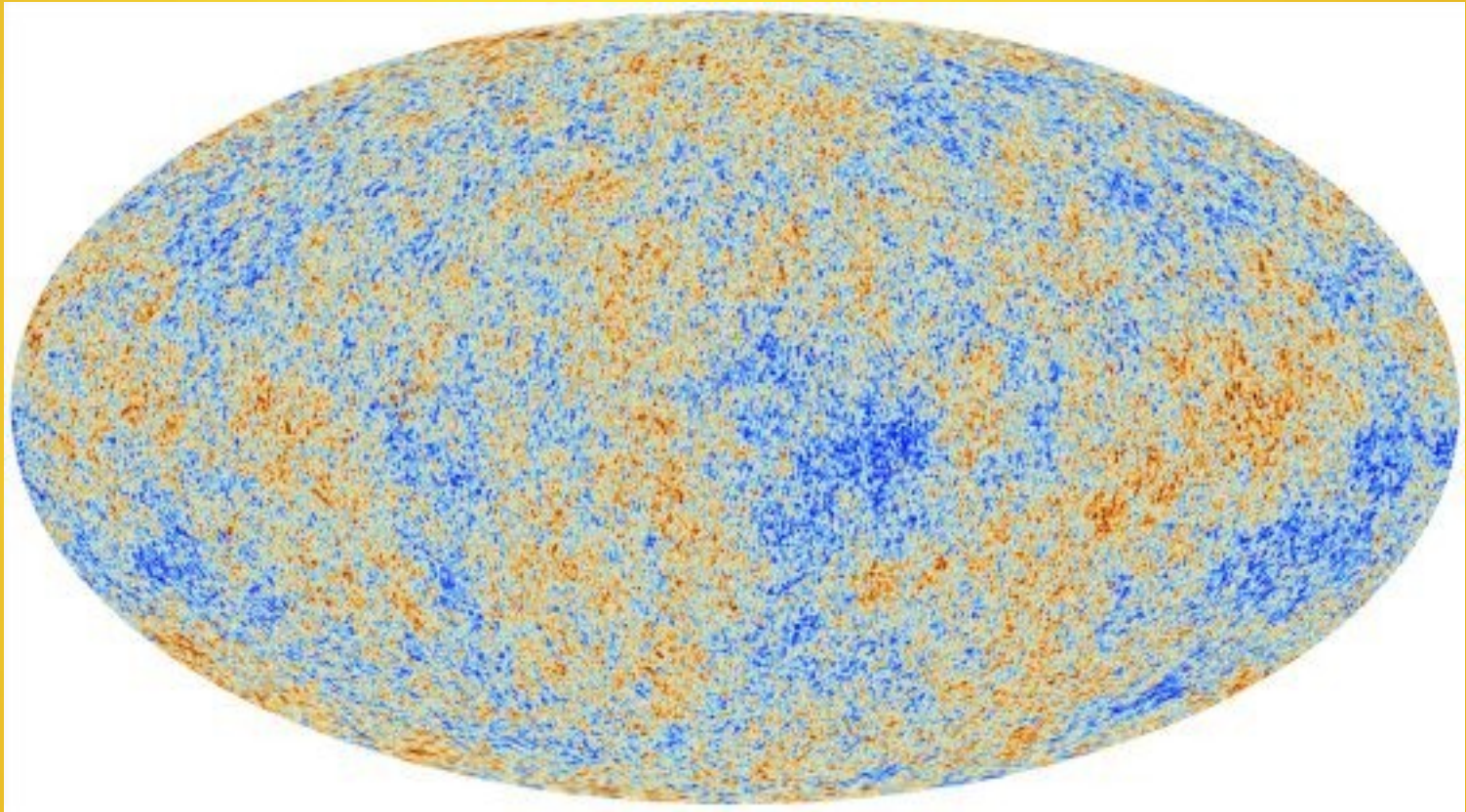


La foto más antigua



Planck. Parque Ciencias. 2013

Una nueva concepción del Universo

2013

Los resultados de la misión espacial

Planck

Eduardo Battaner

Dpto. Física Teórica y del Cosmos

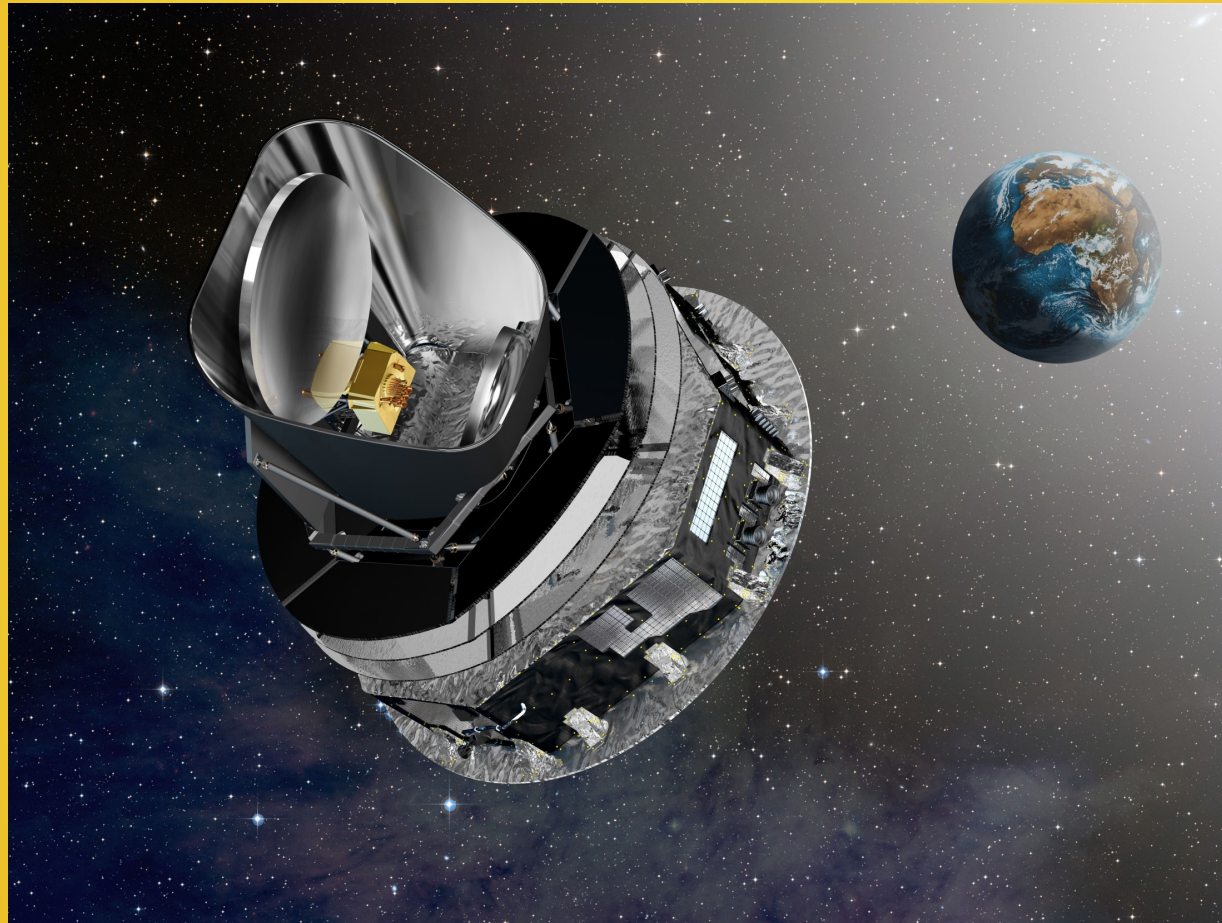
Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional



Planck. Parque Ciencias. 2013



Planck. Parque Ciencias. 2013



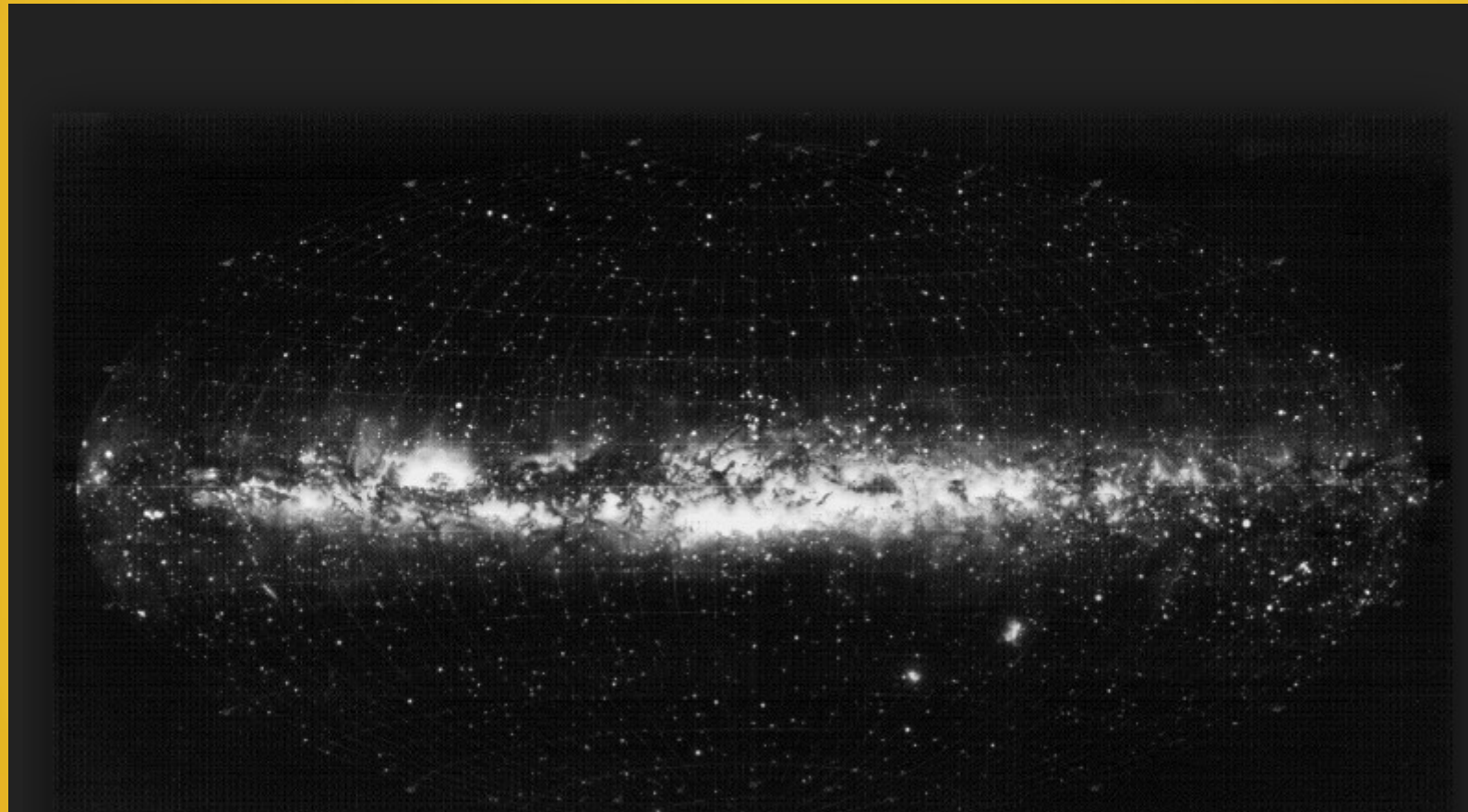
Planck. Parque Ciencias. 2013



Planck. Parque Ciencias. 2013



Planck. Parque Ciencias. 2013



Planck. Parque Ciencias. 2013

Podemos ver el pasado
Directamente

CMB

Cosmic Microwave Background

Fondo cósmico de microondas

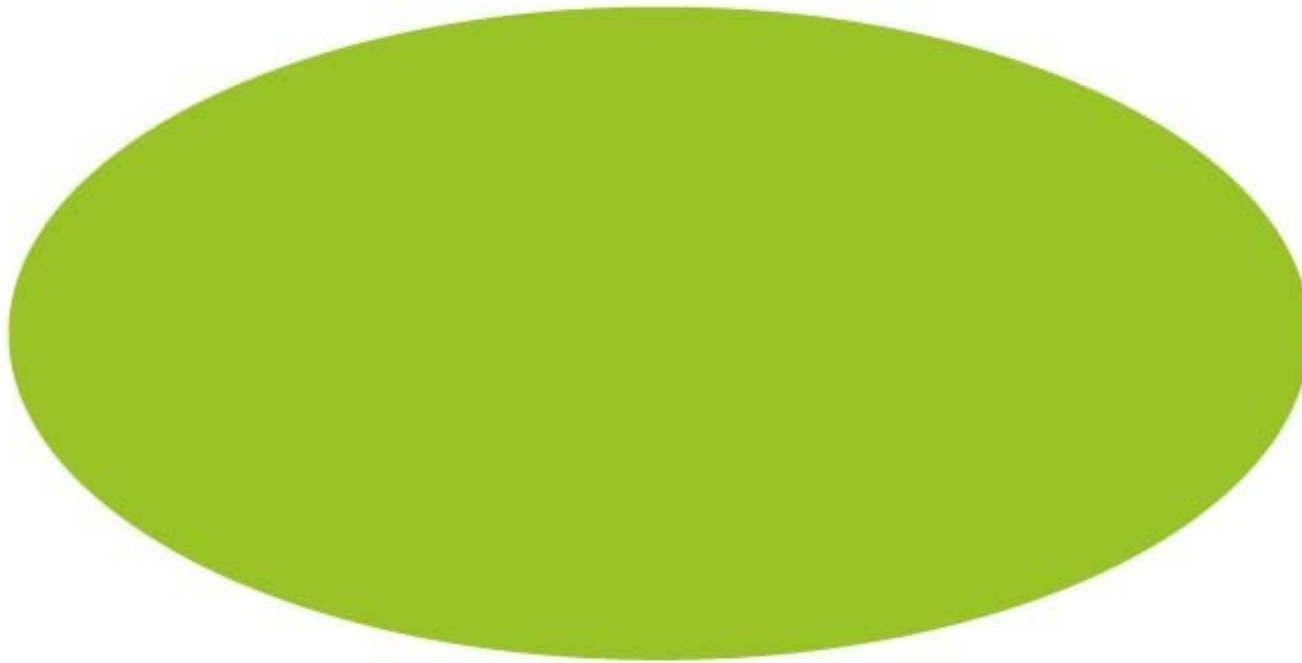
Lo que ocurrió 380.000 años tras el Big-Bang
 $z=1100$

También...

