



WALK ON THE DARK SIDE

Encontres al costat fosc
XXVI Encontres amb el tercer cicle

José Luis Bernal
04/10/2016

Preguntas a responder

- Cómo empezó todo?
- Qué es el sector oscuro del Universo?
- Cómo se estudia?
- Cómo se llega hasta aquí?

Cosmología, eso es?

Cosmología: Parte de la astronomía que trata de las leyes generales, del origen y de la evolución del Universo [RAE]

Primeras piezas

- Postulados:
 - Las leyes de la física son las mismas en todo el Universo
 - La velocidad de la luz es finita y constante
- Principio Cosmológico: Universo homogéneo e isótropo.
- FLRW: Solución a las eq. Einstein → Universo estático o en evolución?

Primeras piezas

- Redshift: cuando hay un movimiento relativo entre la fuente y el observador, la longitud de onda de la luz que se observa es distinta a la de la emitida

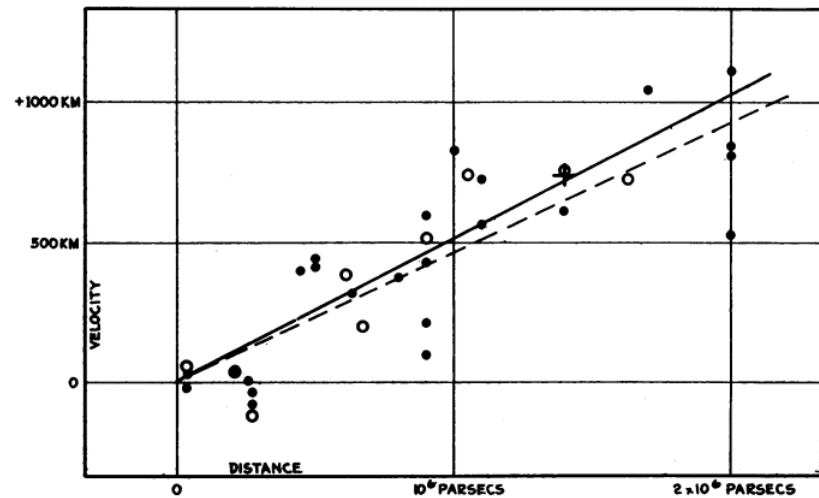


Primeras piezas

- Hubble y la expansión del Universo:
 - Cefeidas: Relación $P-L$
 - Las nebulosas extragalácticas se alejan de nuestro sistema radialmente en todas direcciones

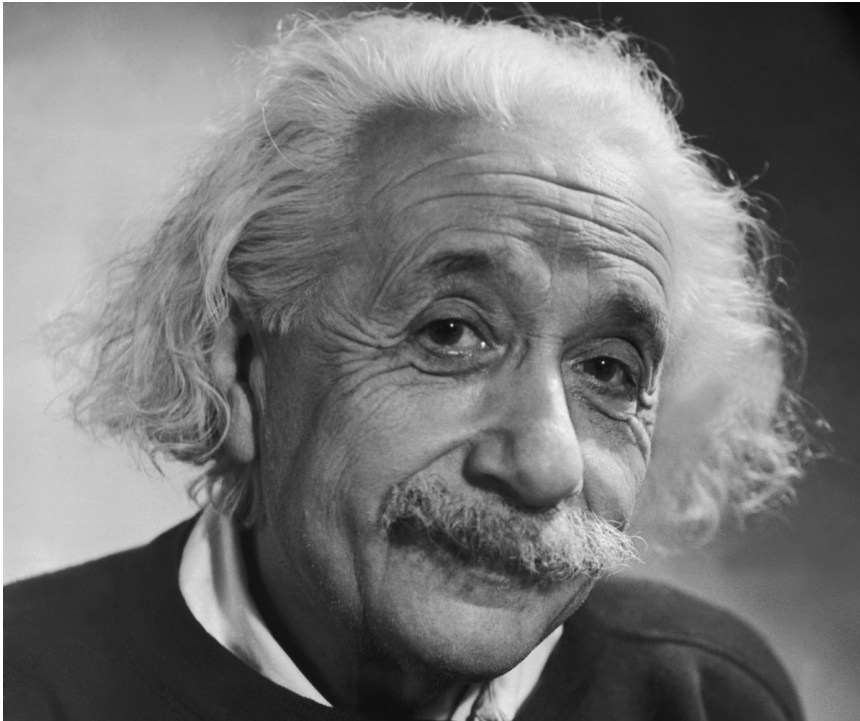
$$v = DH_0$$

$$H_0 \sim (\text{Edad del Universo})^{-1}$$



Primeras piezas

- Hubble y la expansión del Universo:



Las galaxias se alejan de nuestro sistema de coordenadas

NOT

TODAY!

