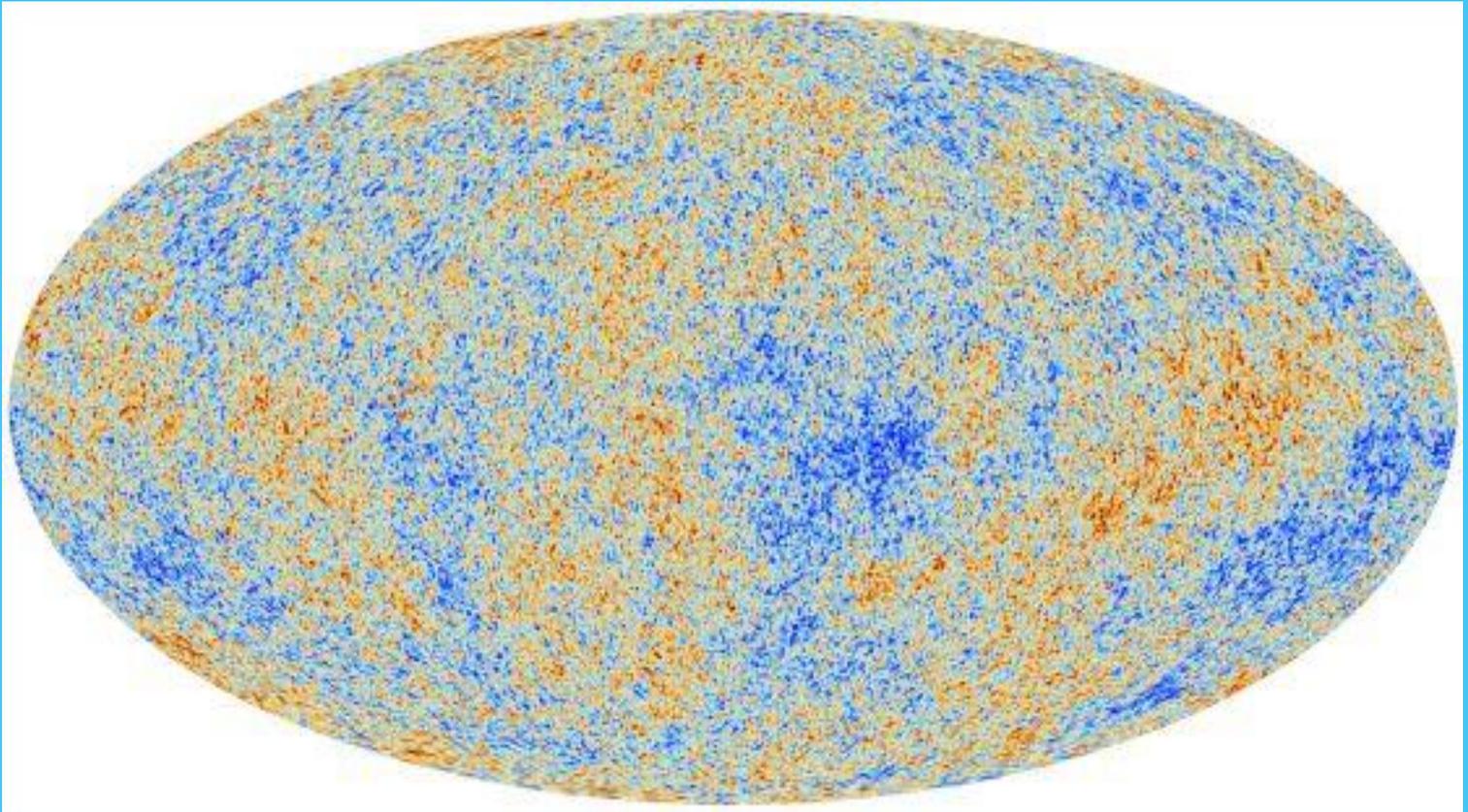
# ¿Cómo es?