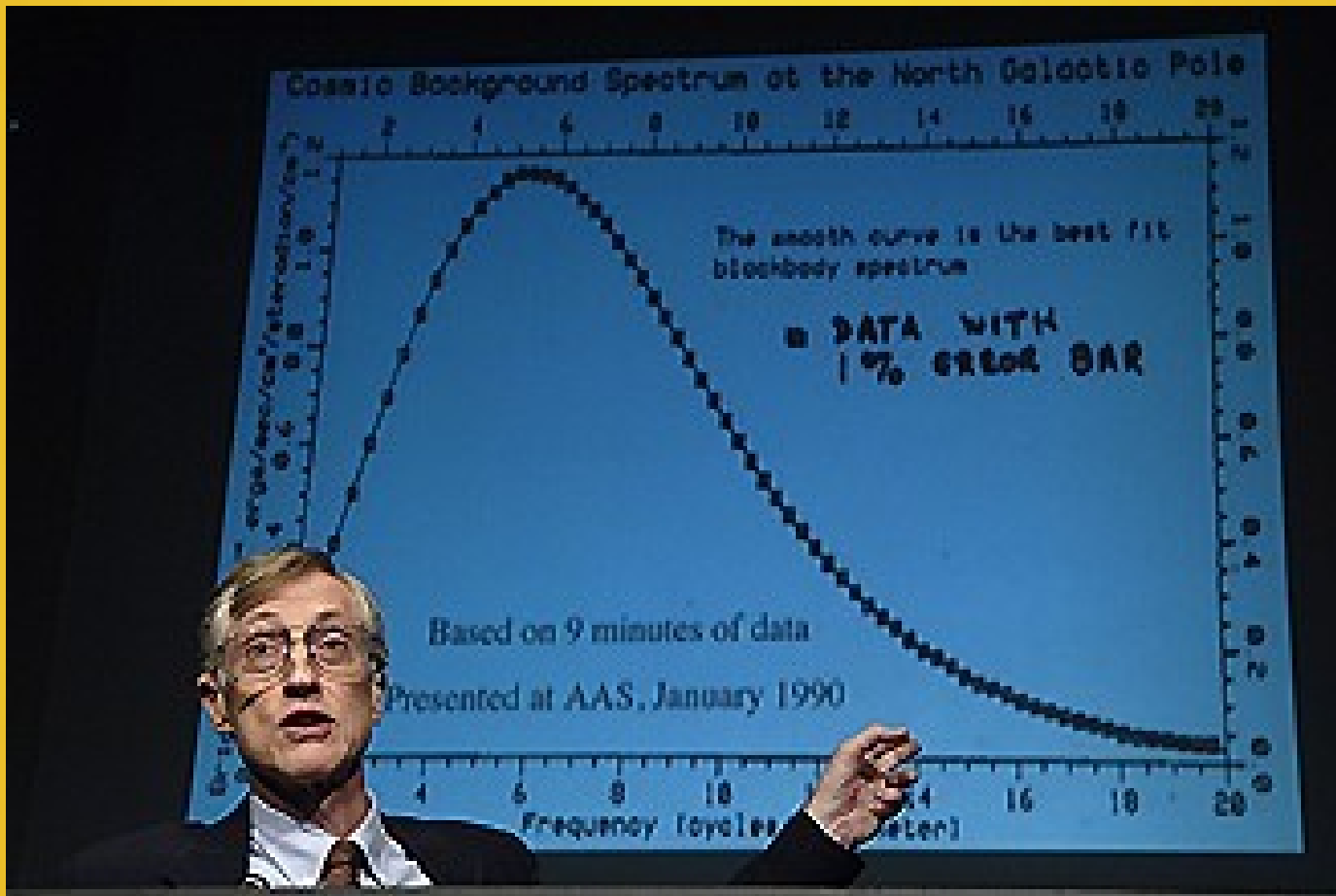
Vía Láctea
Cúmulos de galaxias

...

ISOTROPY OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND



MAP990004



Planck (ESA)

Lanzamiento: 2009

HFI murió en enero de 2012

LFI murió en enero de 2013

En marzo se publicaron “casi” todos los resultados cosmológicos

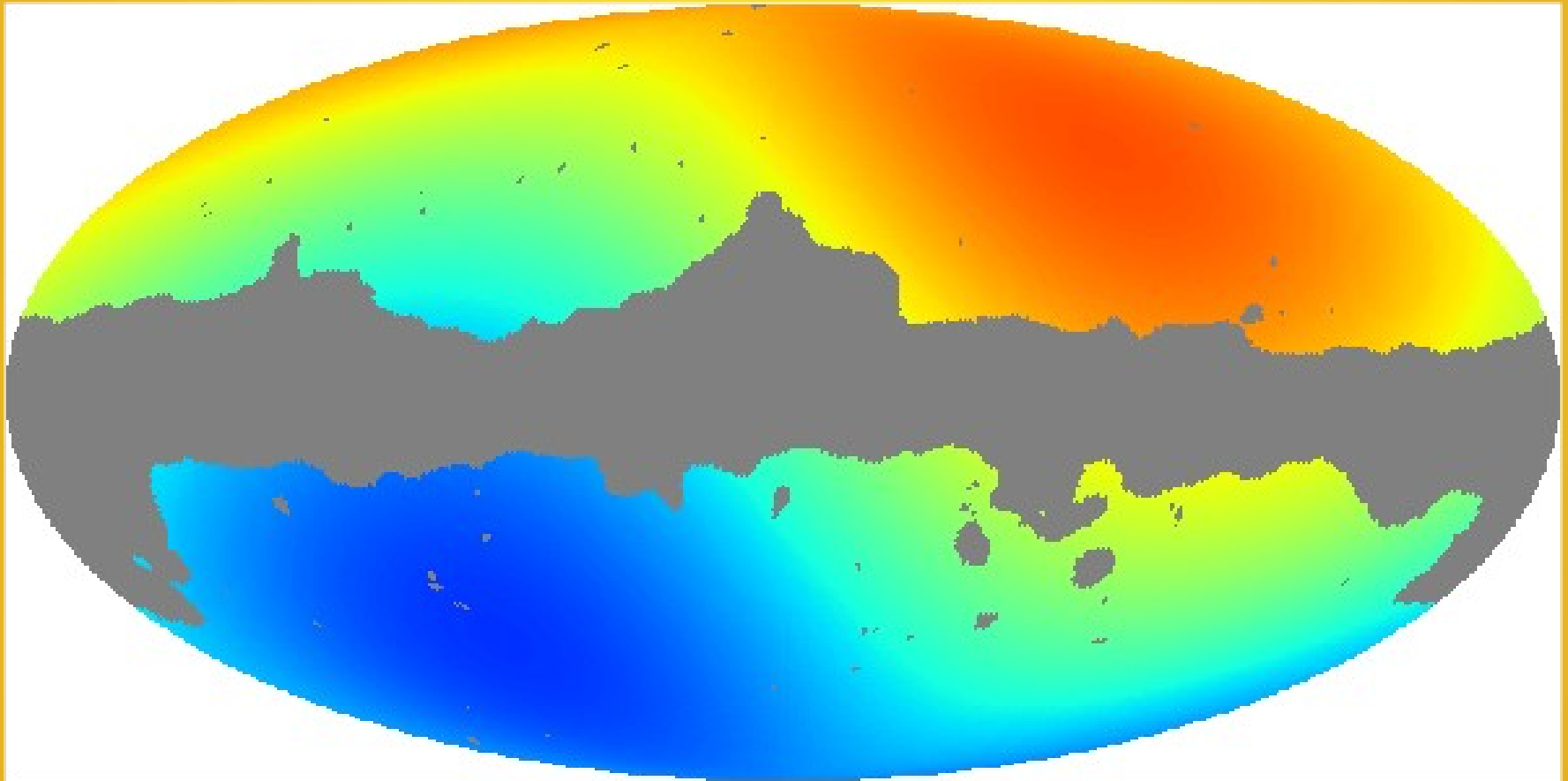
Características

Frecuencia de giro: 1 minuto

Telescopio: 1.5 m

Situación: Punto de Lagrange L2.

Temperatura del detector: 0,1K



Planck. Parque Ciencias. 2013

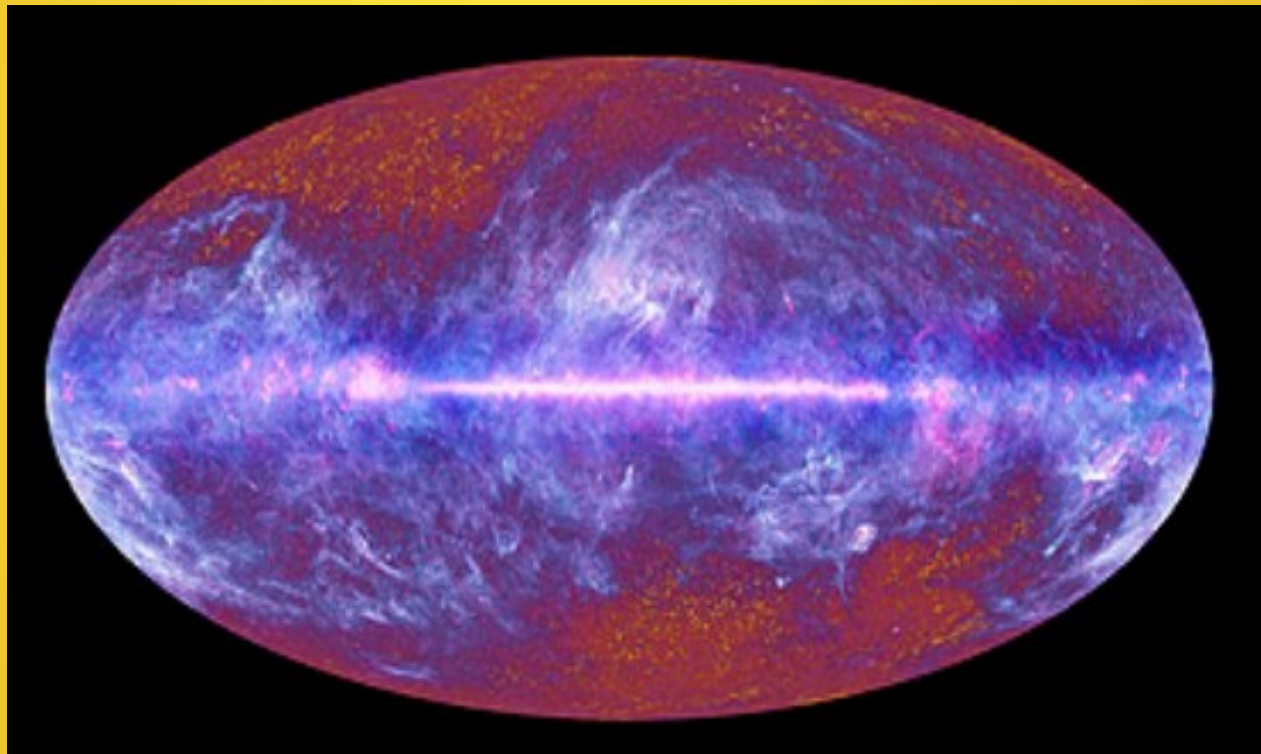
Anisotropía dipolar

Nuestra velocidad con respecto al sistema descomunal de la Radiación Cósmica de Microondas (CMB)

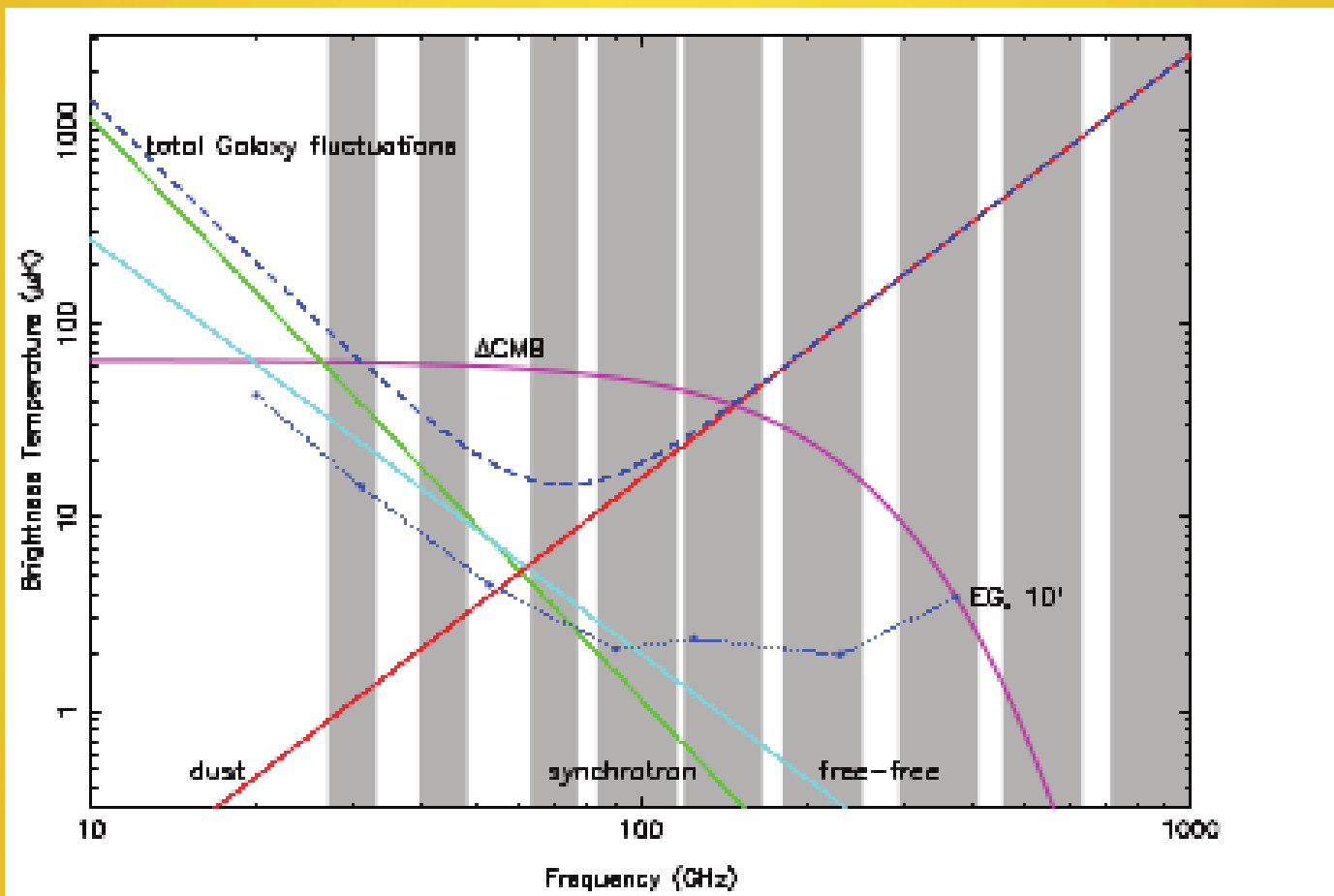
A 369 km/s

Hacia $(l,b) = (263,99^\circ, 48,26^\circ)$

(entre Crater y Leo)



Planck. Parque Ciencias. 2013



Radiación sincrotrón

Los electrones de los rayos cósmicos se mueven girando en torno a las líneas del campo magnético.