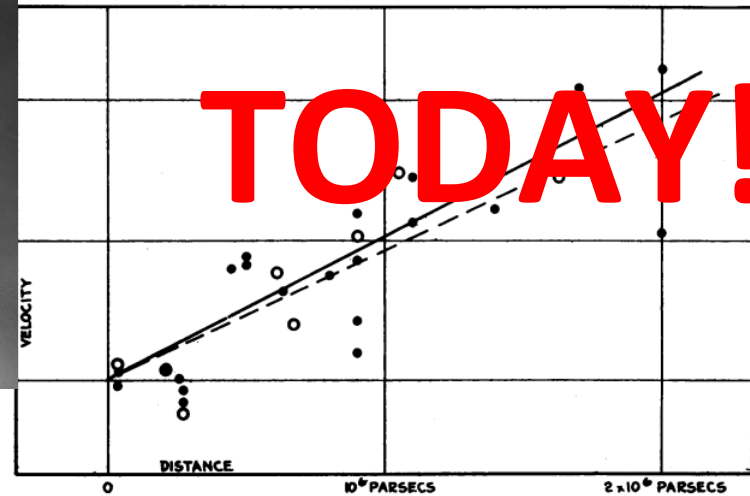


FIGURE 1

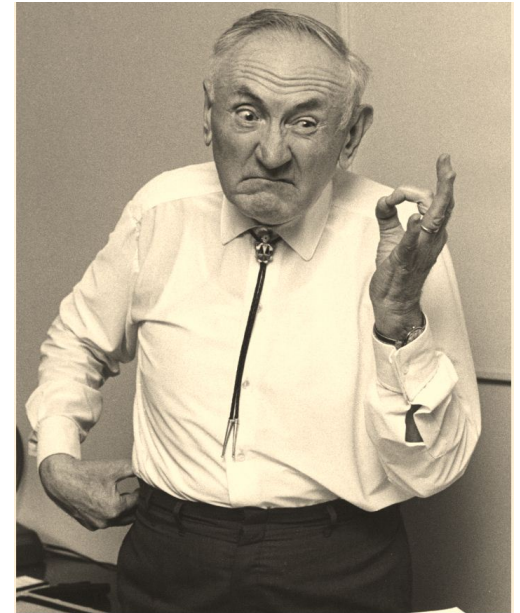
Primeras piezas

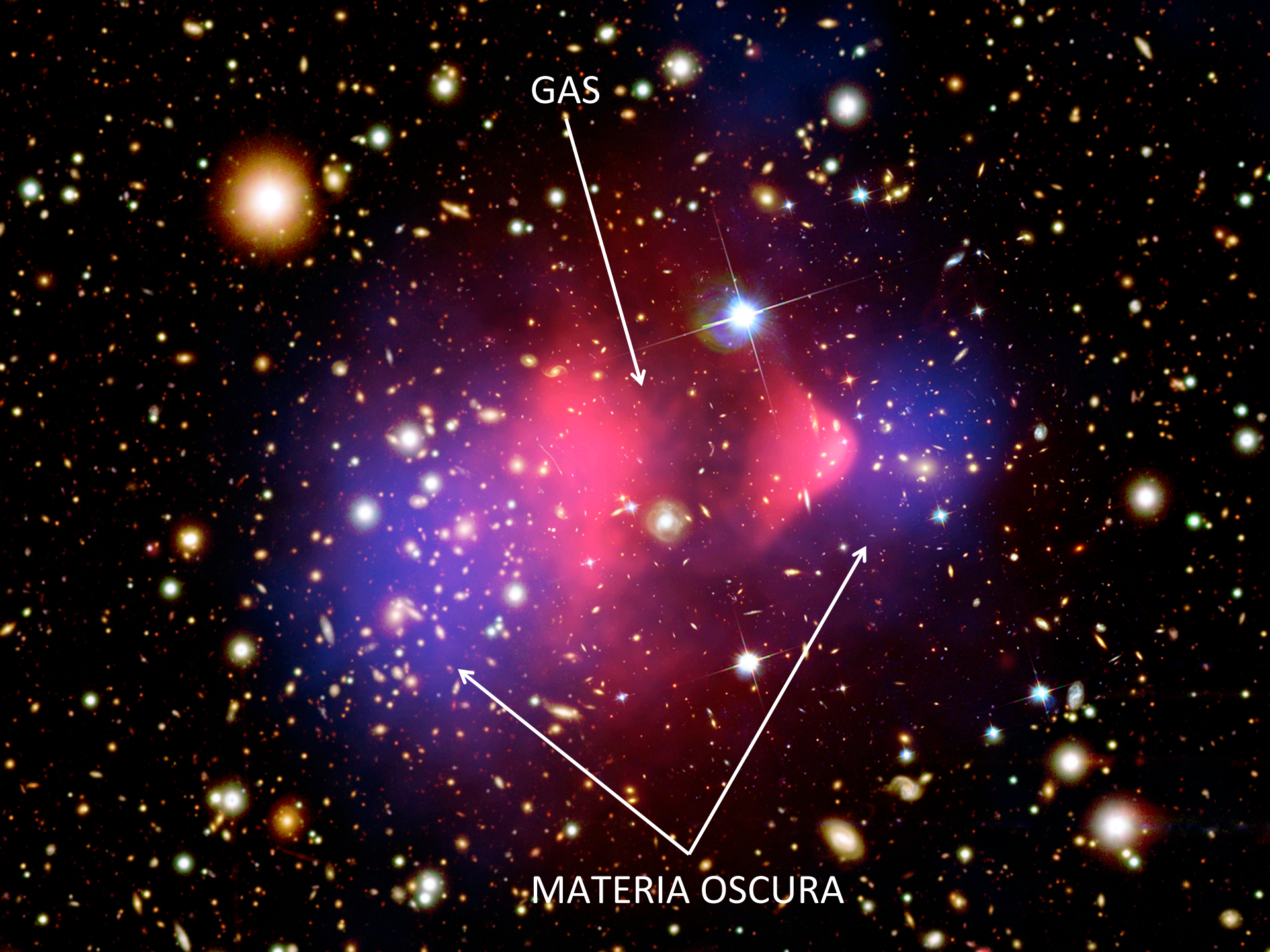
- Aplicando el teorema del virial se encontró una diferencia entre la masa estimada y la observada en objetos luminosos



Materia oscura

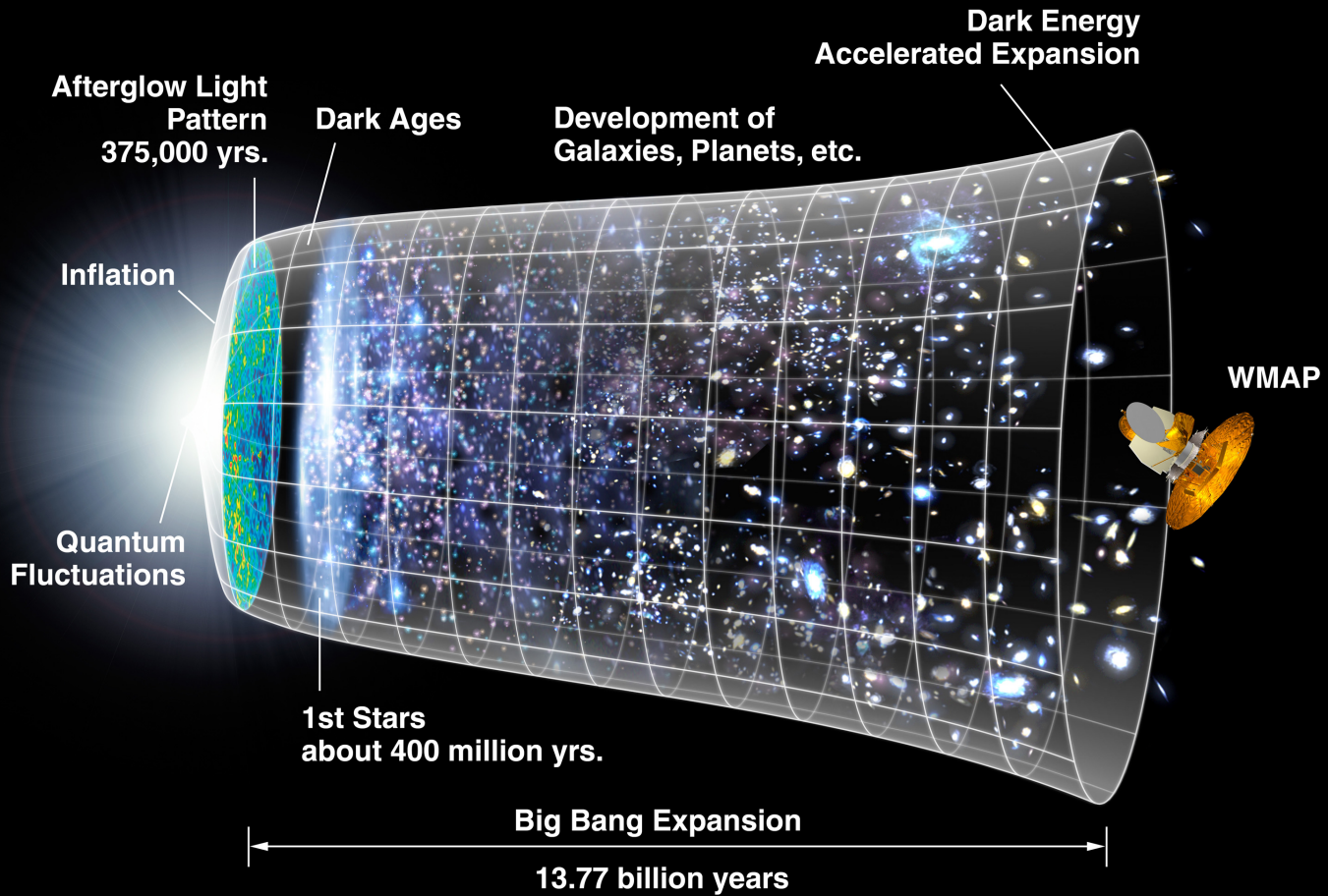
- Pruebas:
 - Cúmulos de galaxias
 - Curva de rotación de la galaxia
 - Lentes gravitacionales
 - Pruebas cosmológicas