## **ISOTROPY OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND**



MAP990004

# La foto más antigua

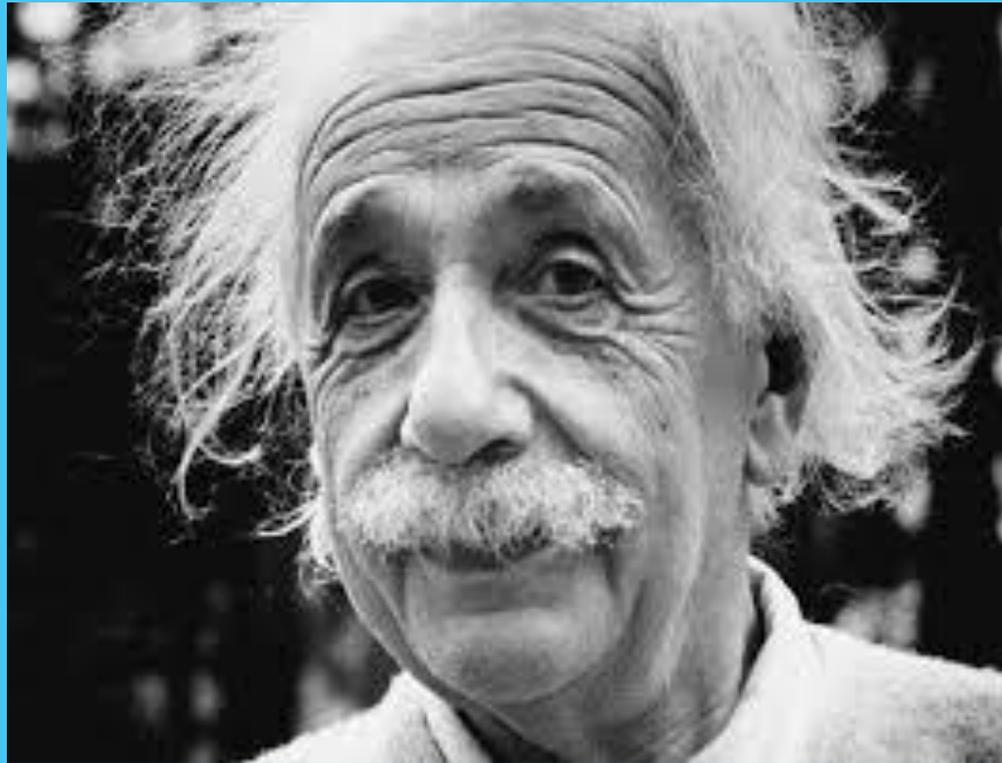


# Conclusiones básicas

## $\Lambda$ CDM

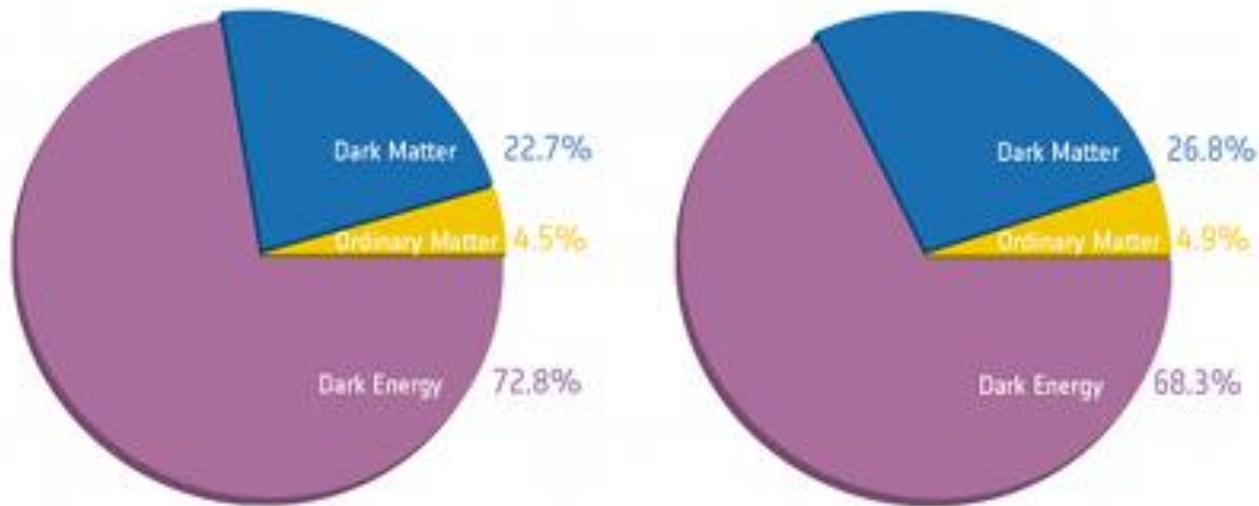
- Universo con energía oscura y con materia oscura fría
  - No tiene curvatura
  - Con 6 parámetros

# Einstein



Ateneo de Granada, 2022

# Composición

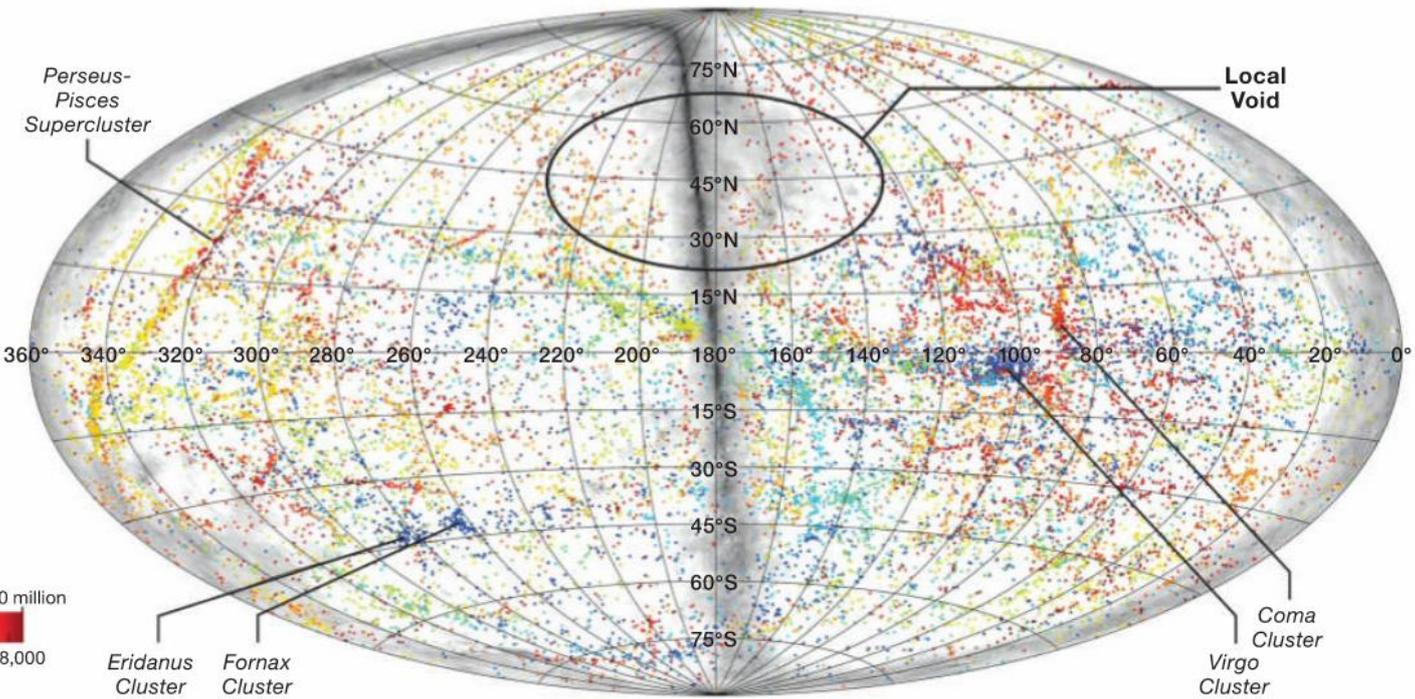
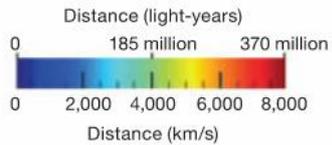