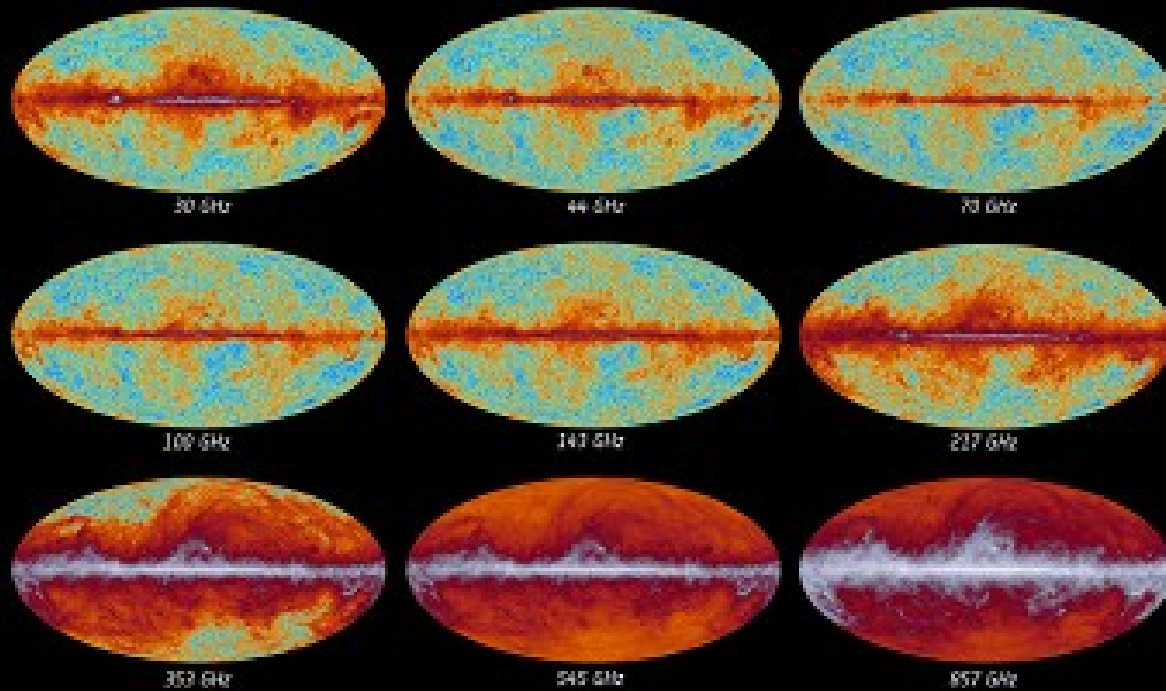
El giro supone una aceleración.

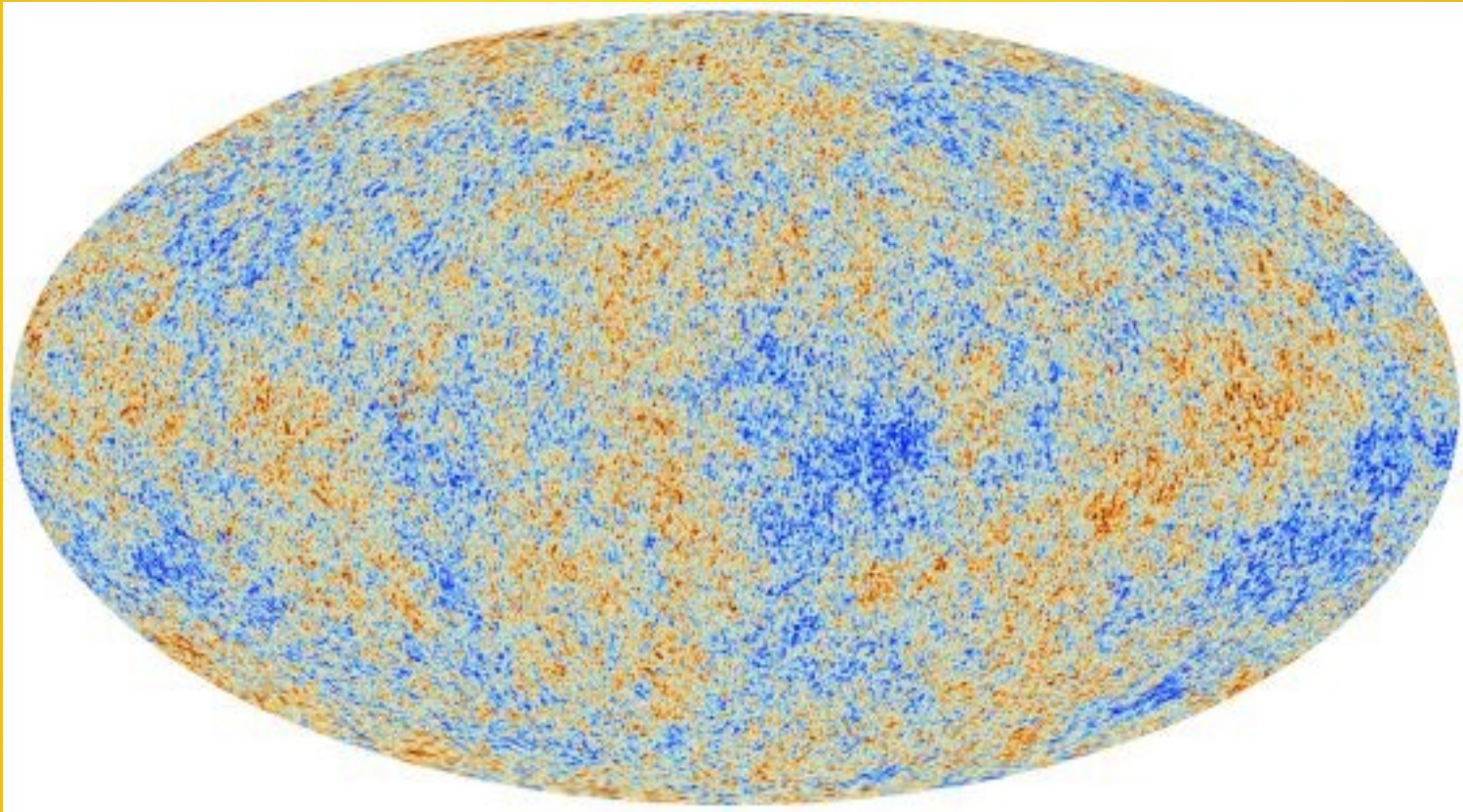
Un electrón acelerado emite radiación.



planck

The sky as seen by Planck





Planck. Parque Ciencias. 2013

Espectro de anisotropías

Cómo es de frecuente
el tamaño de una
anisotropía

El sonido

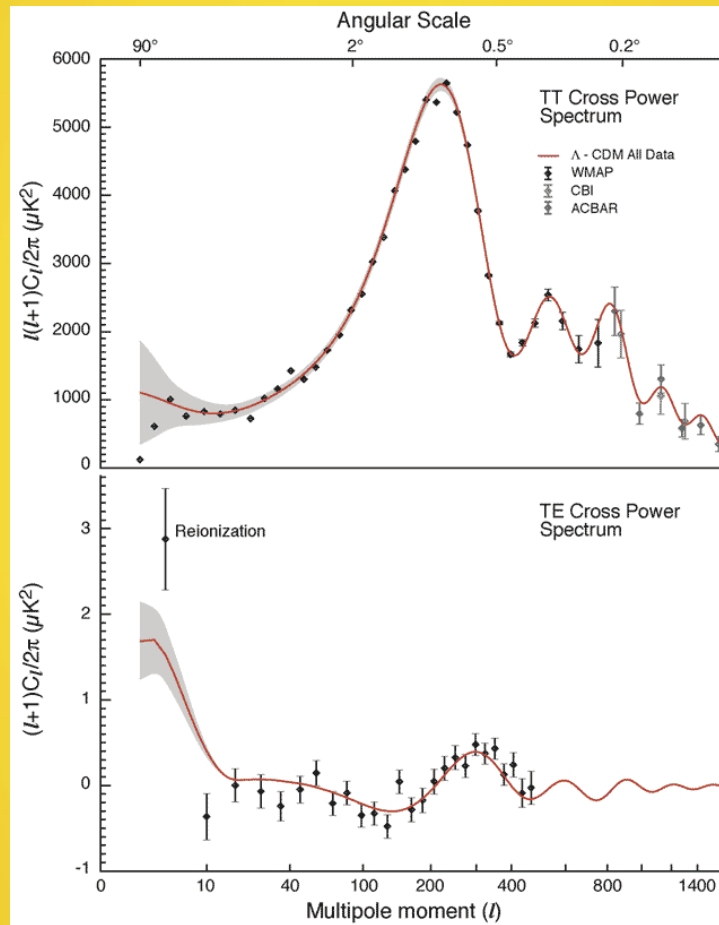
Observamos el sonido
380.000 años tras el
Big-Bang

Vemos el sonido

...

...

El sonido de la luz



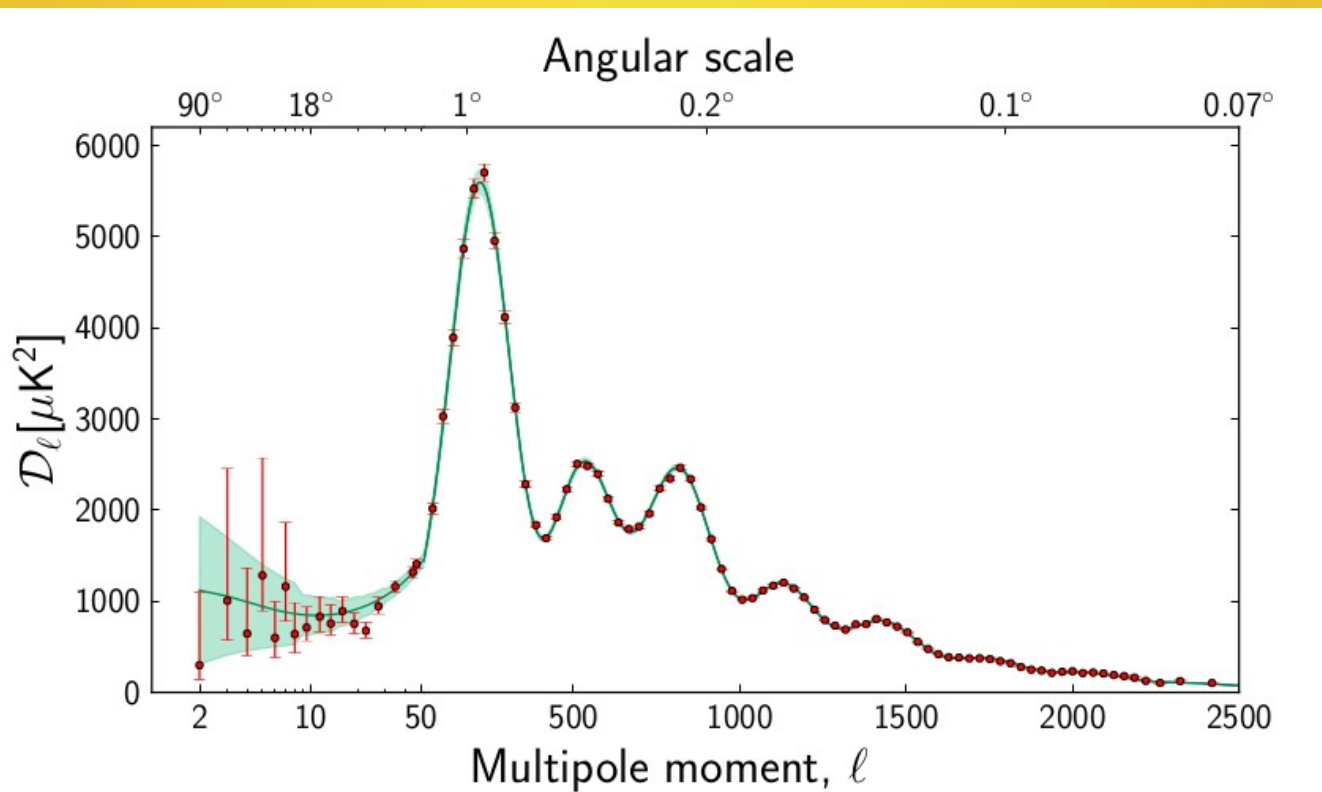
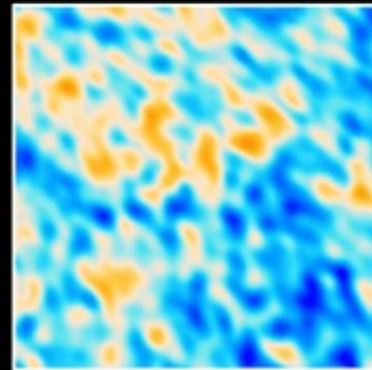
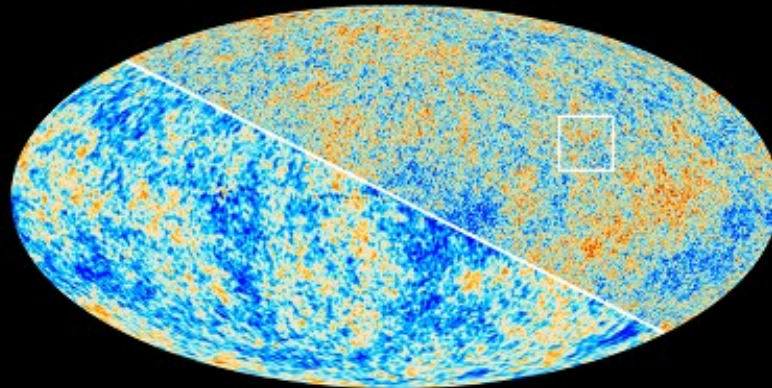


Figure 37. The 2013 *Planck* CMB temperature angular power spectrum. The error bars include cosmic variance, whose magnitude is indicated by the green shaded area around the best fit model. The low- l values are plotted at 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.5, 11.5, 13.5, 16, 19, 22.5, 27, 34.5, and 44.5.