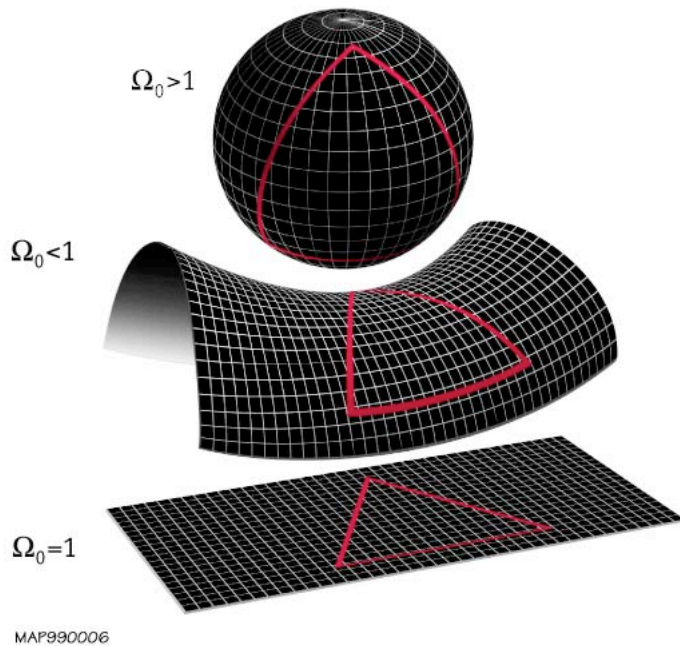
GAS

MATERIA OSCURA

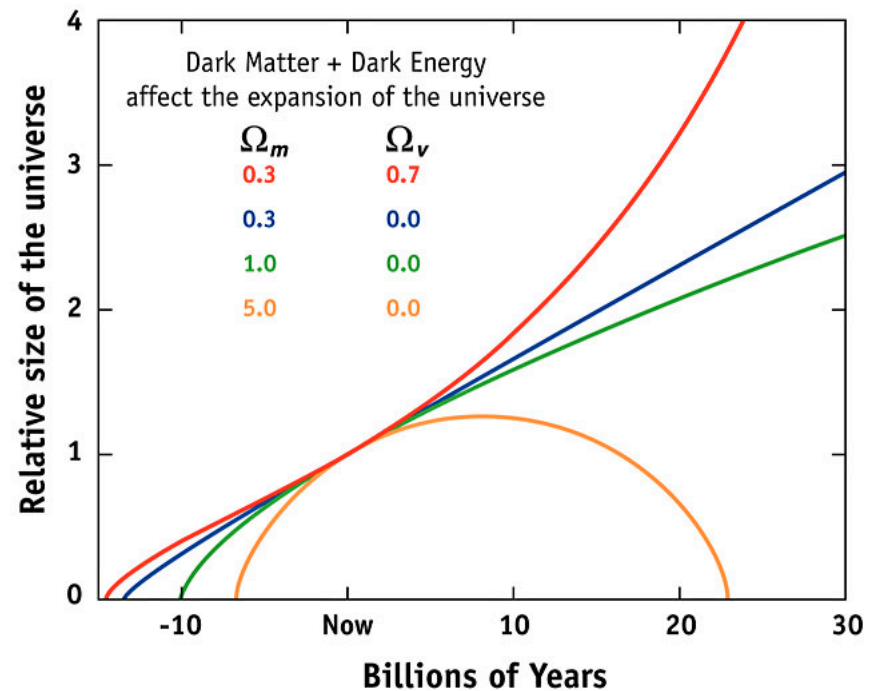


Y ahora, qué?

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



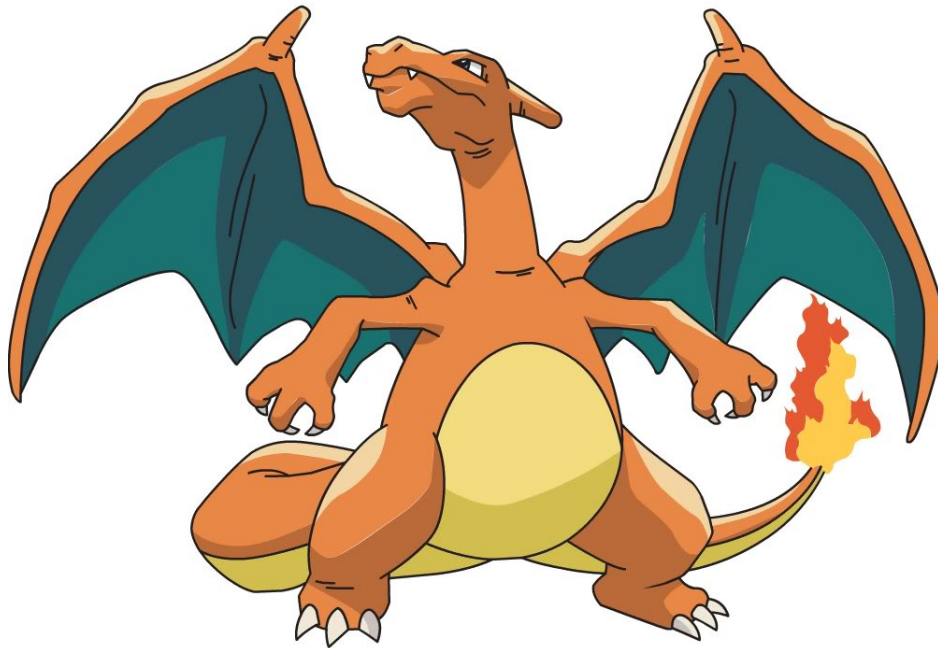
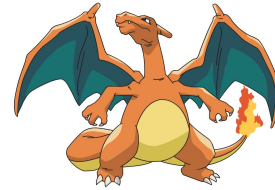
EXPANSION OF THE UNIVERSE



ONE DOES NOT SIMPLY MEASURE
DISTANCES THROUGH THE UNIVERSE!

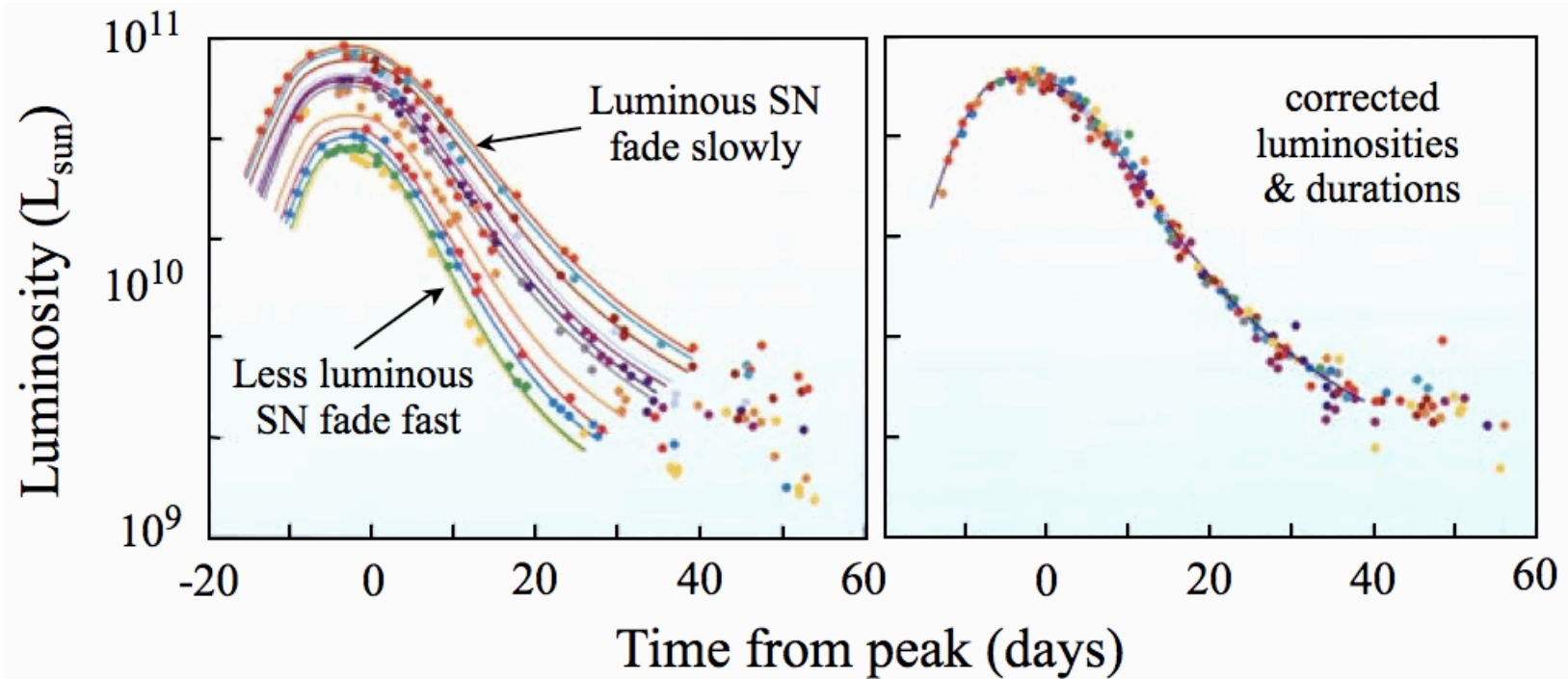


Candelas Estándar



Supernovas Tipo Ia

Relación entre el color, la anchura de la curva de luz y la luminosidad absoluta → Candelas Estándar