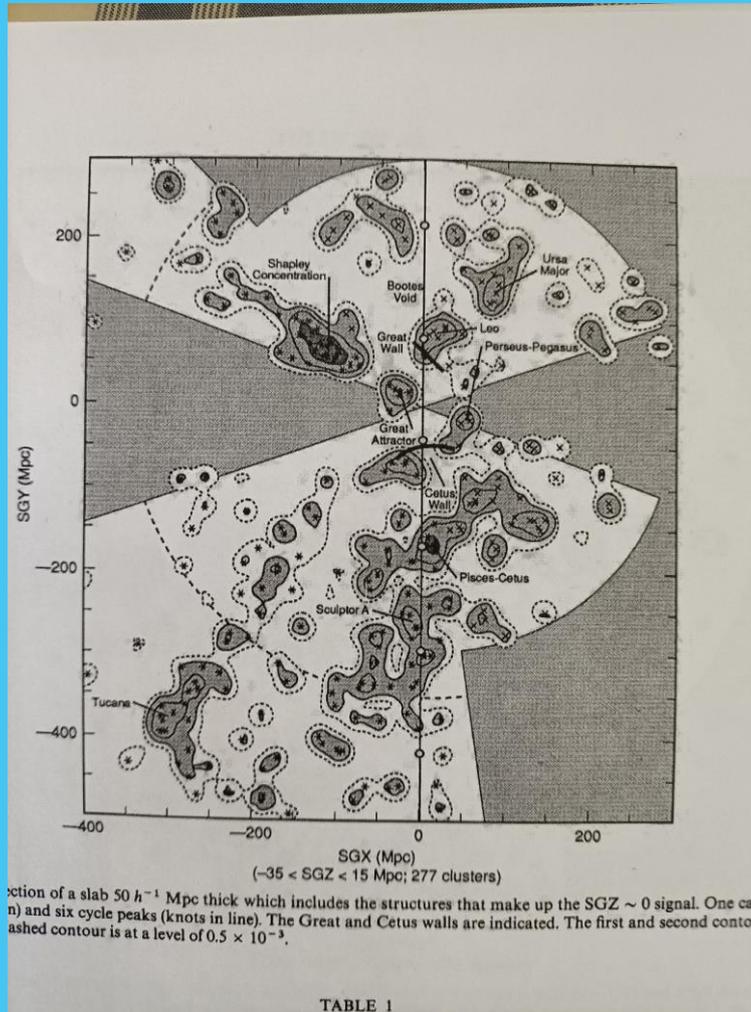
Before Planck

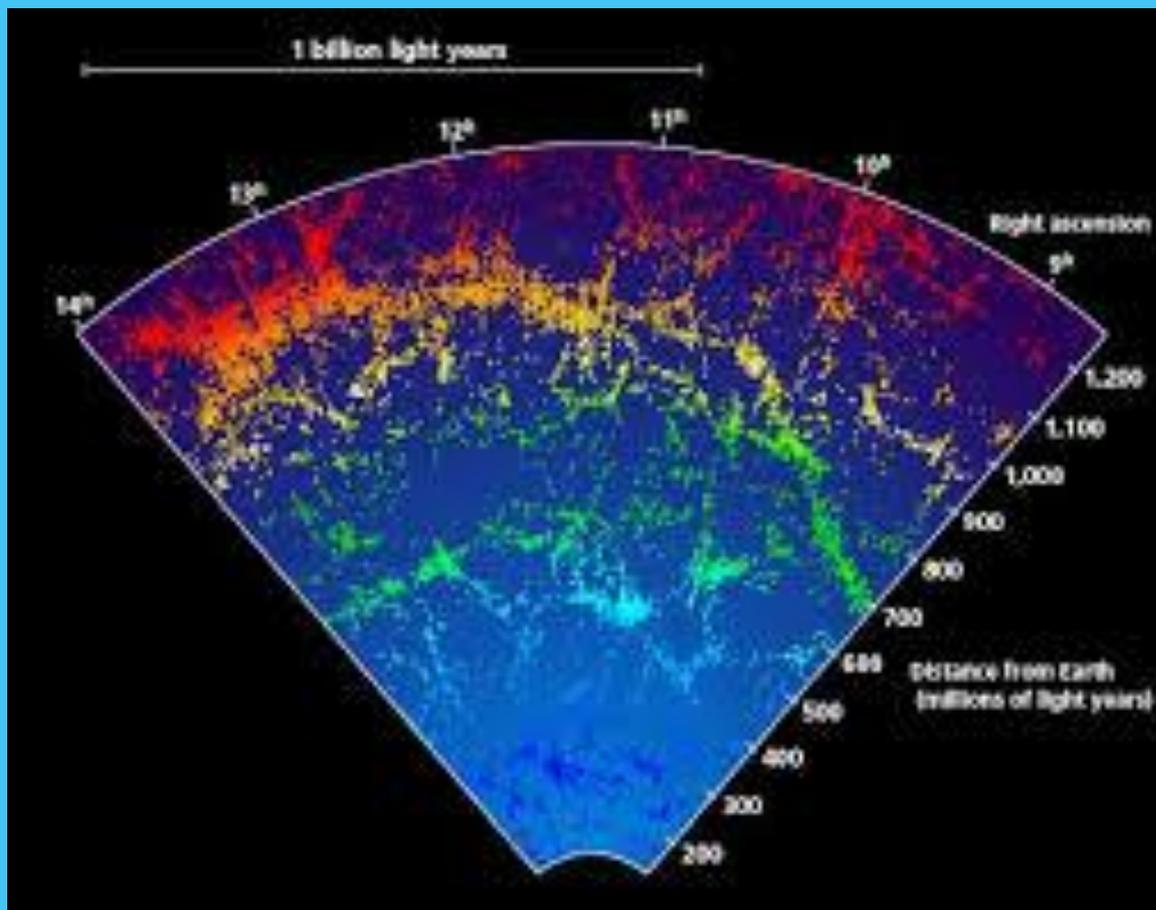
After Planck

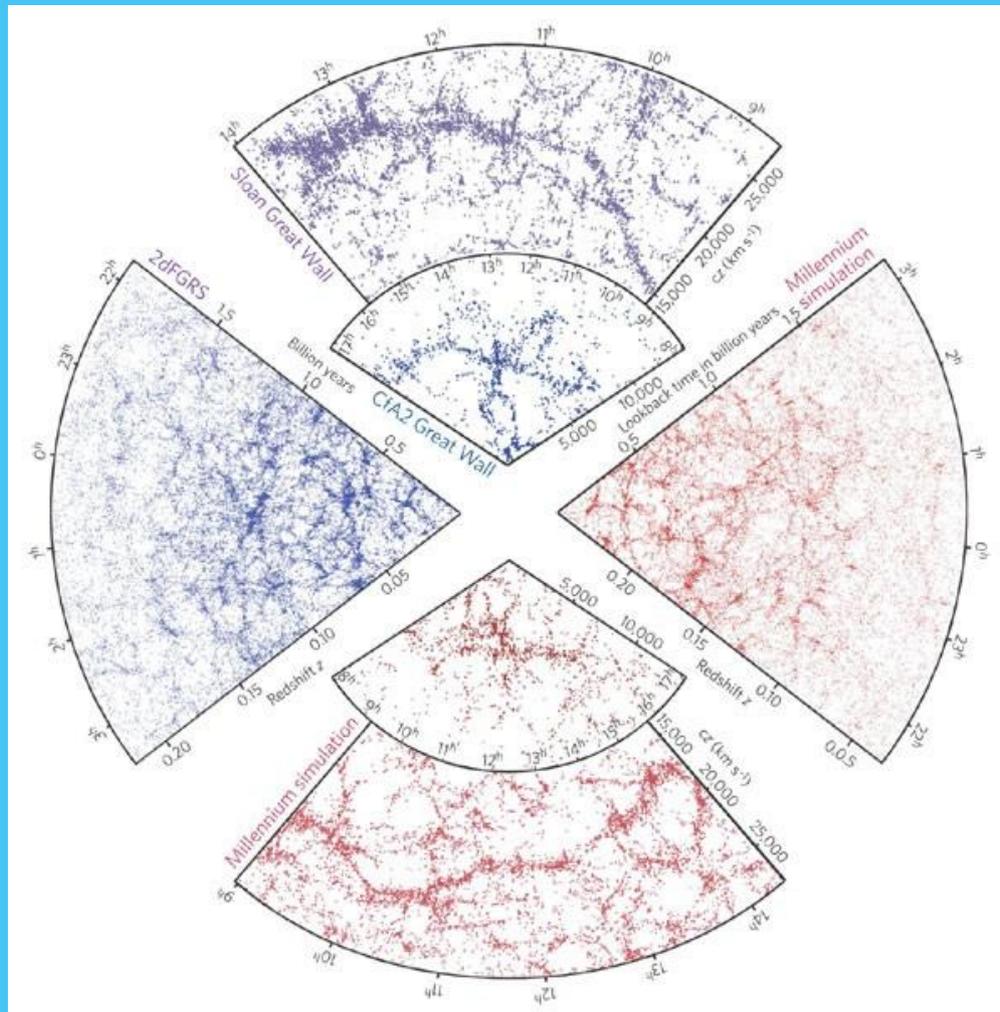
► **HIDING IN PLAIN SIGHT**

In this all-sky view of nearby galaxies, the plane of the Milky Way (gray) is almost directly perpendicular to the supergalactic plane, which extends from left to right. The Local Void (black oval) sits directly behind the galactic plane, which makes finding galaxies in this vast expanse a challenge.