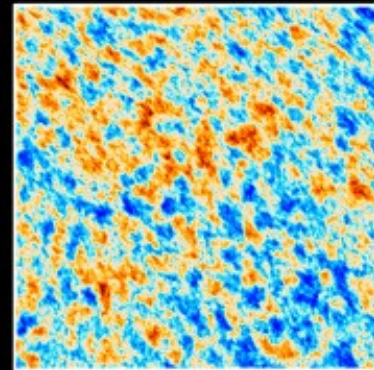
Sachs-Wolfe

Para escalas
mayores que 1°
estamos observando
condiciones iniciales

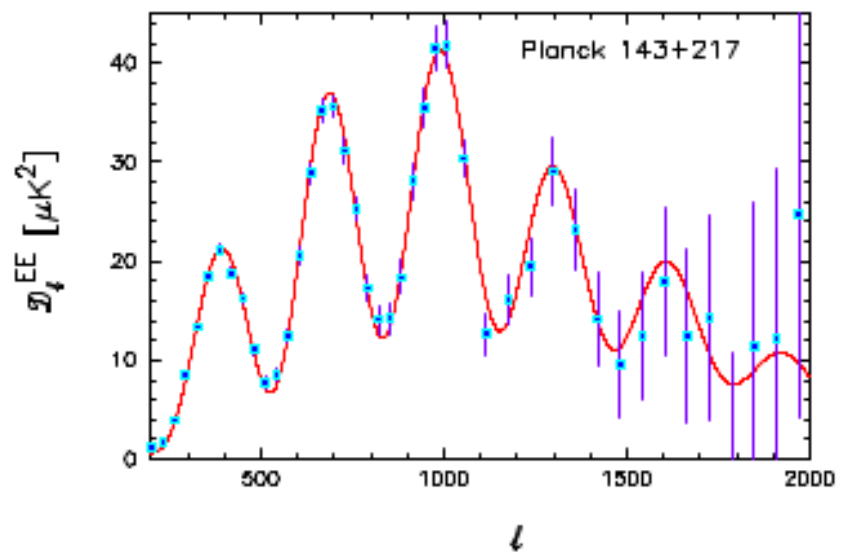
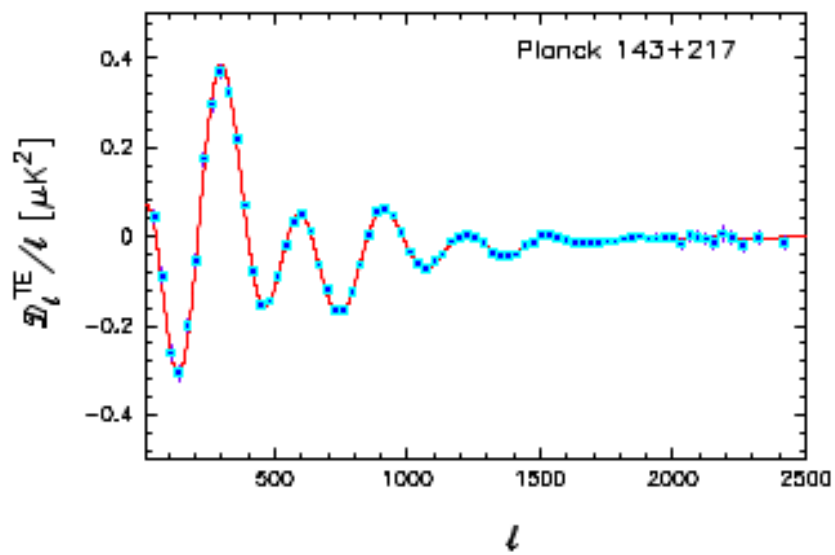
The Cosmic Microwave Background as seen by Planck and WMAP



WMAP



Planck



Campo magnético primordial

El campo magnético se puede determinar (o poner valores máximos) porque:

- _ Modifica el espectro de anisotropías
- _ Puede haber ondas de Alfvén
- _ Produce rotación de Faraday

Rotación de Faraday

Michel Faraday (1791-1867) demostró que el plano de polarización lineal giraba al atravesar un campo magnético.

...

Así podría detectarse el campo magnético en un medio tan lejano

$z=1100$



Base Λ CDM model 6 parameters



Parameter	<i>Planck</i> (CMB+lensing)		<i>Planck</i> +WP+highL+BAO	
	Best fit	68 % limits	Best fit	68 % limits
$\Omega_b h^2$	0.022242	0.02217 ± 0.00033	0.022161	0.02214 ± 0.00024
$\Omega_c h^2$	0.11805	0.1186 ± 0.0031	0.11889	0.1187 ± 0.0017
$100\theta_{MC}$	1.04150	1.04141 ± 0.00067	1.04148	1.04147 ± 0.00056
τ	0.0949	0.089 ± 0.032	0.0952	0.092 ± 0.013
n_s	0.9675	0.9635 ± 0.0094	0.9611	0.9608 ± 0.0054
$\ln(10^{10} A_s)$	3.098	3.085 ± 0.057	3.0973	3.091 ± 0.025

The sound horizon, θ , determined by the positions of the peaks, is now determined with 0.05% precision

(links together $\Omega_b h^2$, $\Omega_c h^2$, H_0)

$$\theta_s = (1.04148 \pm 0.00066) \times 10^{-2} = 0.596724^\circ \pm 0.00038''$$

Exact scale invariance of the primordial fluctuations is ruled out, at more than 7σ

(as predicted by base inflation models)

La gran conclusión

Λ CDM

El Universo no tiene curvatura

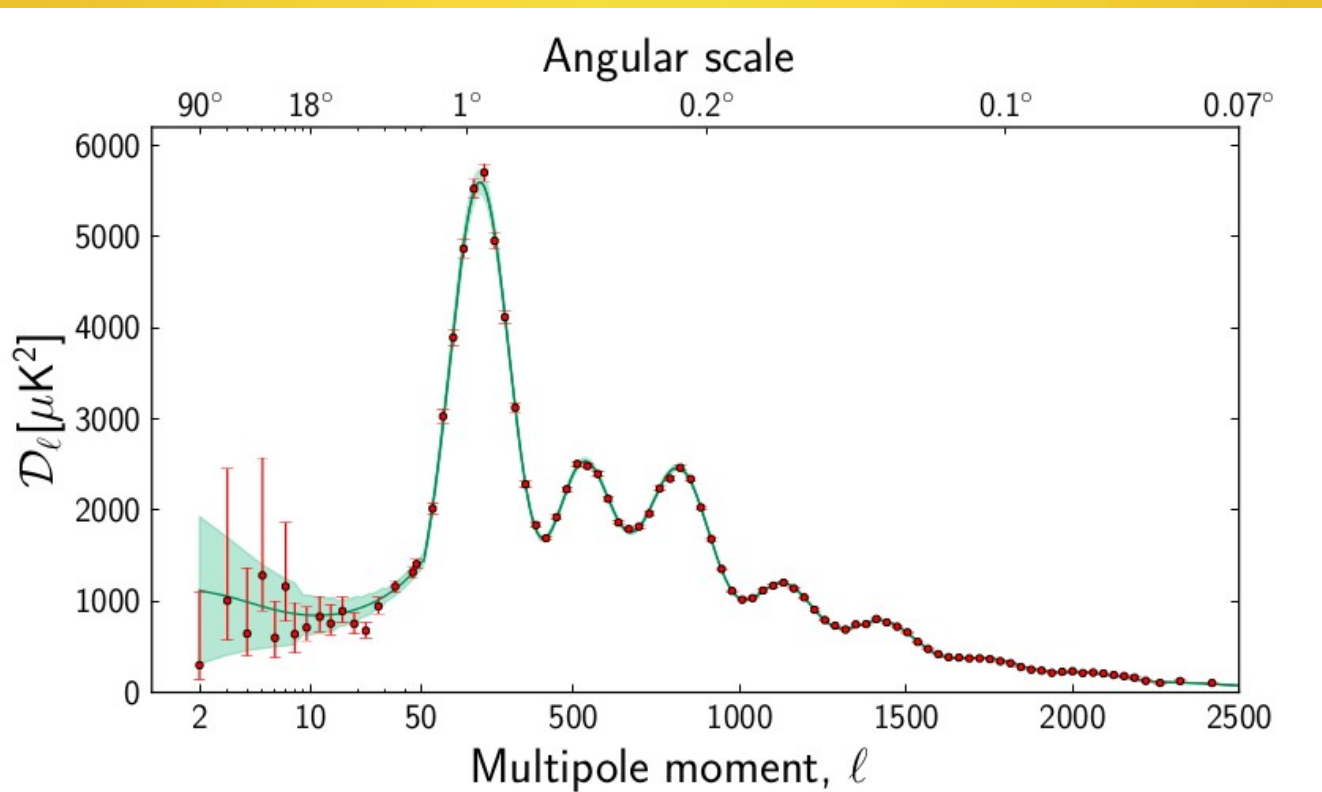
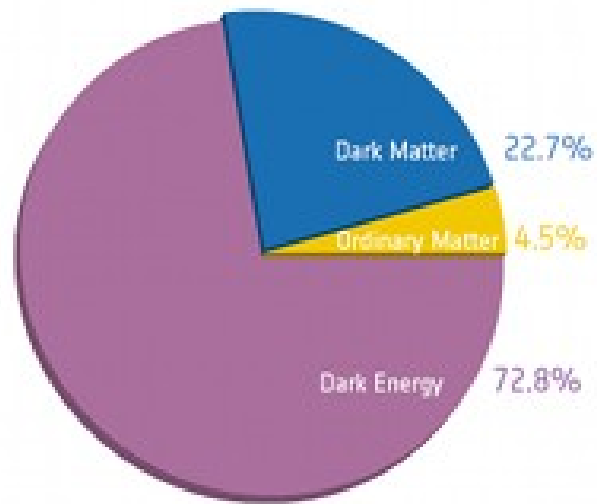
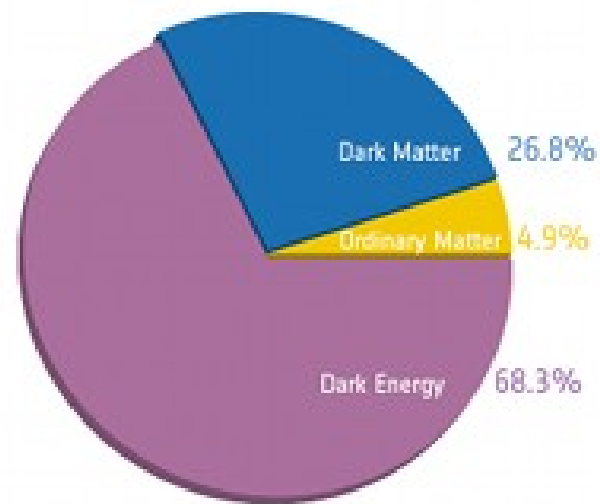


Figure 37. The 2013 *Planck* CMB temperature angular power spectrum. The error bars include cosmic variance, whose magnitude is indicated by the green shaded area around the best fit model. The low- ℓ values are plotted at 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.5, 11.5, 13.5, 16, 19, 22.5, 27, 34.5, and 44.5.