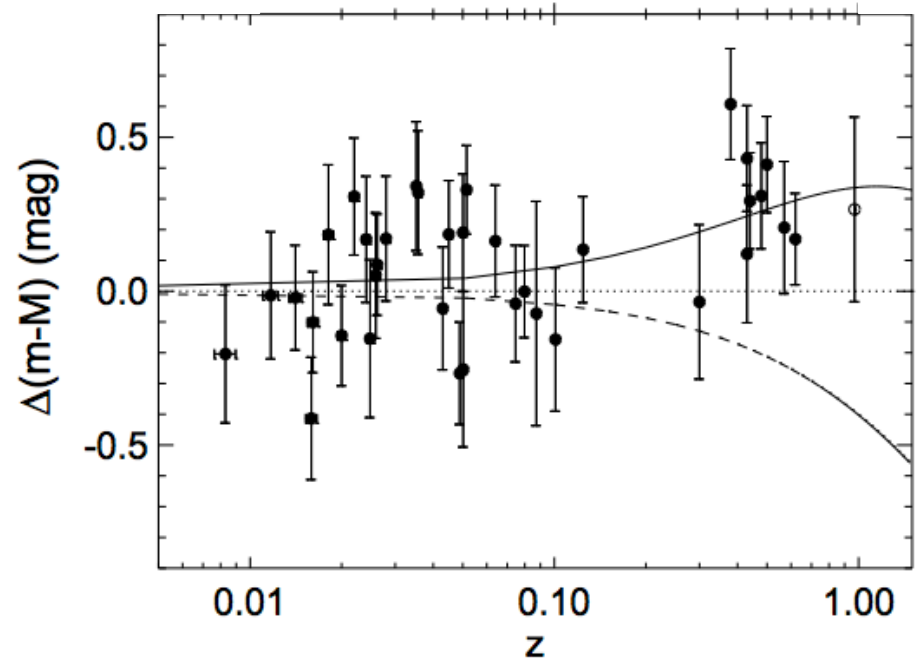
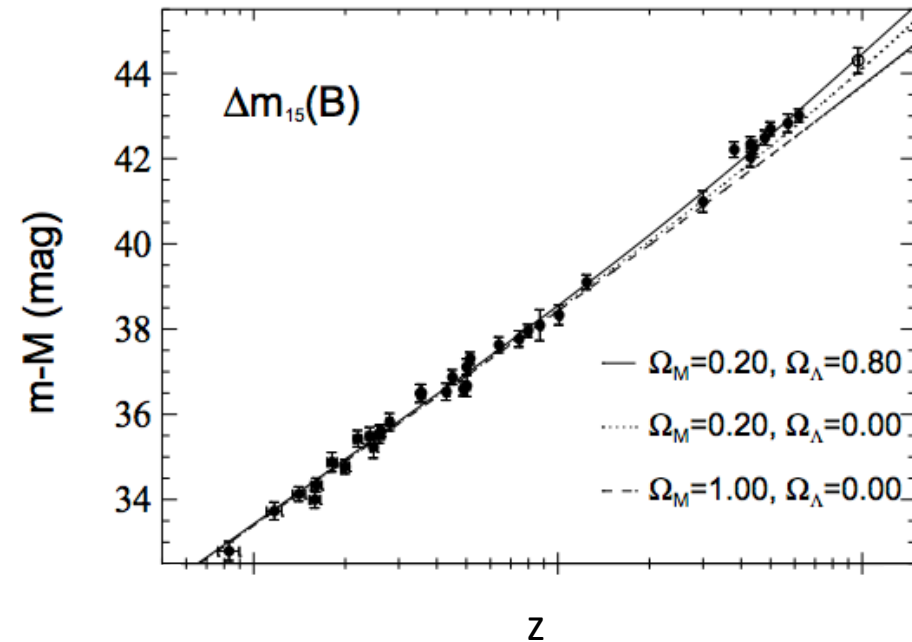


Supernovas Tipo Ia

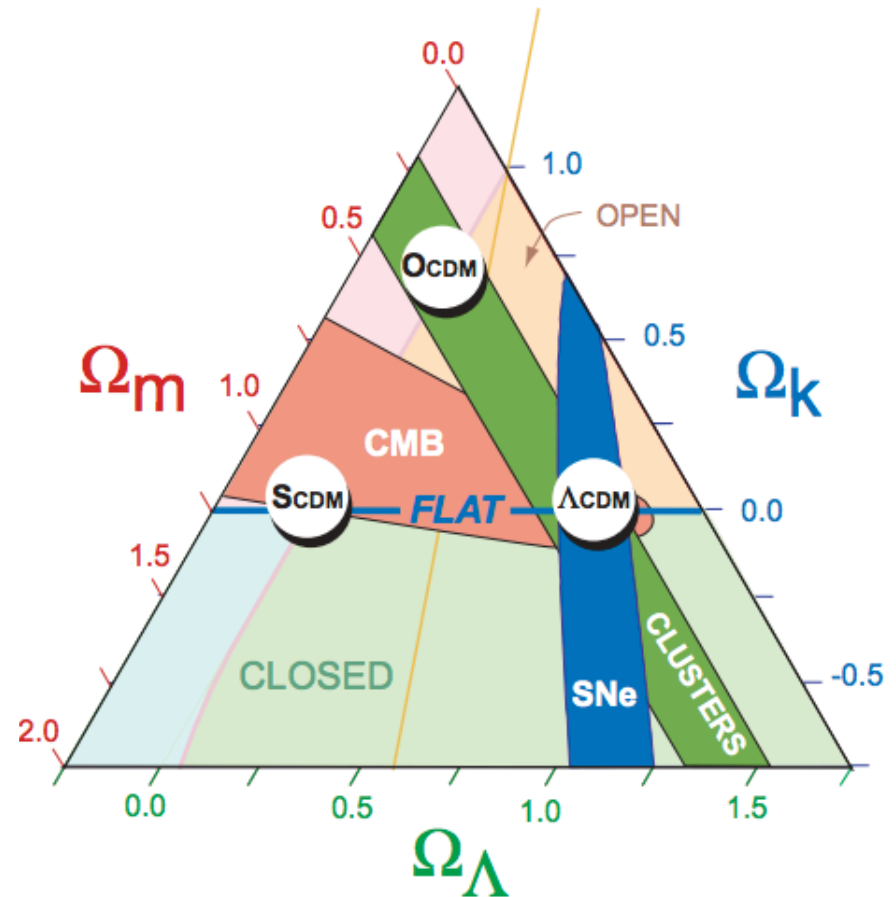
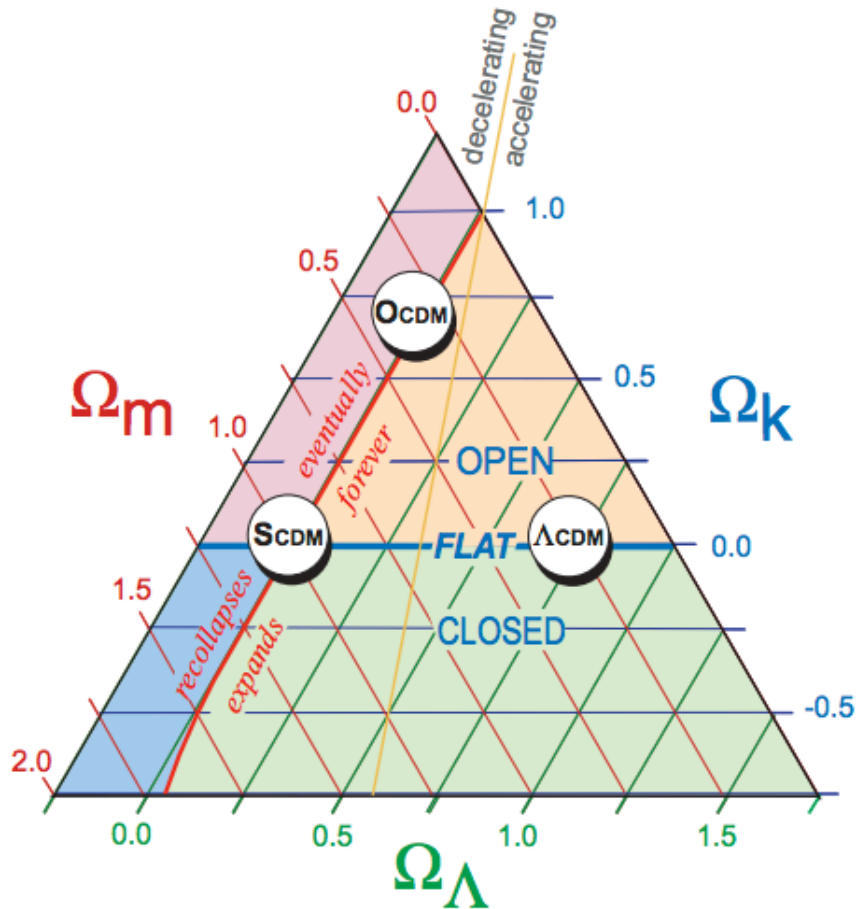
La expansión del Universo es acelerada