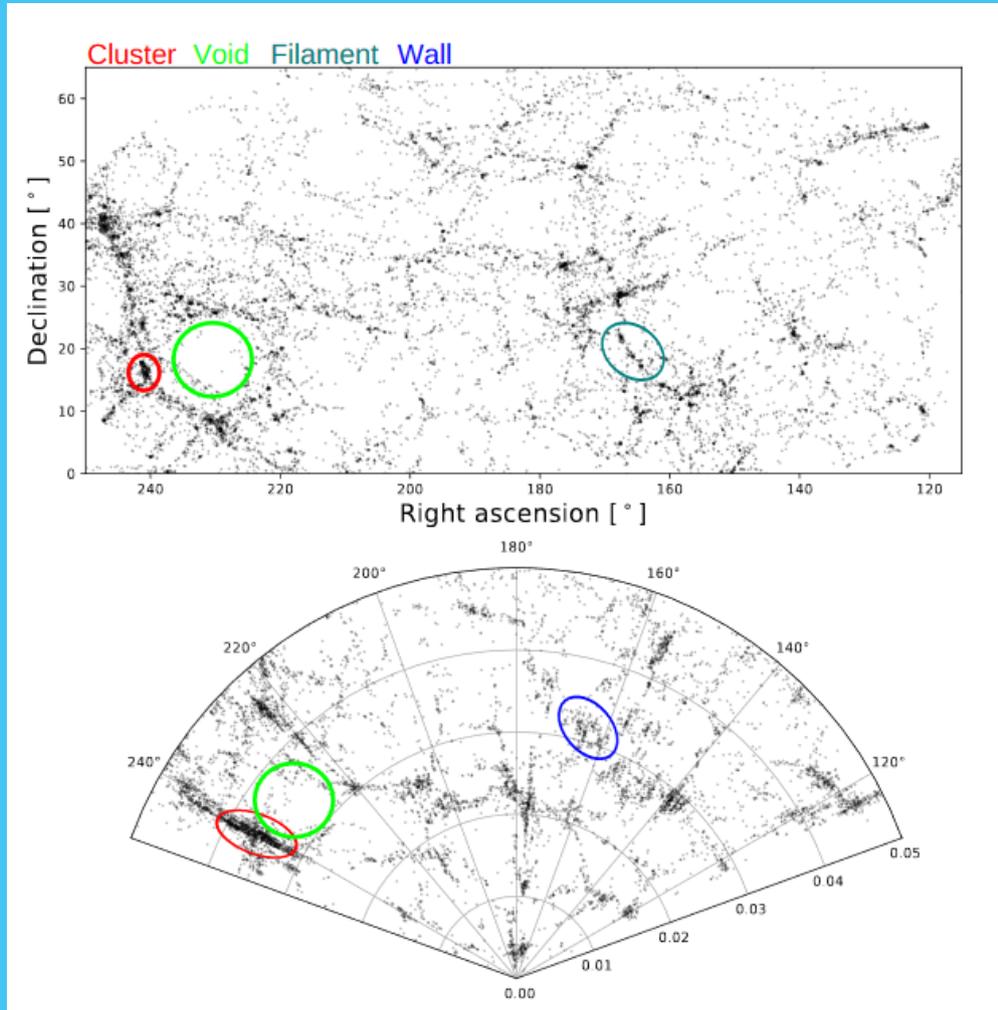




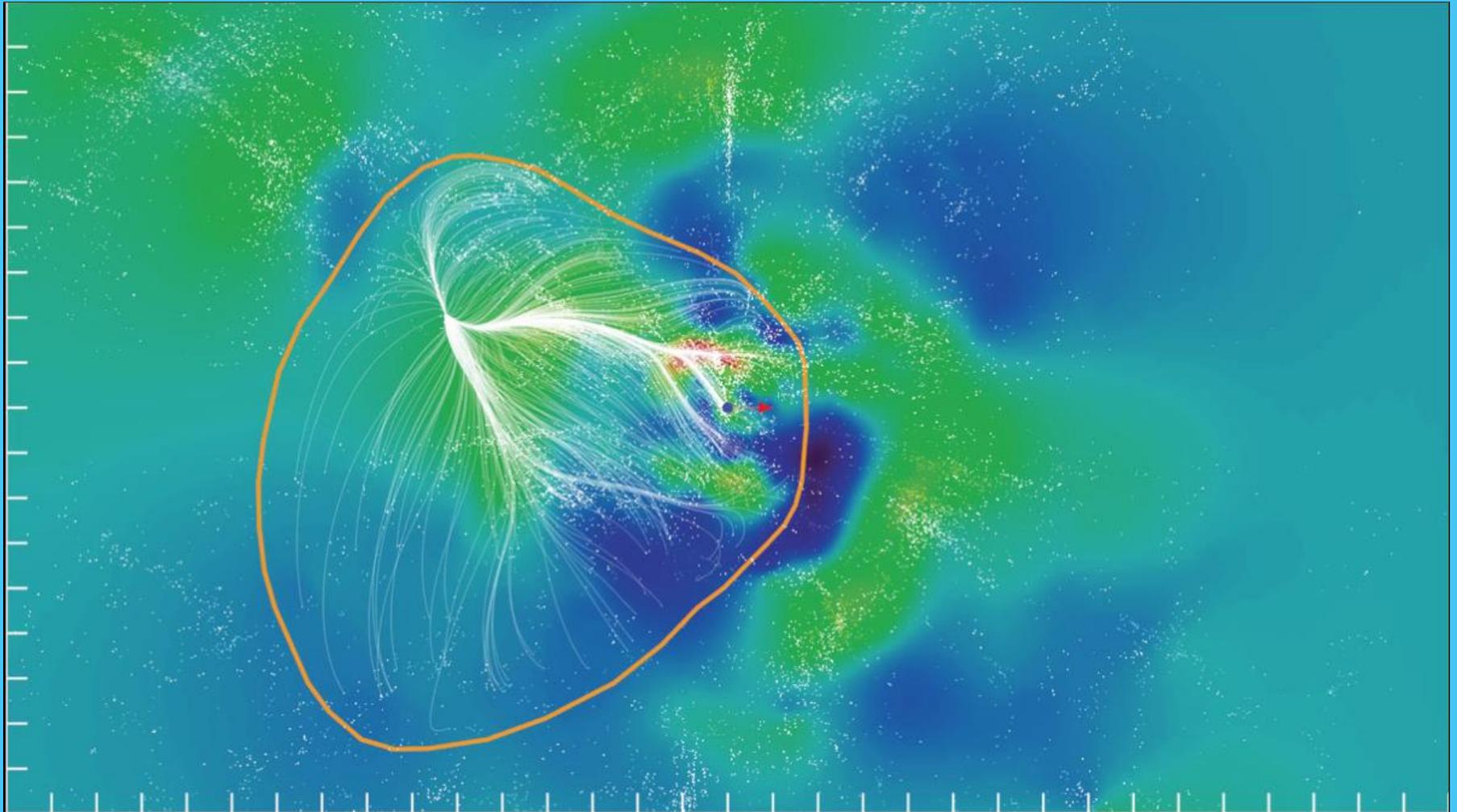


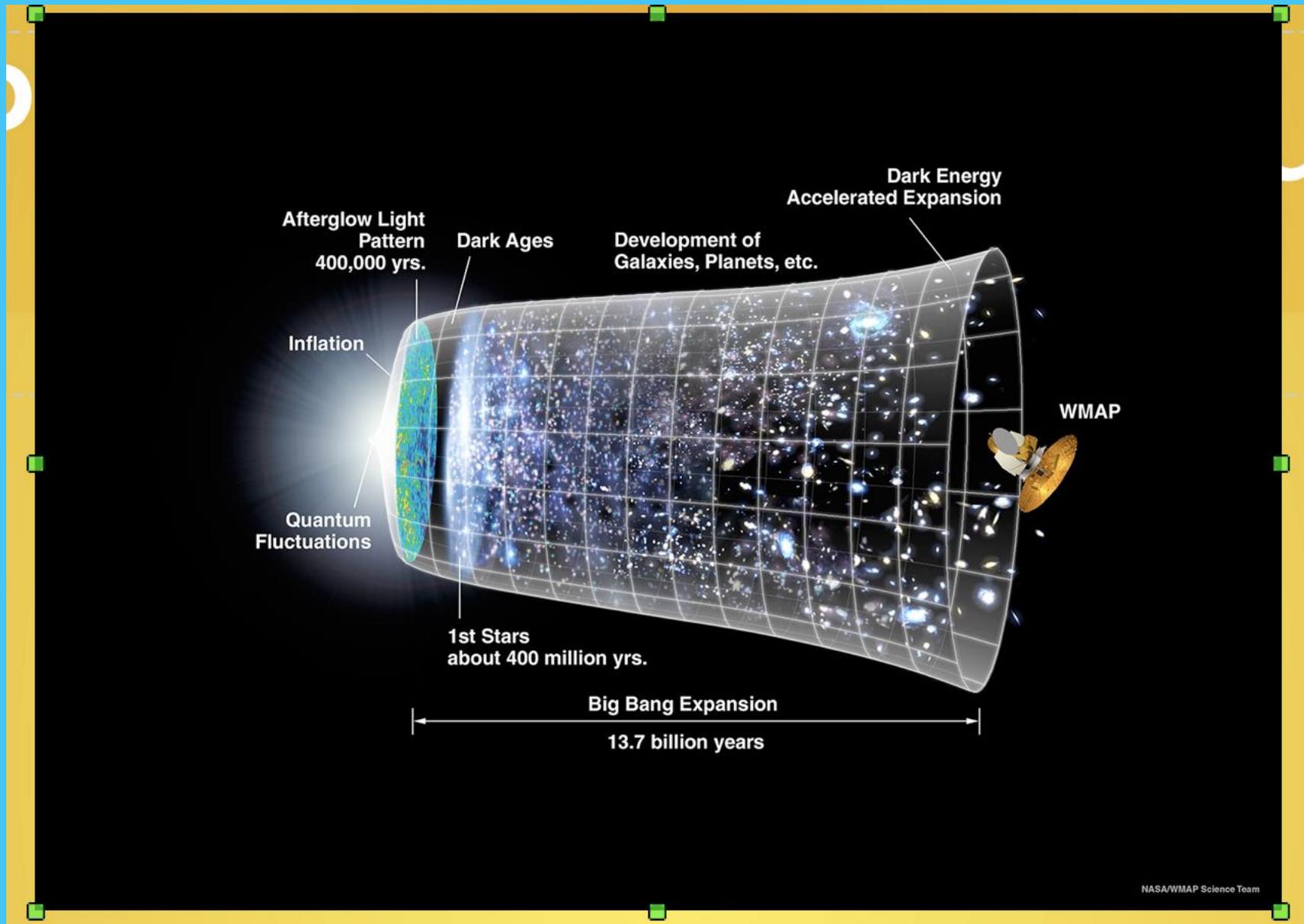