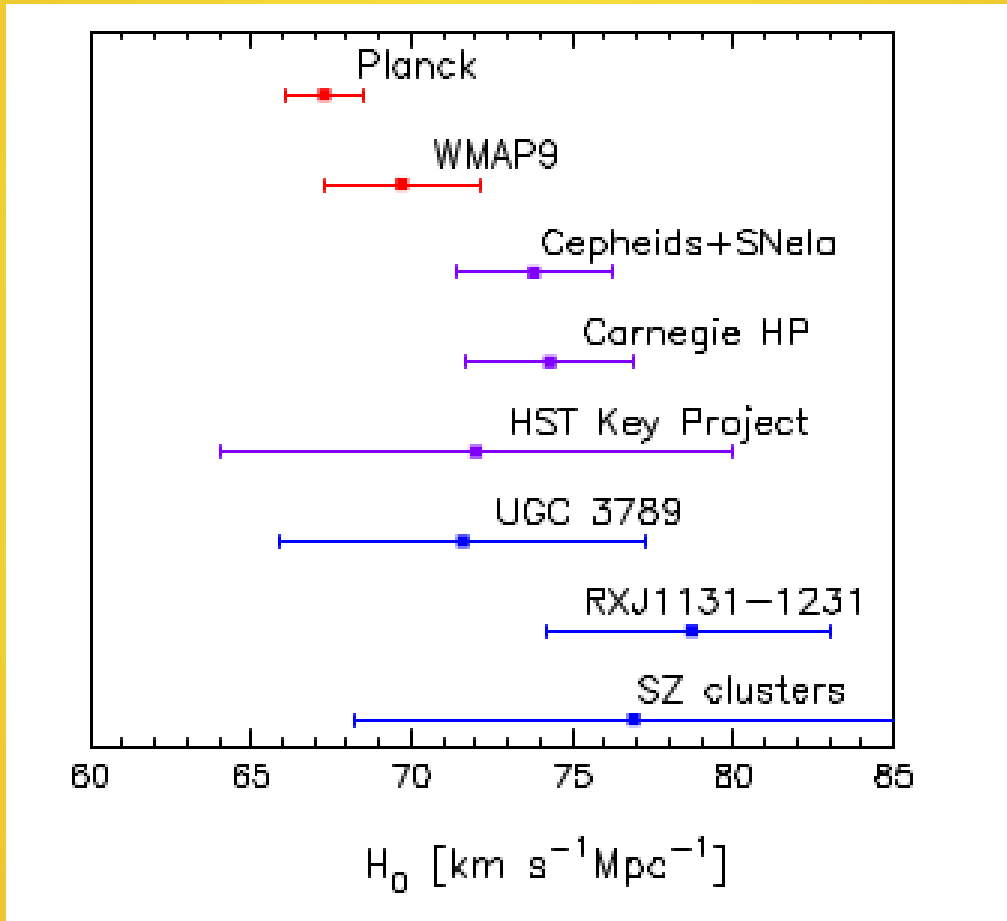


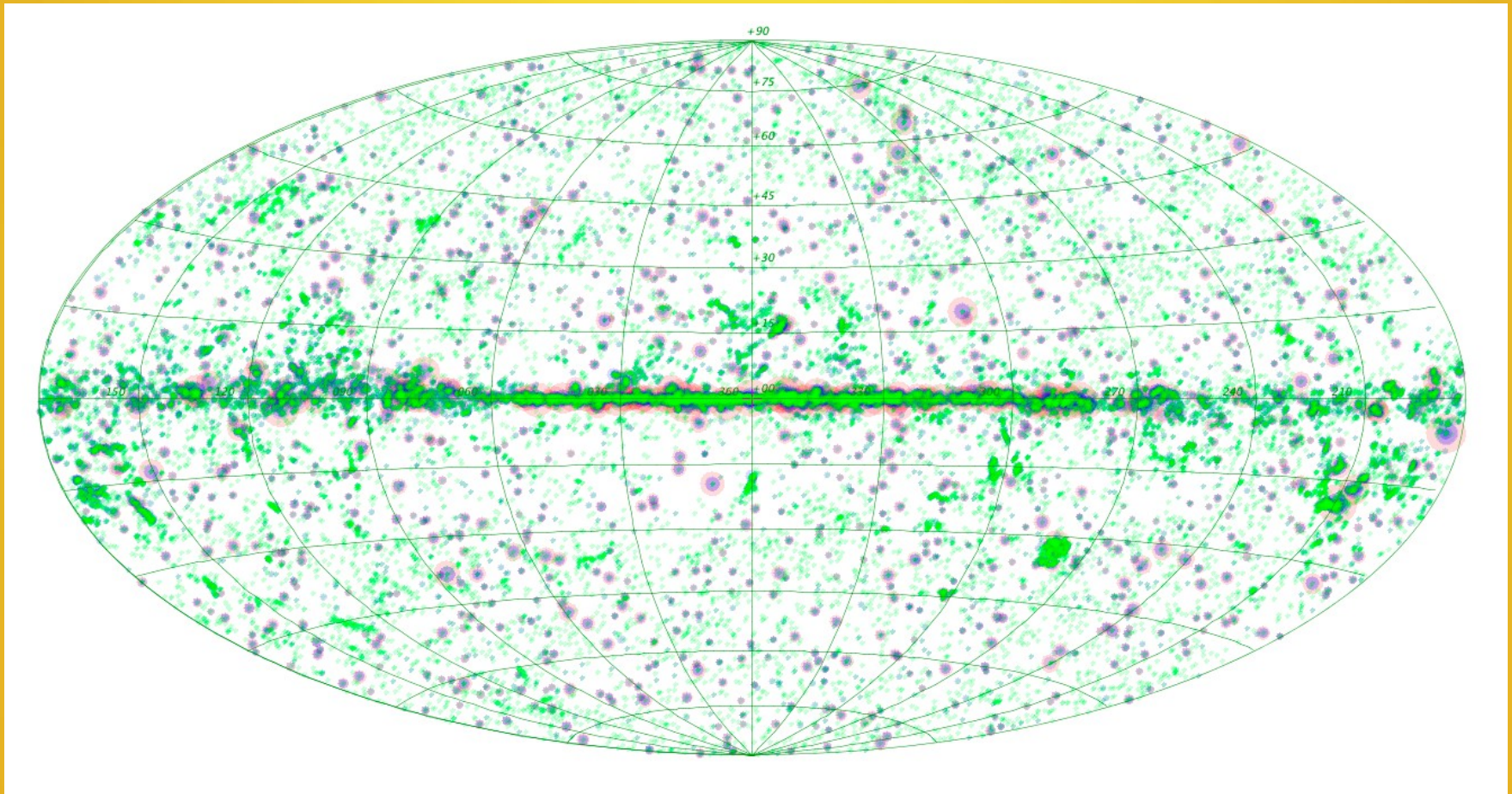
Before Planck



After Planck

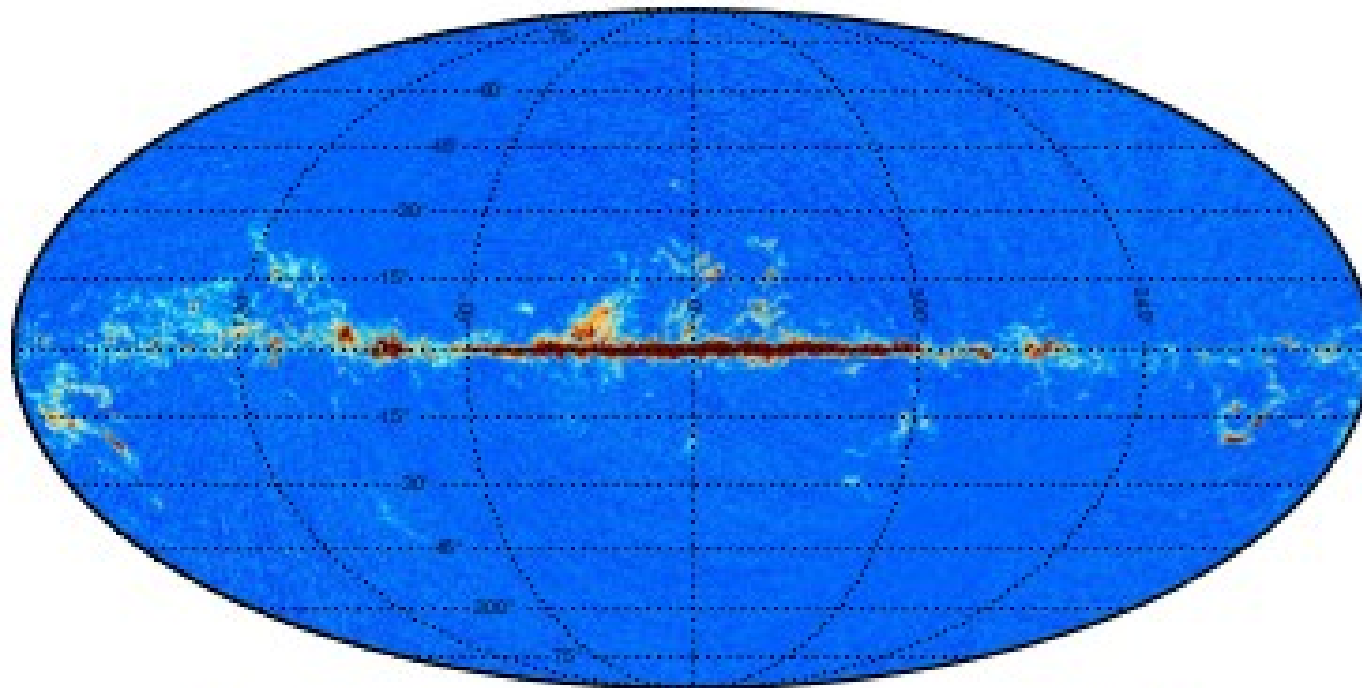
Parameter	<i>Planck</i>		<i>Planck+ WP</i>	
	Best fit	68% limits	Best fit	68% limits
$\Omega_b h^2$	0.022068	0.02207 ± 0.00033	0.022032	0.02205 ± 0.00028
$\Omega_c h^2$	0.12029	0.1196 ± 0.0031	0.12038	0.1199 ± 0.0027
$100\theta_{MC}$	1.04122	1.04132 ± 0.00068	1.04119	1.04131 ± 0.00063
τ	0.0925	0.097 ± 0.038	0.0925	$0.089^{+0.012}_{-0.014}$
n_s	0.9624	0.9616 ± 0.0094	0.9619	0.9603 ± 0.0073
$\ln(10^{10} A_s)$	3.098	3.103 ± 0.072	3.0980	$3.089^{+0.024}_{-0.027}$
Ω_Λ	0.6825	0.686 ± 0.020	0.6817	$0.685^{+0.018}_{-0.016}$
Ω_m	0.3175	0.314 ± 0.020	0.3183	$0.315^{+0.016}_{-0.018}$
σ_8	0.8344	0.834 ± 0.027	0.8347	0.829 ± 0.012
z_{re}	11.35	$11.4^{+4.0}_{-2.8}$	11.37	11.1 ± 1.1
H_0	67.11	67.4 ± 1.4	67.04	67.3 ± 1.2
$10^9 A_s$	2.215	2.23 ± 0.16	2.215	$2.196^{+0.051}_{-0.060}$
$\Omega_m h^2$	0.14300	0.1423 ± 0.0029	0.14305	0.1426 ± 0.0025
Age/Gyr	13.819	13.813 ± 0.058	13.8242	13.817 ± 0.048
z_*	1090.43	1090.37 ± 0.65	1090.48	1090.43 ± 0.54
$100\theta_*$	1.04139	1.04148 ± 0.00066	1.04136	1.04147 ± 0.00062
z_{eq}	3402	3386 ± 69	3403	3391 ± 60