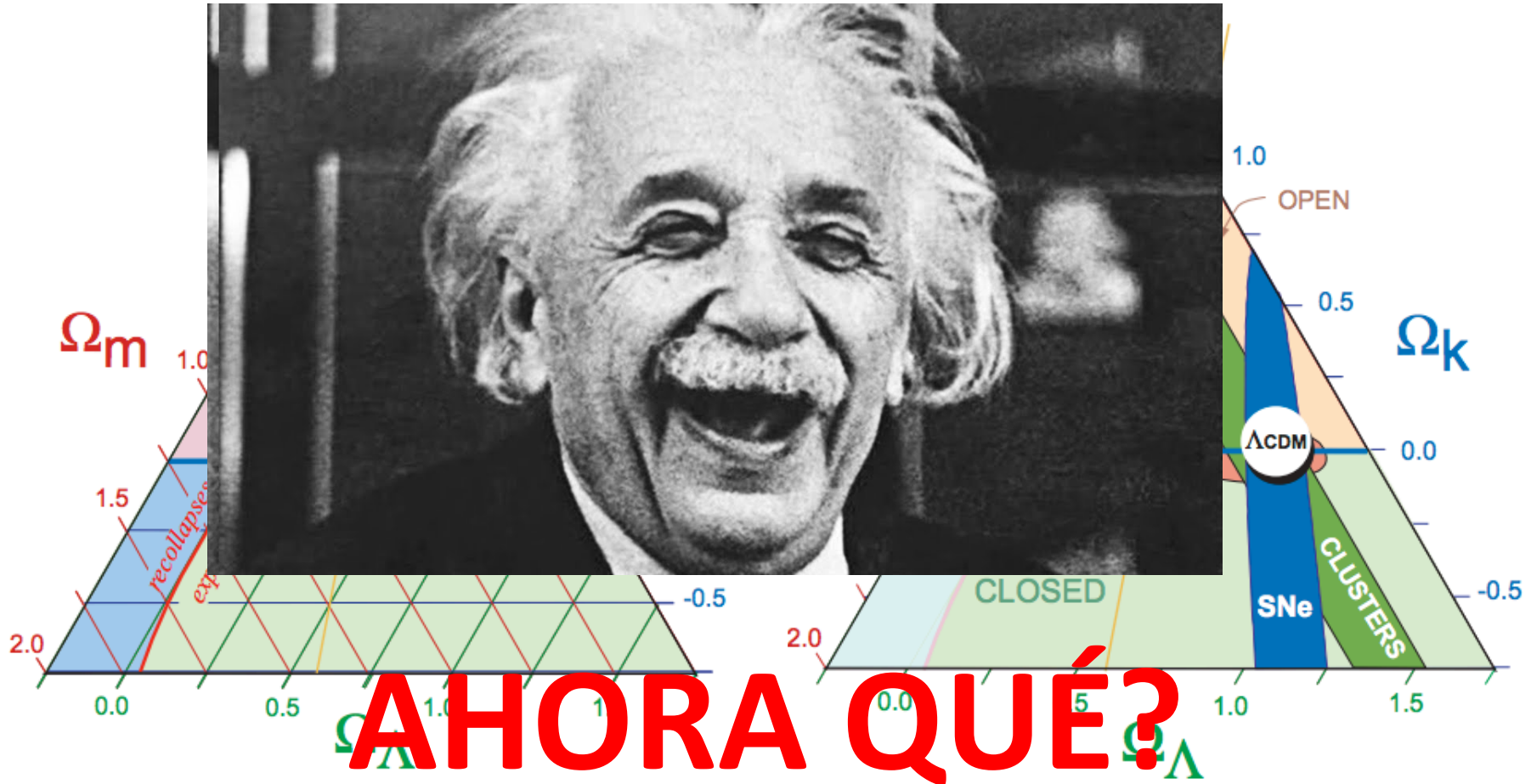
ENERGÍA OSCURA



Energía Oscura y Universo Plano

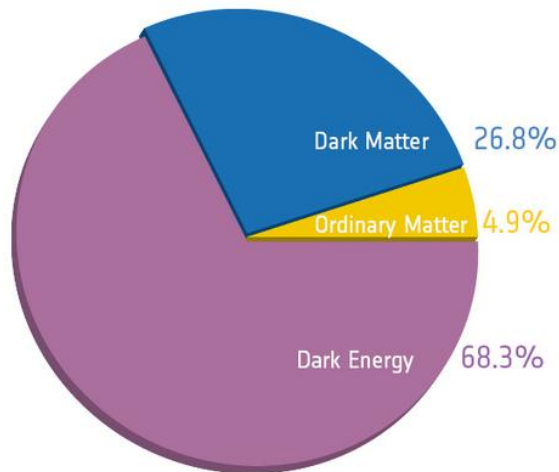


Energía Oscura y Universo Plano



Cómo están las cosas

- Modelo estándar de cosmología: Λ CDM



Relatividad General

Geometría plana

Materia oscura fría

Constante cosmológica

- Sólo 6 parámetros para ajustar toda la cosmología

Cómo están las cosas

Energía oscura: Constante cosmológica?

Fuerza repulsiva que se opone a la gravedad

Fluido de presión negativa

Entendida como energía de vacío

~120 órdenes de magnitud menor que la energía de vacío deducida de QFT



Energía oscura dinámica?

Gravedad modificada?

WANTED



DARK ENERGY

Cómo acercarse?