# LSS



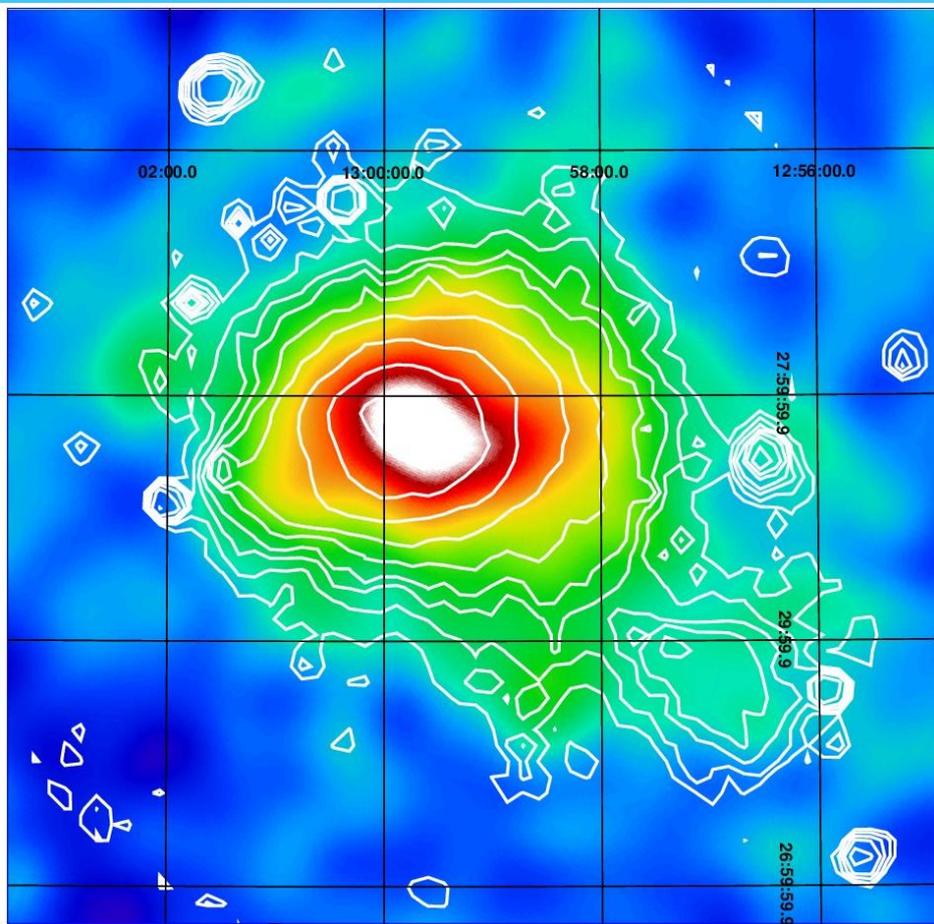
# Laniakea



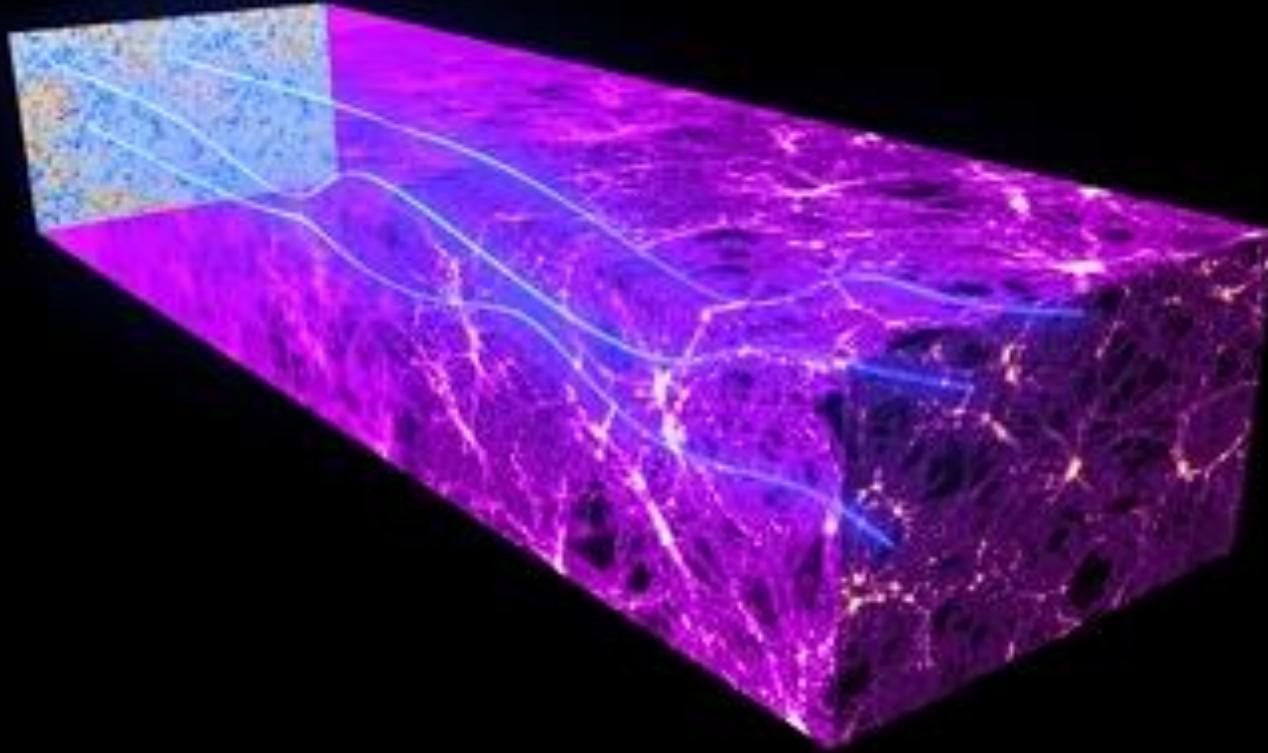


NASA/WMAP Science Team