Planck. Parque Ciencias. 2013

Type 1 J=2-1 CO map



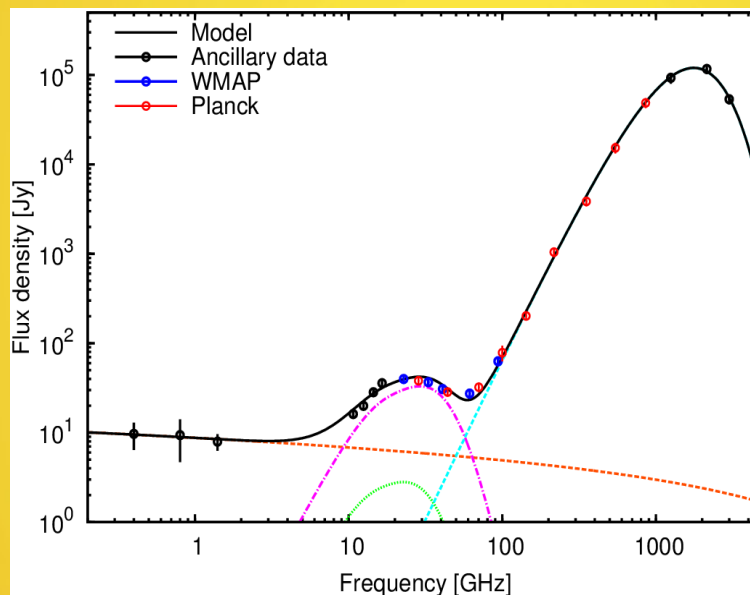
-2.5 15.0

K km/s
Type 2 J=2-1 CO map

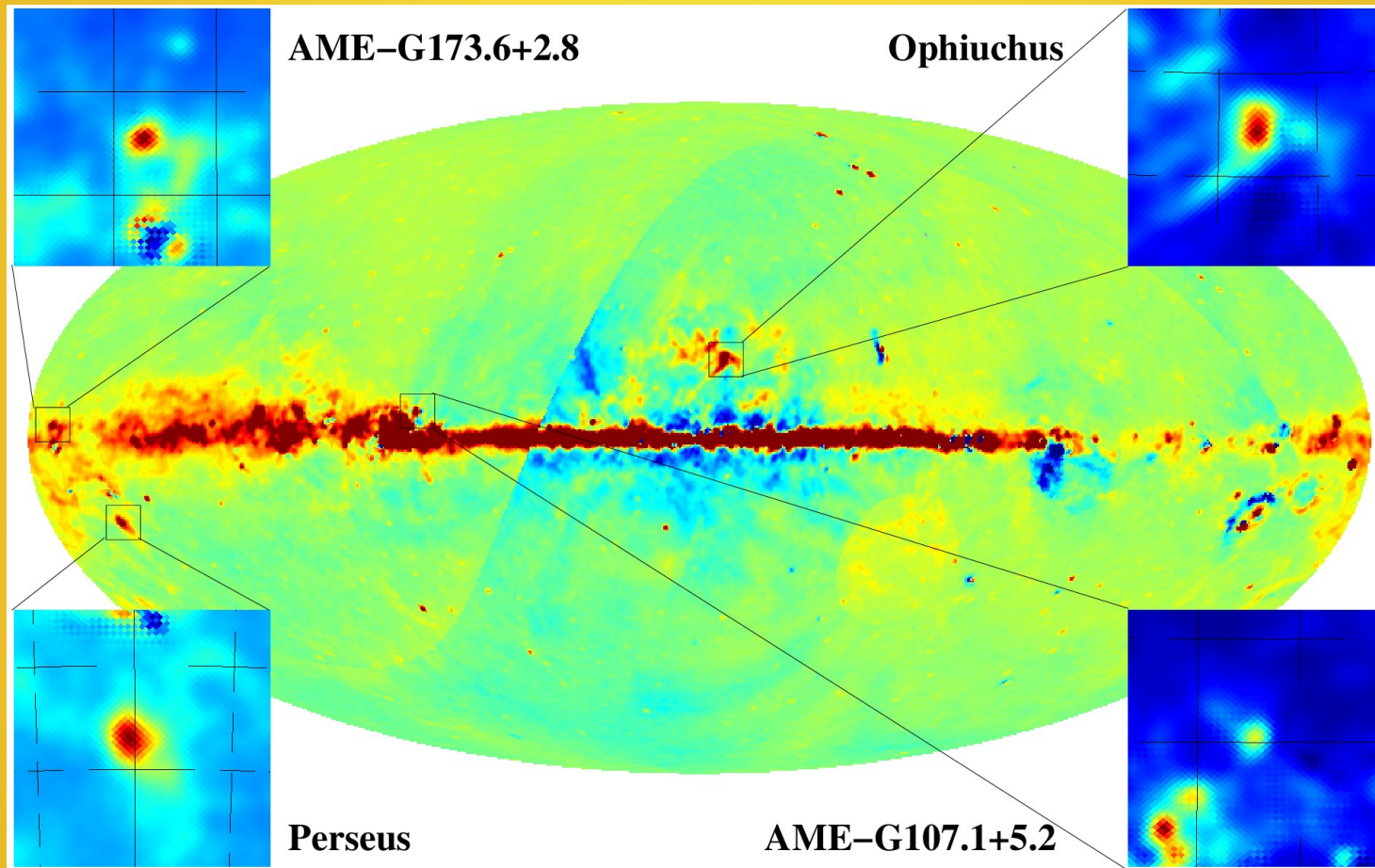


Planck. Parque Ciencias. 2013

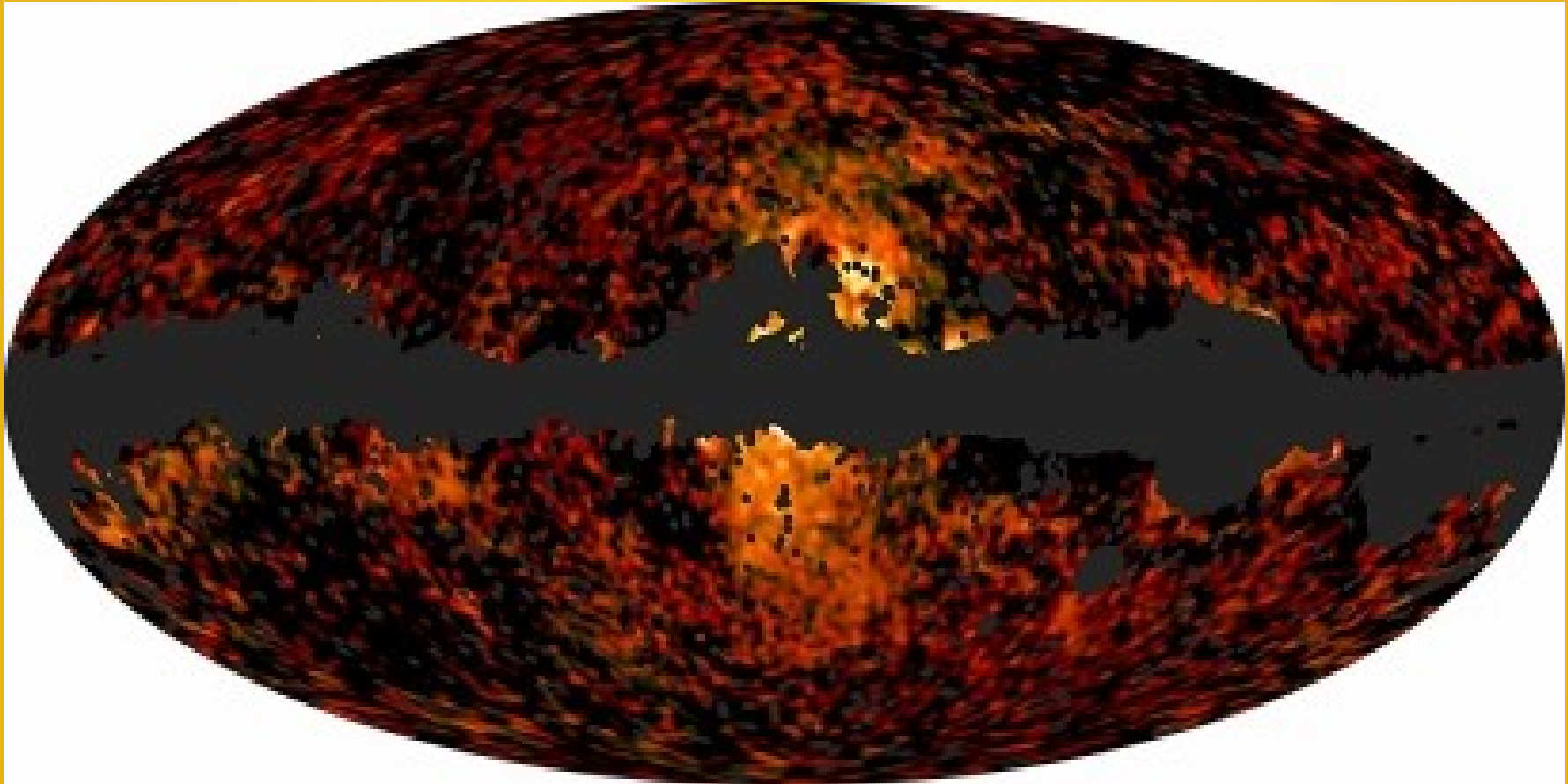
AME (anomalous microwave emission)



Mapas de AME

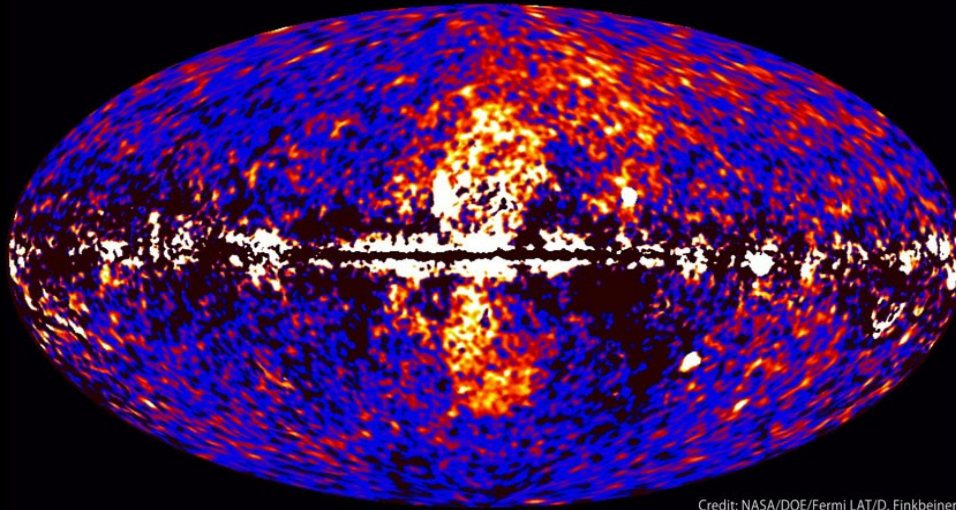


Haze

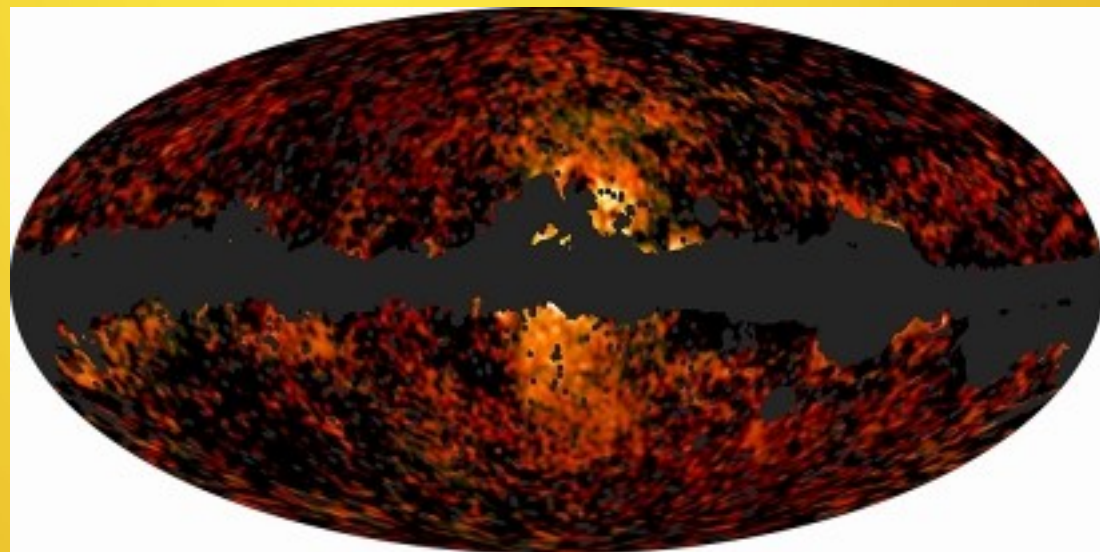


Planck. Parque Ciencias. 2013

Fermi data reveal giant gamma-ray bubbles



Credit: NASA/DOE/Fermi LAT/D. Finkbeiner et al.

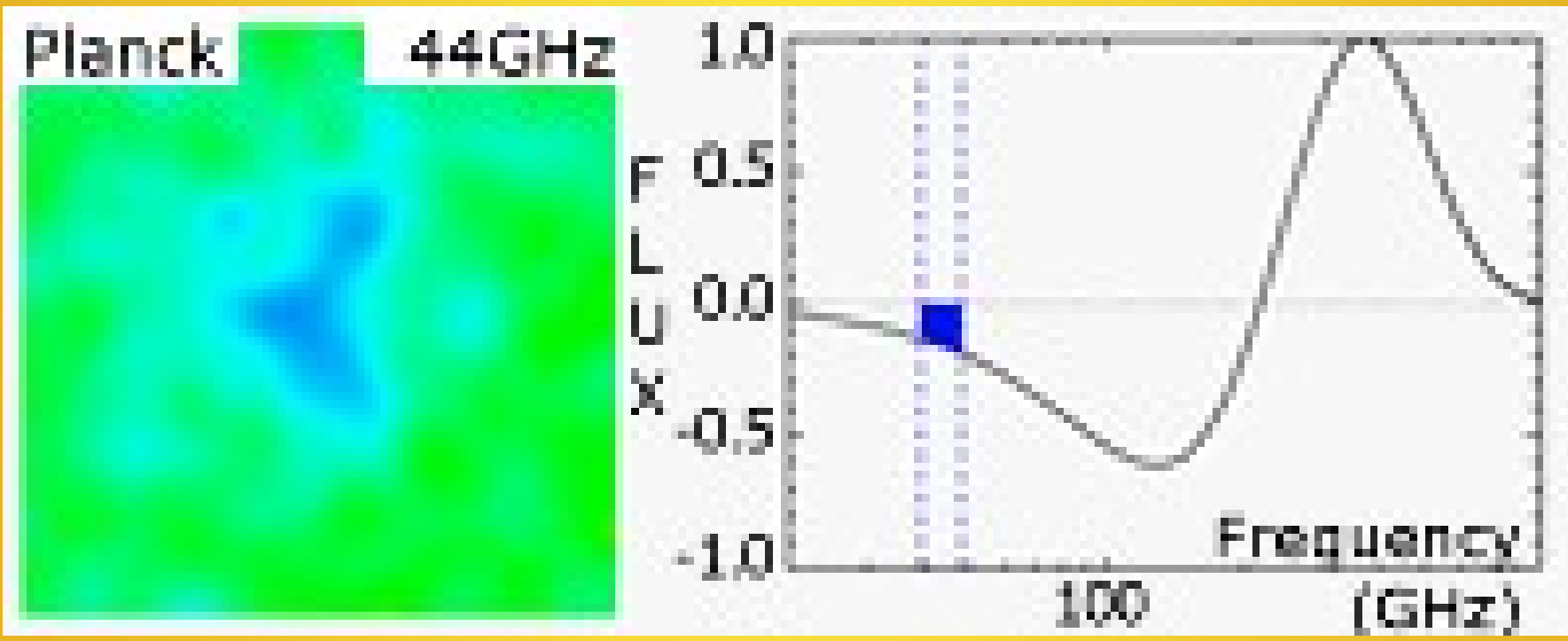


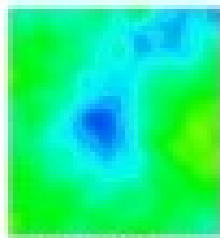
Efecto Sunyaev-Zeldovich

Los fotones del CMB interaccionan con los electrones de un cúmulo de galaxias.

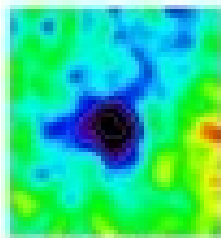
Se pierde la “negrura”

¡Otro método de observar el Universo!