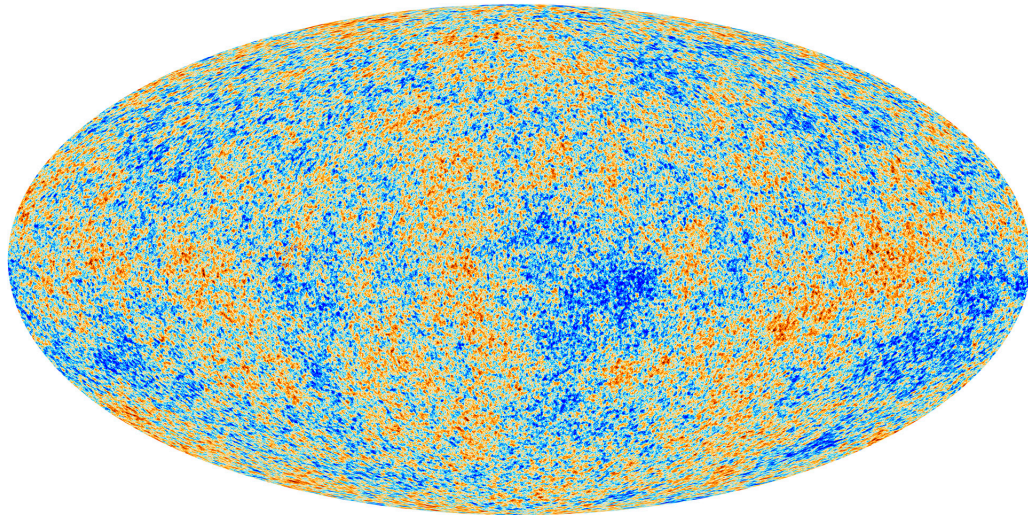


Fondo de radiación de microondas

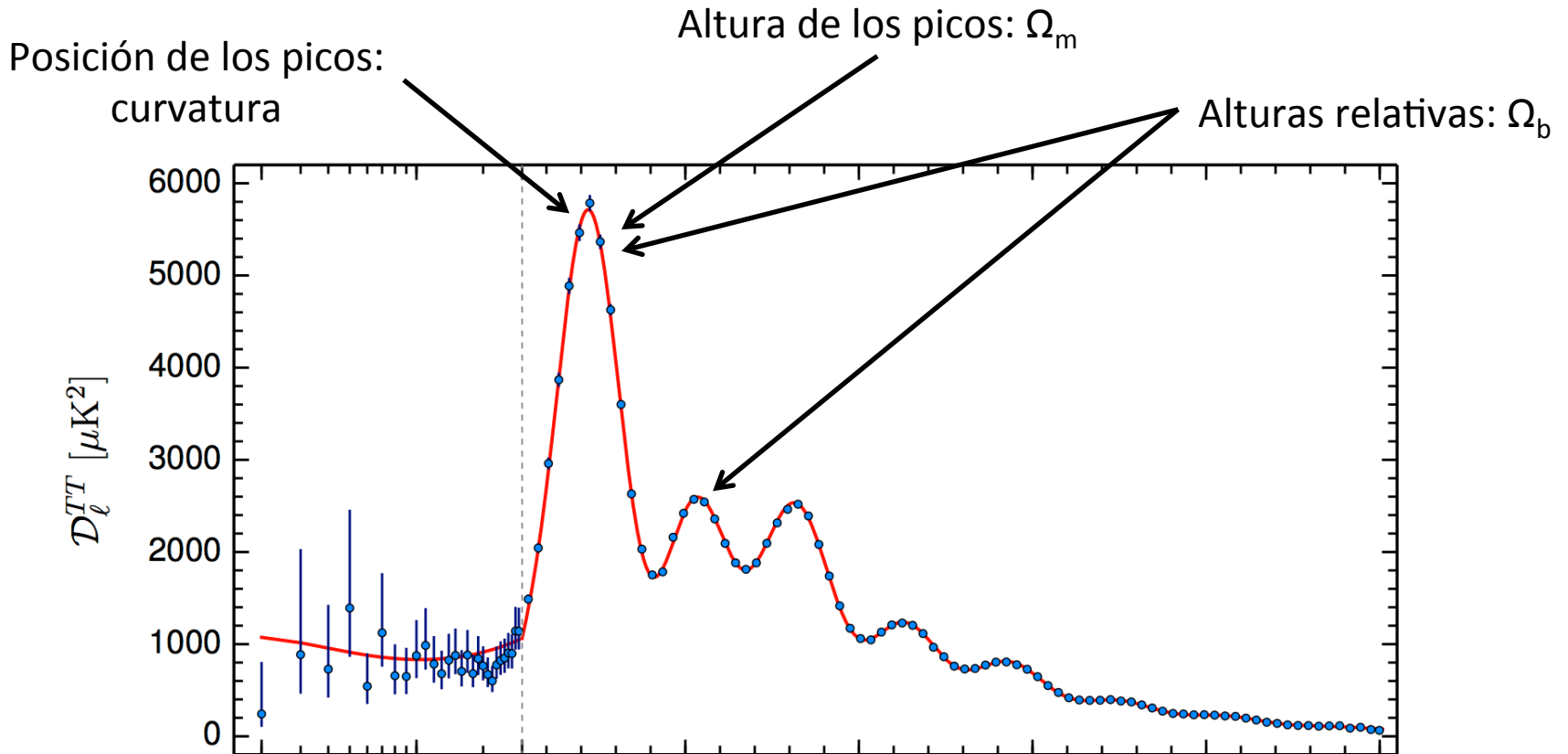
- $t < 380.000$ años: plasma de electrones, protones y fotones
- Recombinación = átomos de hidrógeno = fotones libres
- CMB: foto del momento de la última interacción

La luz más antigua que recibimos, enfriada a 2.7 K!

- Muy homogéneo e isótropo: variaciones en $\sim 10^{-5}$ K



Fondo de radiación de microondas

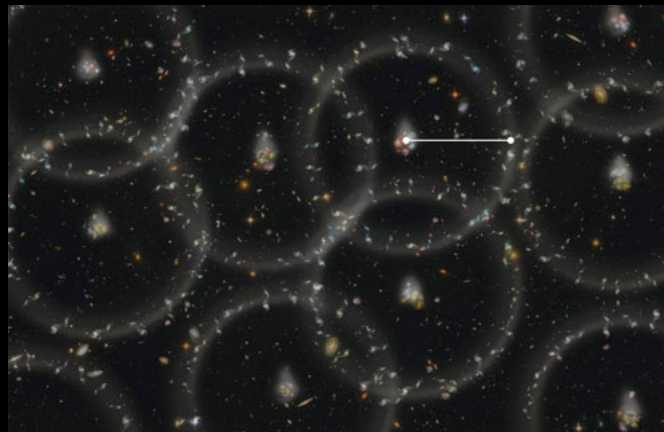


- Lensing, evolución del potencial, Universo temprano, etc.

Oscilaciones Acústicas de Bariones

- Antes de recombinación, 3 elementos:
 - Materia oscura: atracción gravitatoria
 - Materia bariónica: gravedad e interacción con fotones
 - Fotones: presión de radiación sobre los bariones

Onda de densidad propagándose → Sobredensidades esféricas

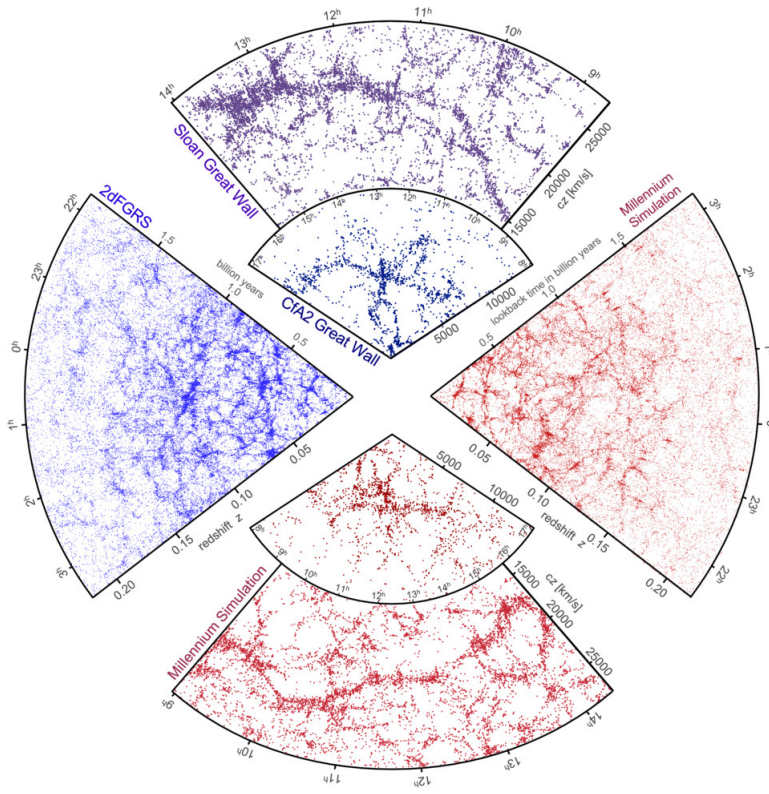


Oscilaciones Acústicas de Bariones

- Estos picos de densidad se pueden observar en la distribución de galaxias: regla estándar
- Con BAO y SN: Reconstrucción de la historia de expansión del Universo