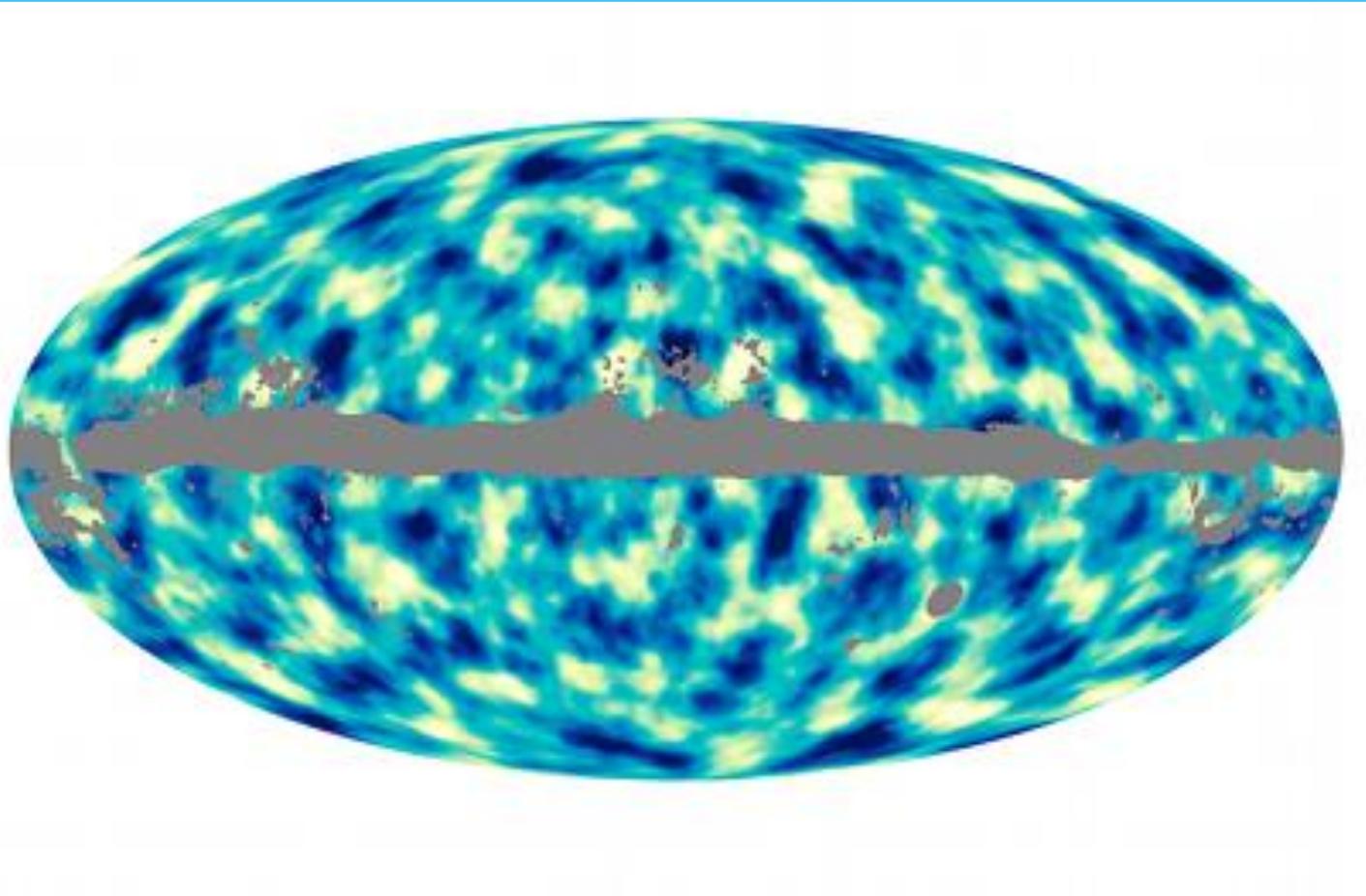
# Coma SZ y X



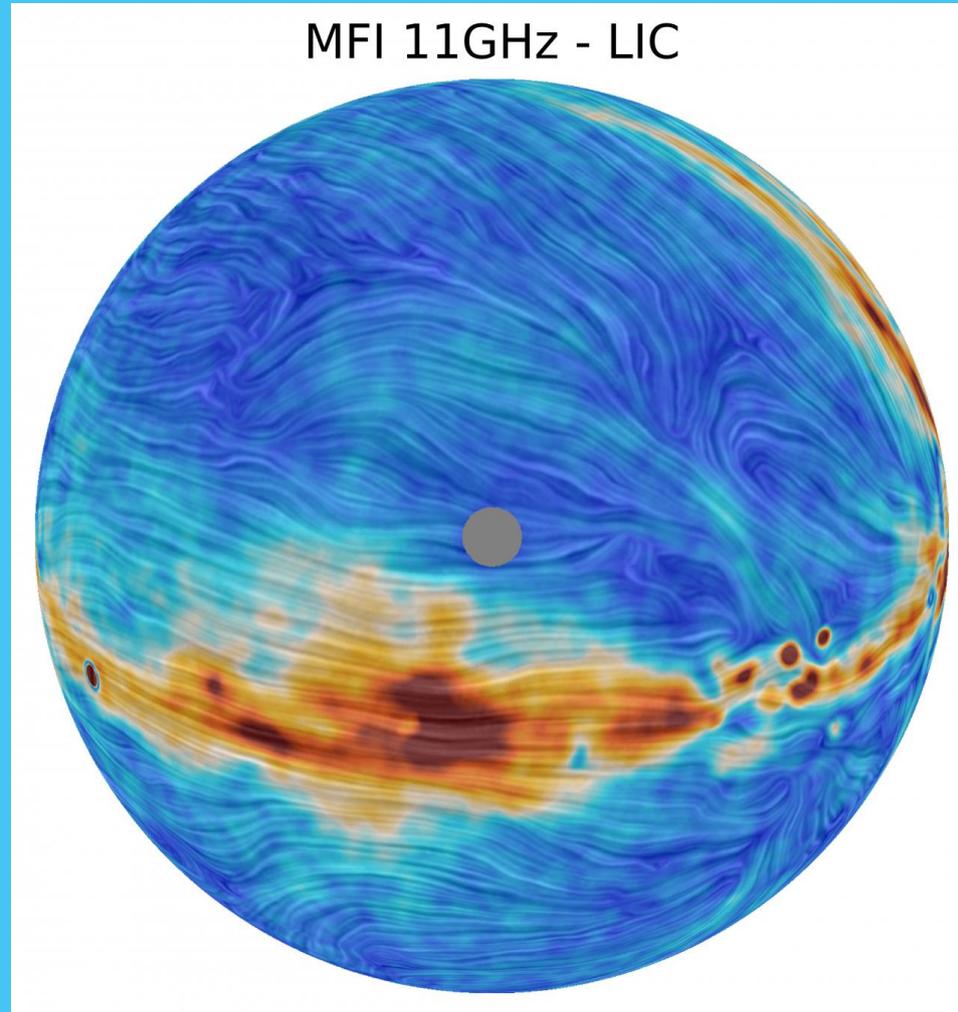
# Bosque de lentes



# Distribución de DM