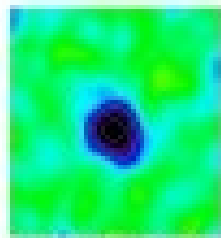




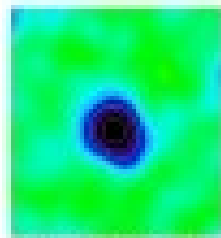
44 GHz



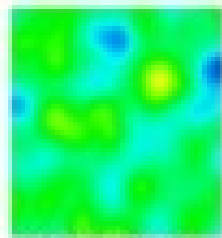
70 GHz



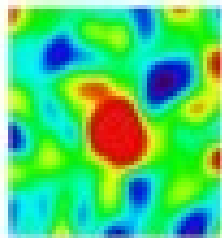
100 GHz



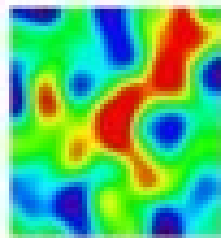
143 GHz



217 GHz

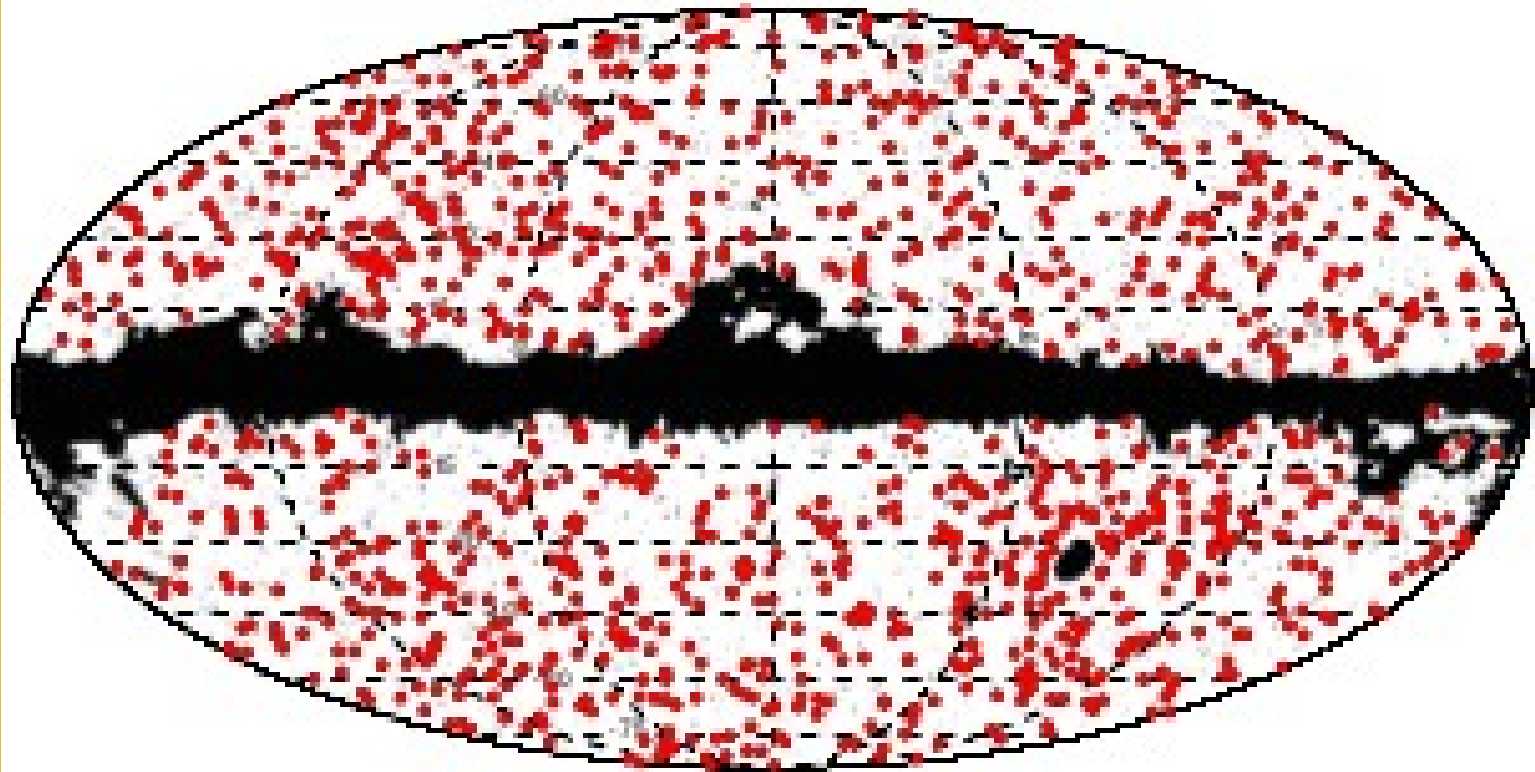


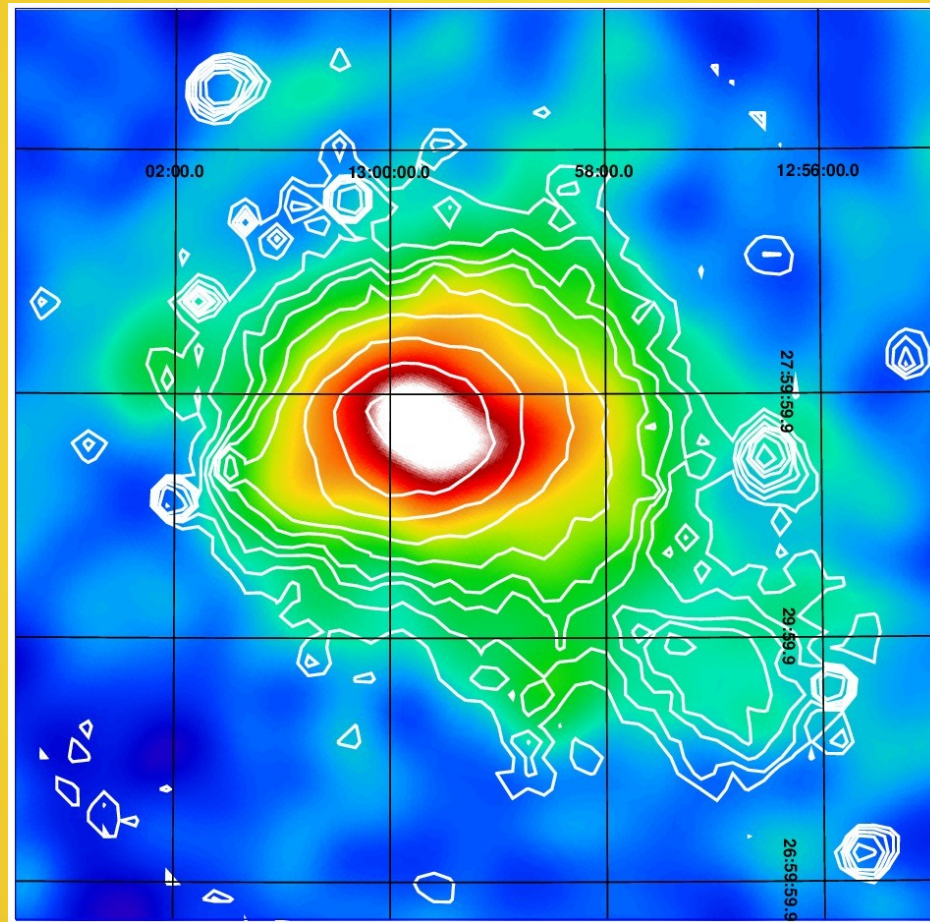
353 GHz



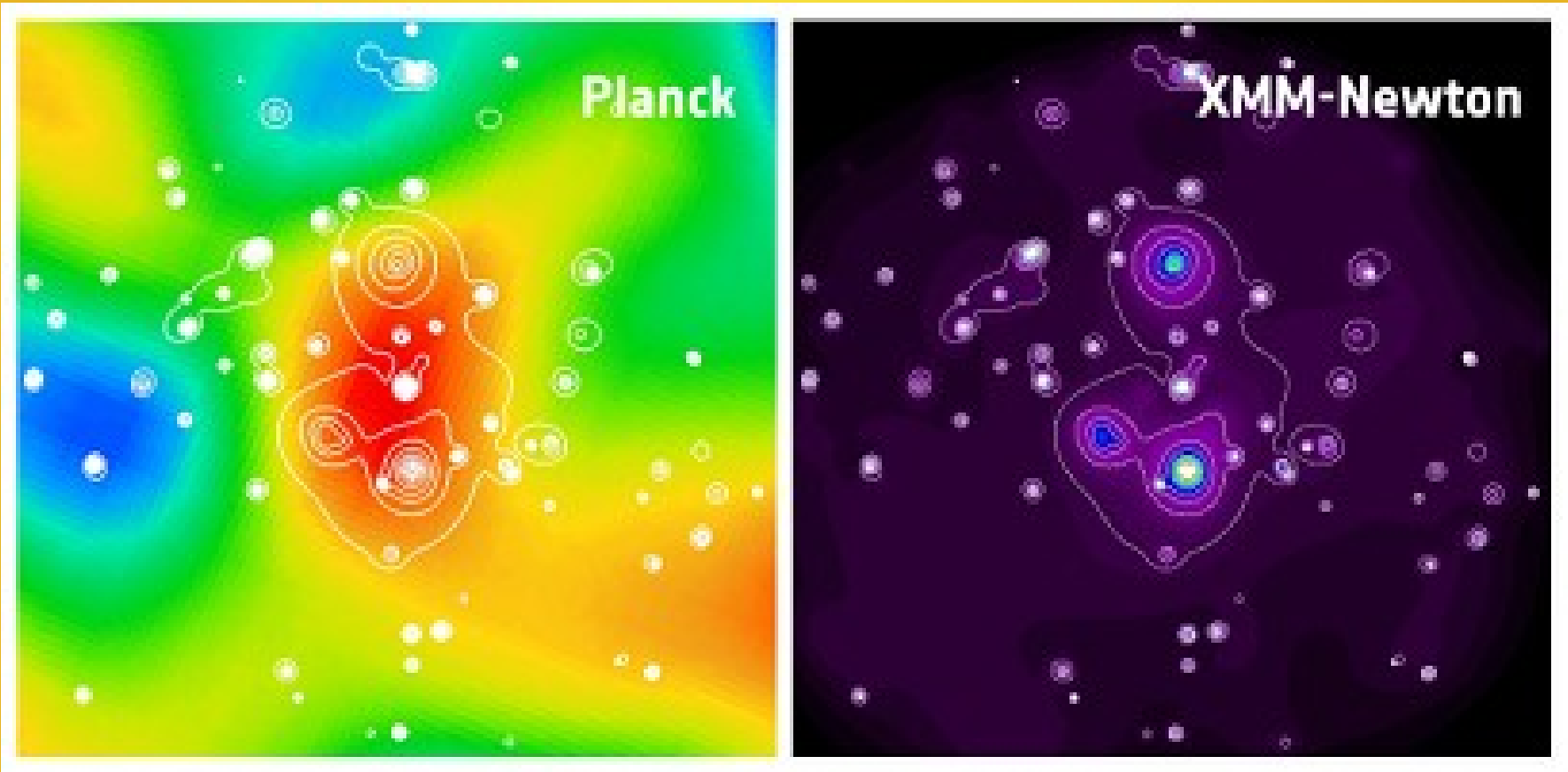
545 GHz

Planck SZ catalog

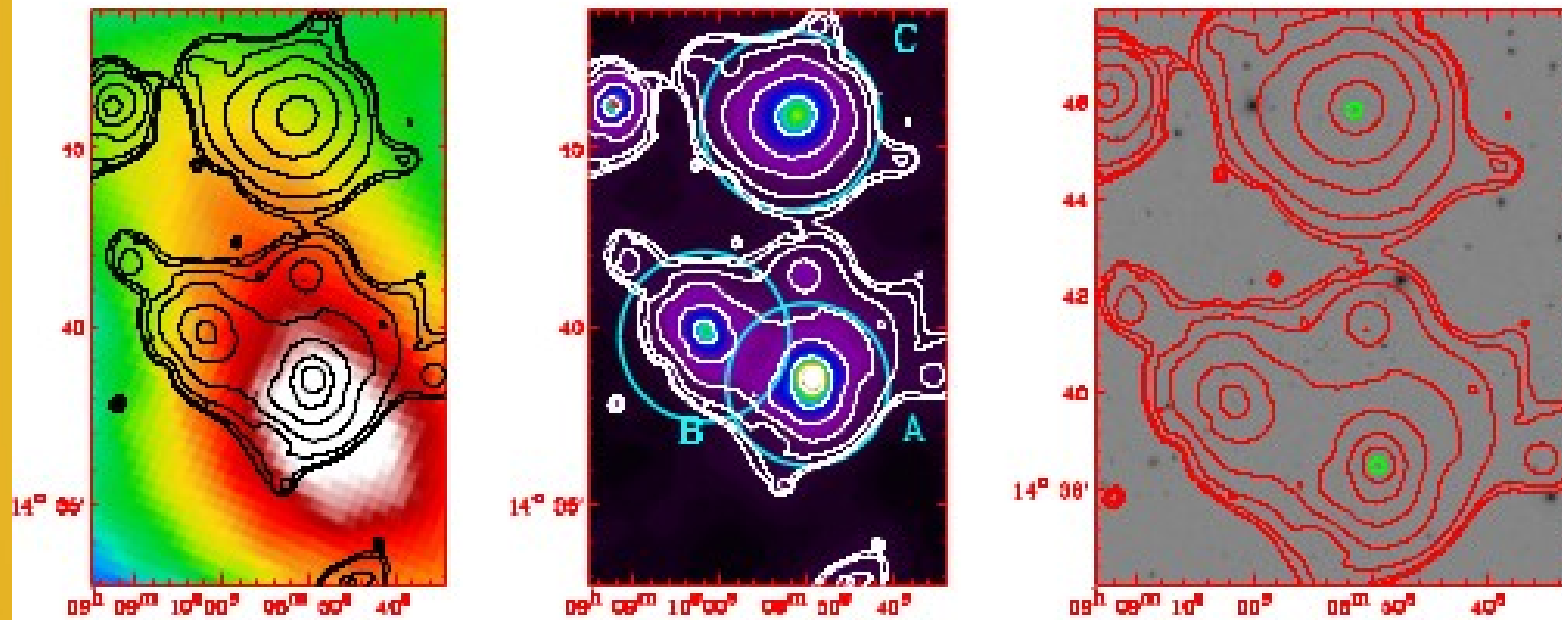




Planck. Parque Ciencias. 2013



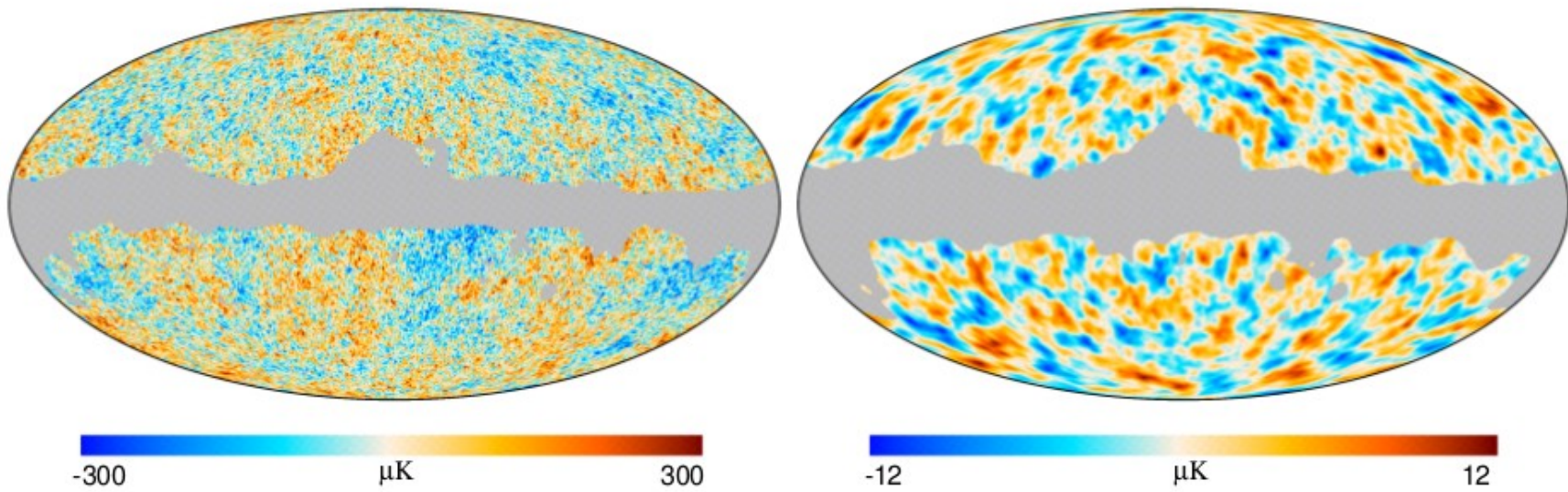
Planck Collaboration: The dynamical structure of PLCKG214.6+37.0, a *Planck* discovered triple system of galaxy clusters



Sachs Wolfe integrado

Los fotones cambian de frecuencia al atravesar un cúmulo de galaxias en evolución.