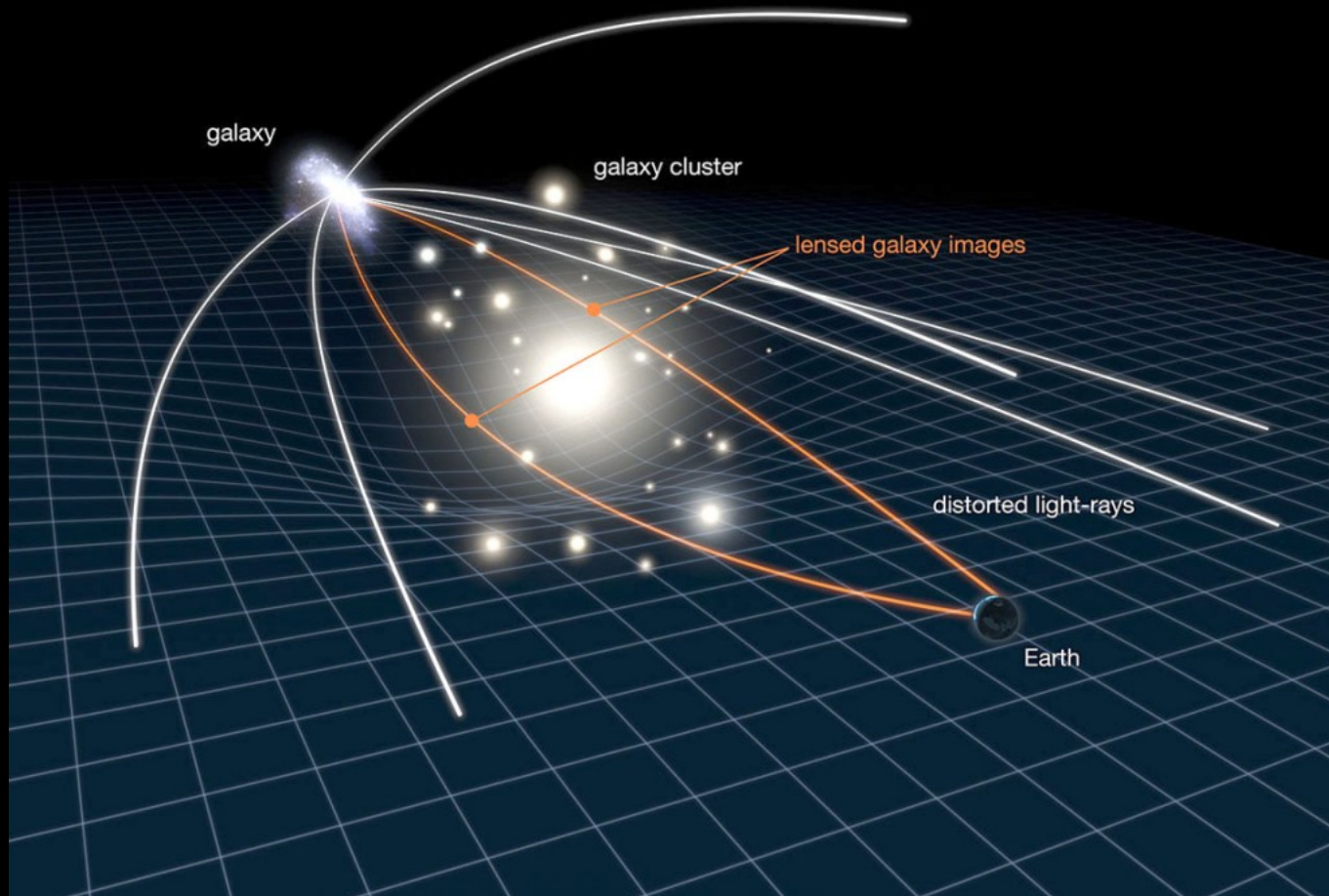


Surveys de Galaxias

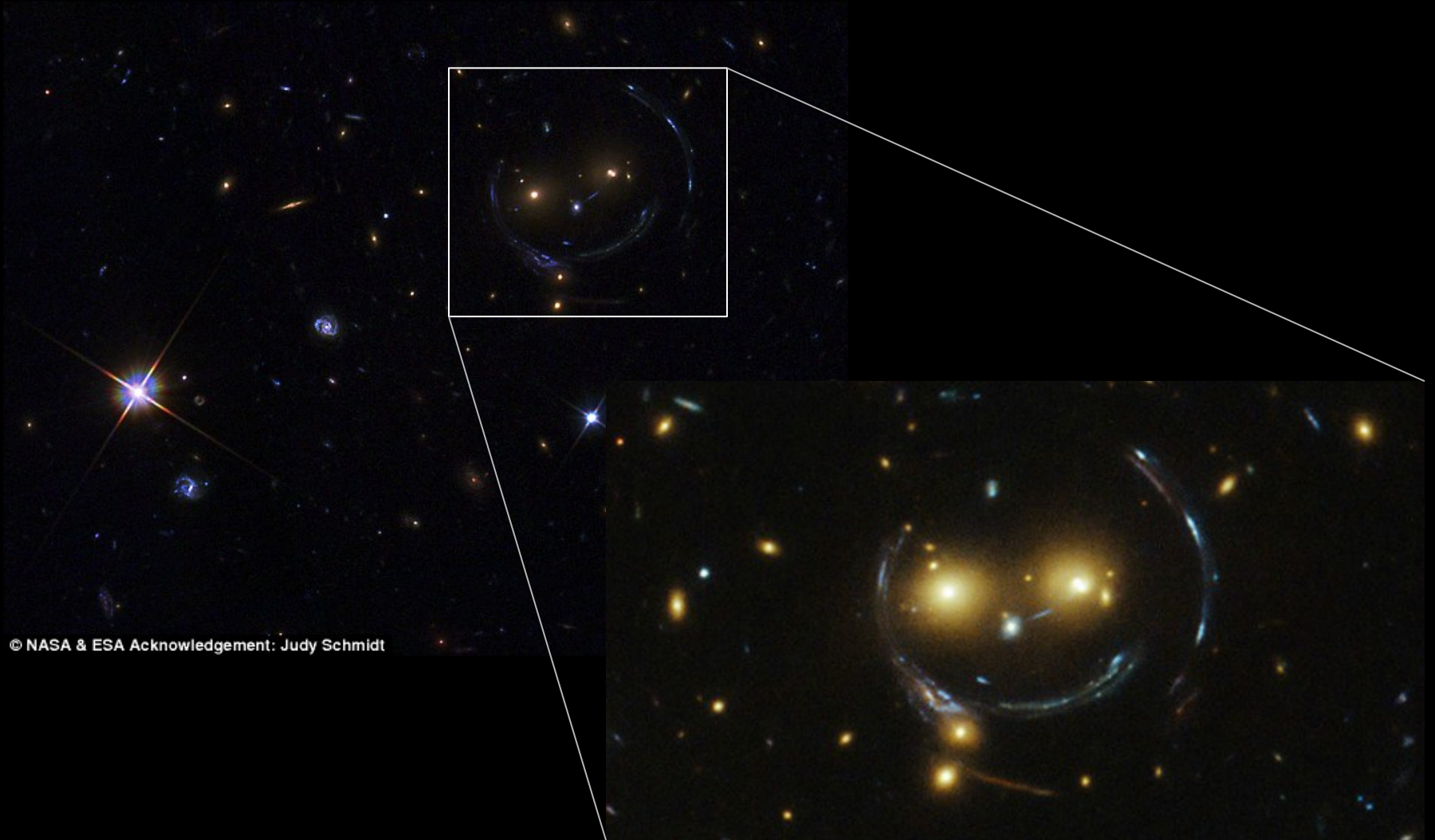


- Galaxias como trazador de materia
- Simulaciones: verificación y estadística
- Mapa de la distribución de galaxias
- Funciones de correlación y power spectrum
- Fit a modelos teóricos
- Fit a modelo cosmológico