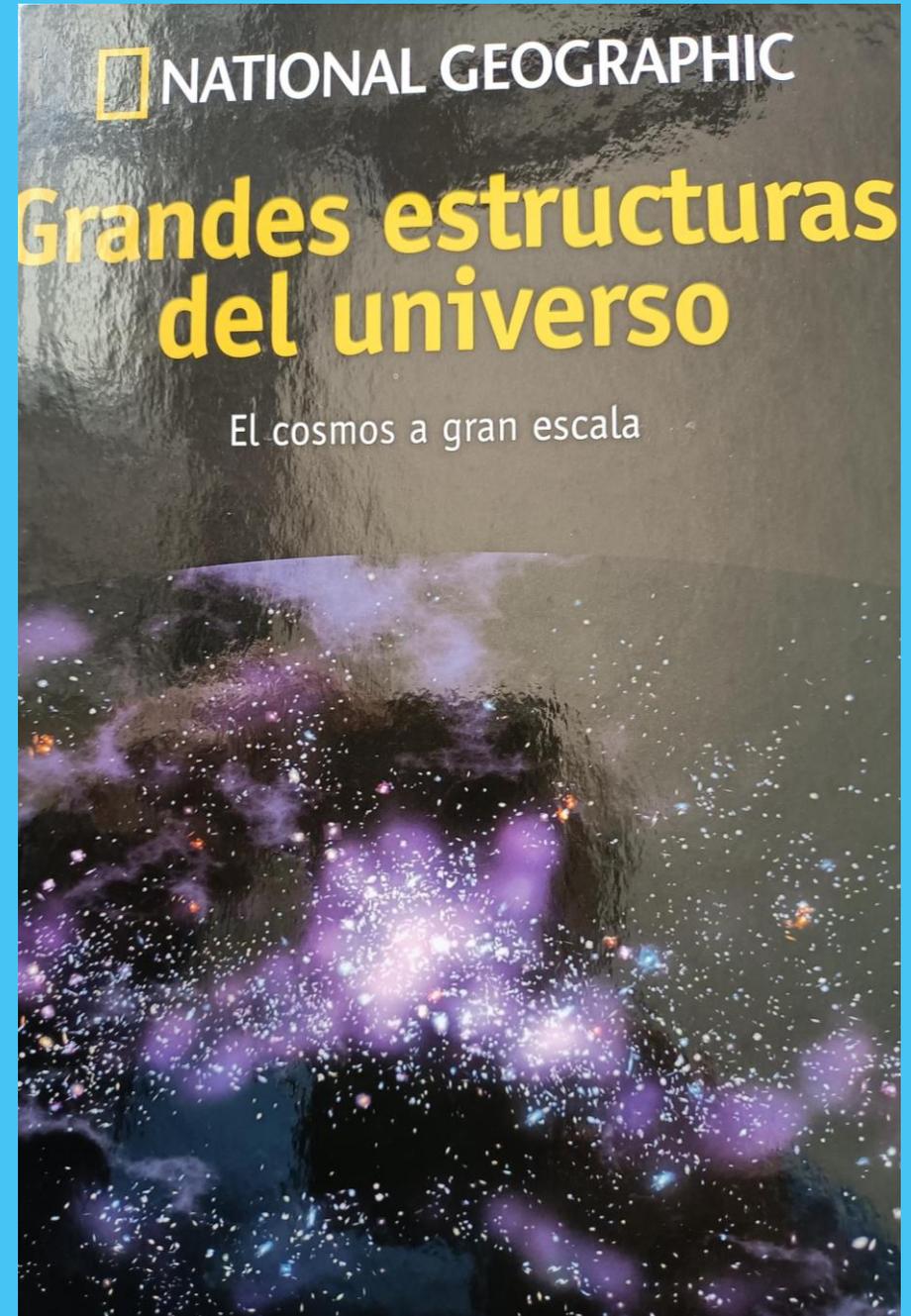


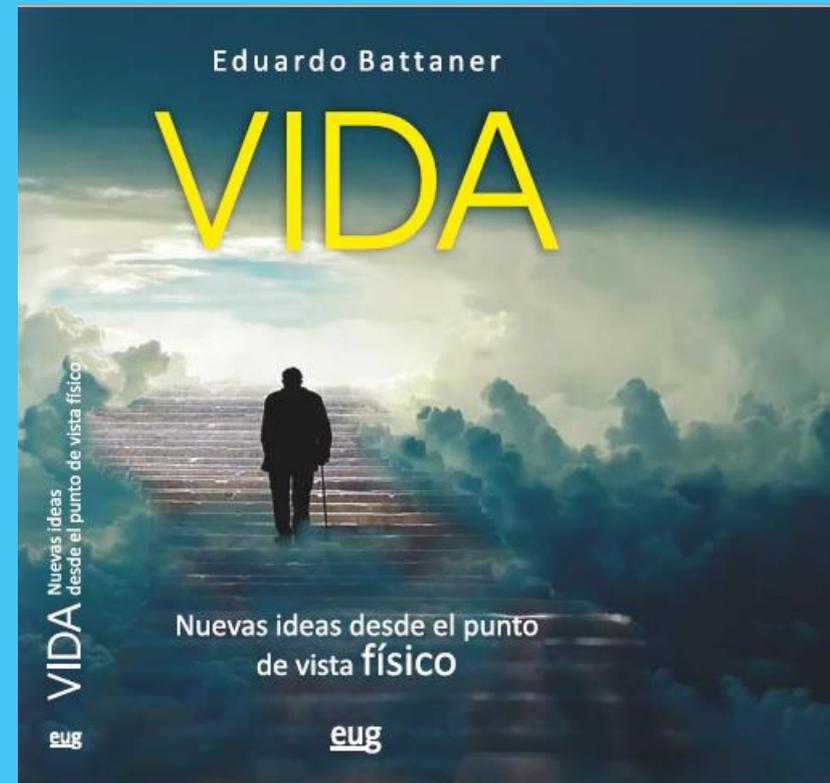
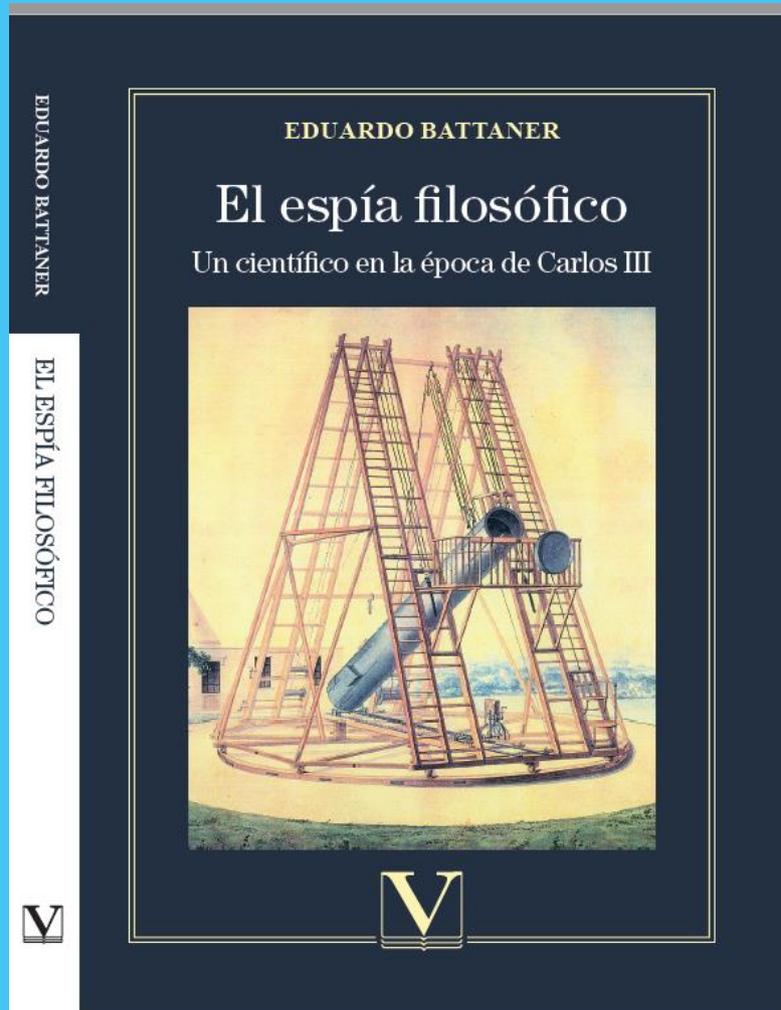
# QUIJOTE



# Recomendaciones

- Territorio Gravedad (Capítulos 5,6,7)
- Grandes estructuras del Universo  
Cosmos
- 2015, 2019, RBA y National  
Geographic
- 





zacabau