Lentes gravitacionales

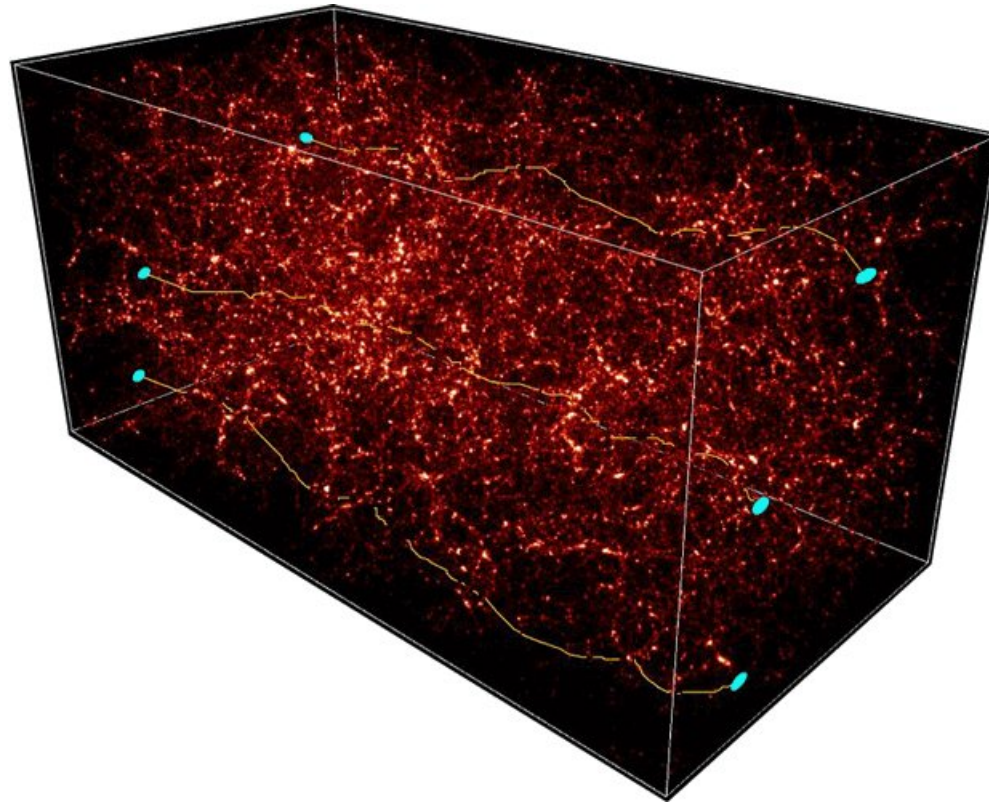


Lentes gravitacionales



Weak Lensing

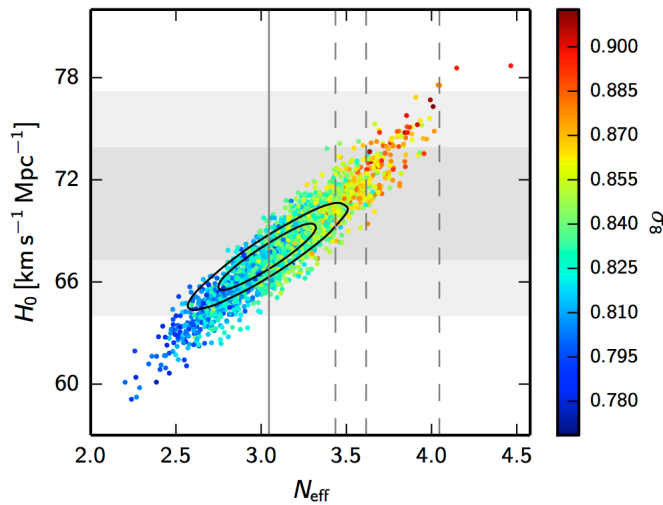
Correlaciones estadísticas en la forma de las galaxias de fondo permiten reconstruir la distribución de materia



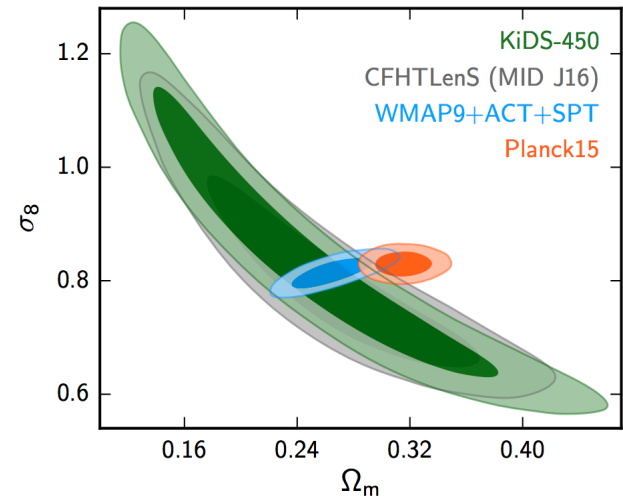
Todo a la batidora y...

Modelos cosmológicos vs. Datos experimentales

Parámetros cosmológicos



Tensiones entre experimentos



Selección de modelos

The trouble with H_0

José Luis Bernal^{a,b} Licia Verde^{a,c,d,e,f} Adam G. Riess^{g,h}

^aICC, University of Barcelona, IEEC-UB, Martí i Franquès, 1, E08028 Barcelona, Spain

^bDept. de Física Quàntica i Astrofísica, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1, E08028 Barcelona, Spain

^cICREA, Pg. Llus Companys 23, 08010 Barcelona, Spain

^dRadcliffe Institute for Advanced Study, Harvard University, MA 02138, USA

^eInstitute of Theoretical Astrophysics, University of Oslo, 0315, Oslo, Norway

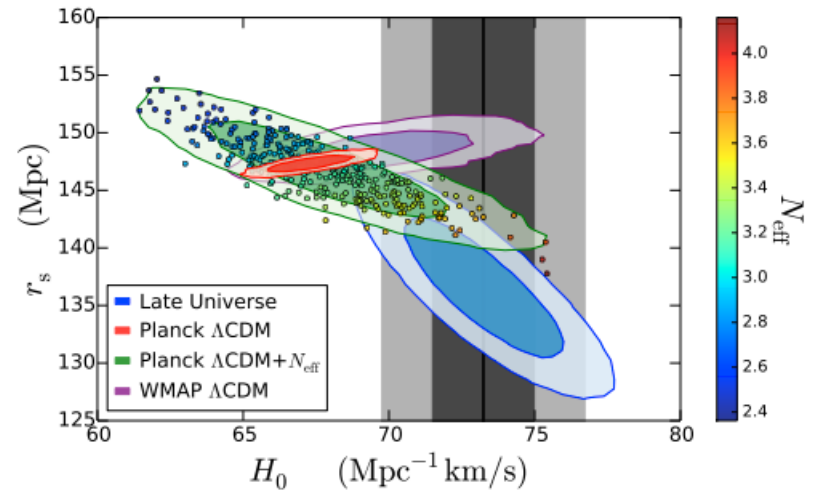
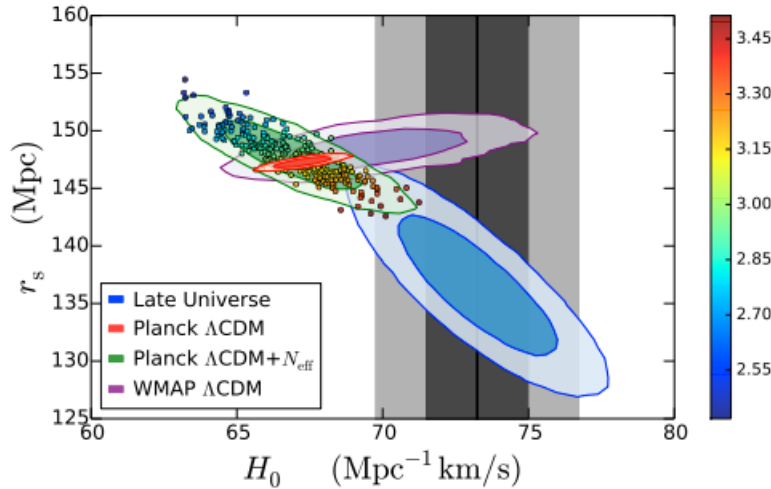
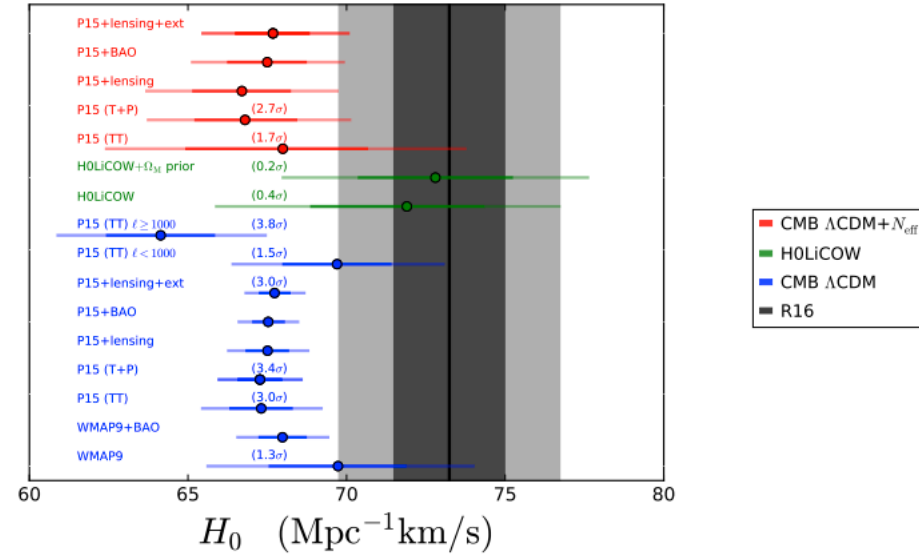
^fInstitute for Theory and Computation, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA

^gDepartment of Physics and Astronomy, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21218

^hSpace Telescope Science Institute, 3700 San Martin Drive, Baltimore, MD 21218

E-mail: joseluis.bernal@icc.ub.edu, ariess@stsci.edu, liciverde@icc.ub.edu

Abstract. We perform a comprehensive cosmological study of the H_0 tension between the direct local measurement and the model-dependent value inferred from the Cosmic Microwave Background. With the recent measurement of H_0 this tension has raised to more than 3σ . We consider changes in the early time physics without modifying the late time cosmology. We also reconstruct the late time



Cómo he llegado hasta aquí

Grado en Física en la UAM

TFG simulaciones DE dinámica

Máster en Física Teórica

TFM test de consistencia de GR

Doctorado en la UB