Planck Collaboration: The ISW effect with *Planck*

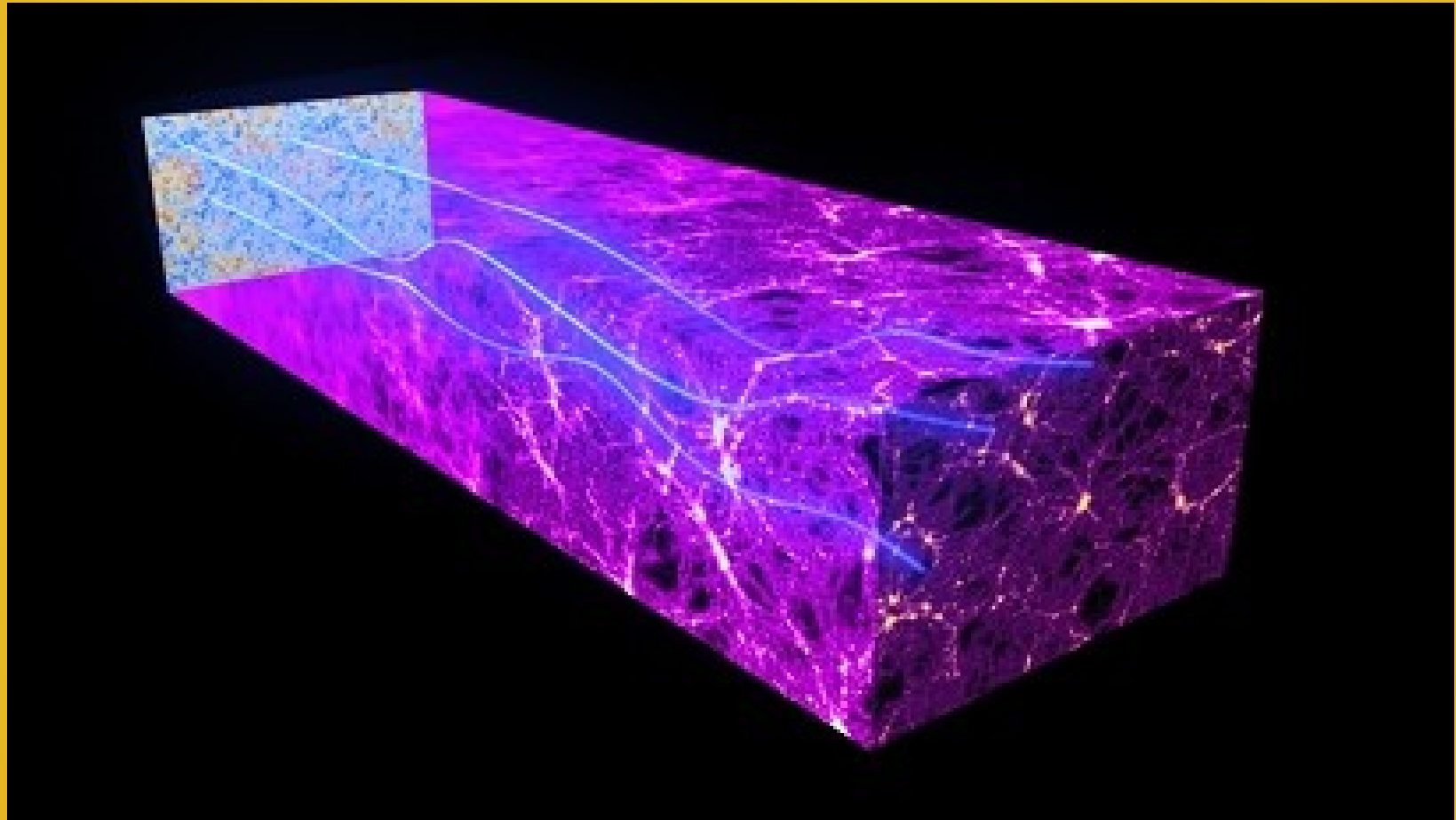


Lentes gravitacionales

Los fotones tienen que atravesar un “bosque” de cúmulos de galaxias.

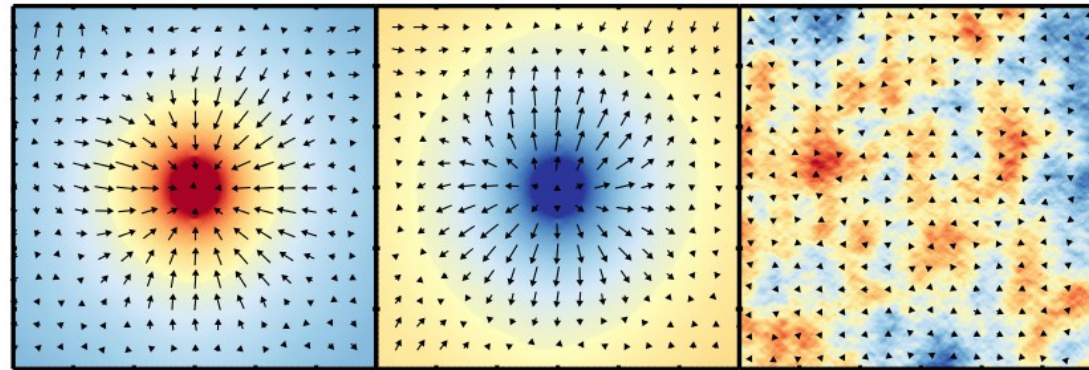
Hay un efecto de lente gravitacional

Podemos ver la distribución de la materia oscura



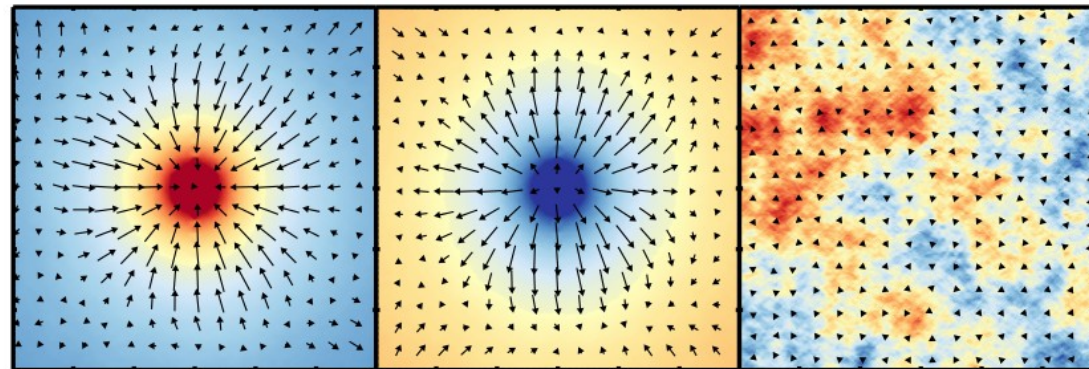
Planck. Parque Ciencias. 2013

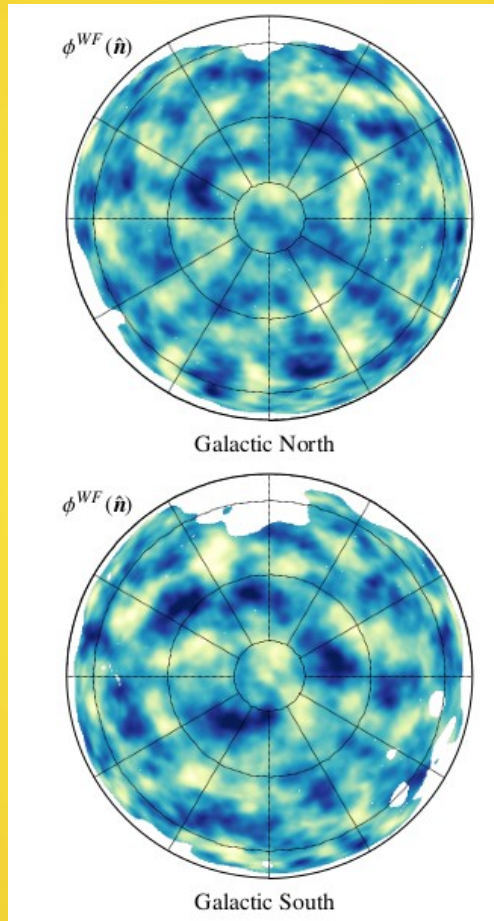
857 GHz

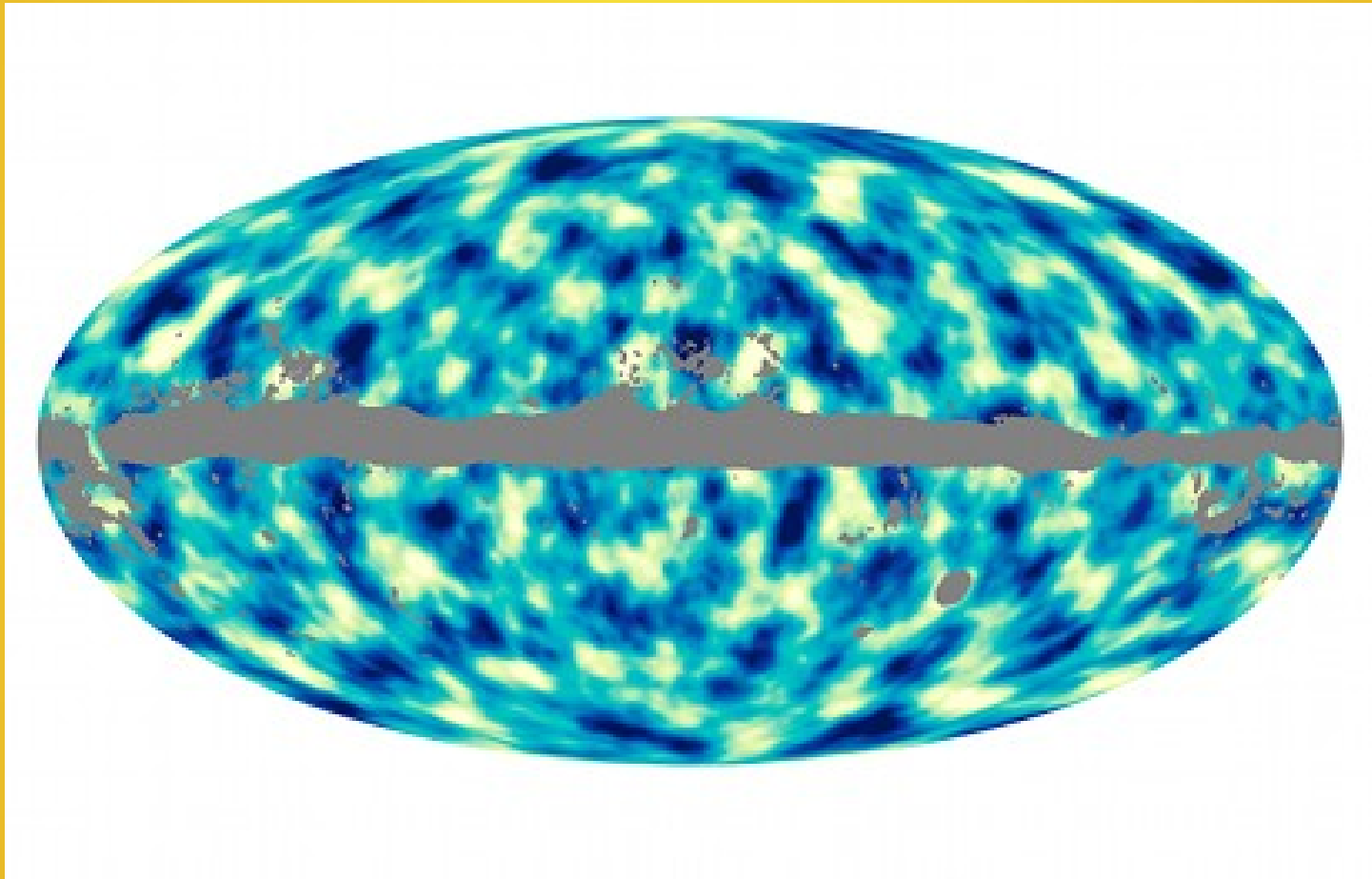


-0.03 8.73×10^{-3} 0.04 -0.03 5.00×10^{-3} 0.04 -3.73×10^{-4} 0.00 3.73×10^{-4}

545 GHz

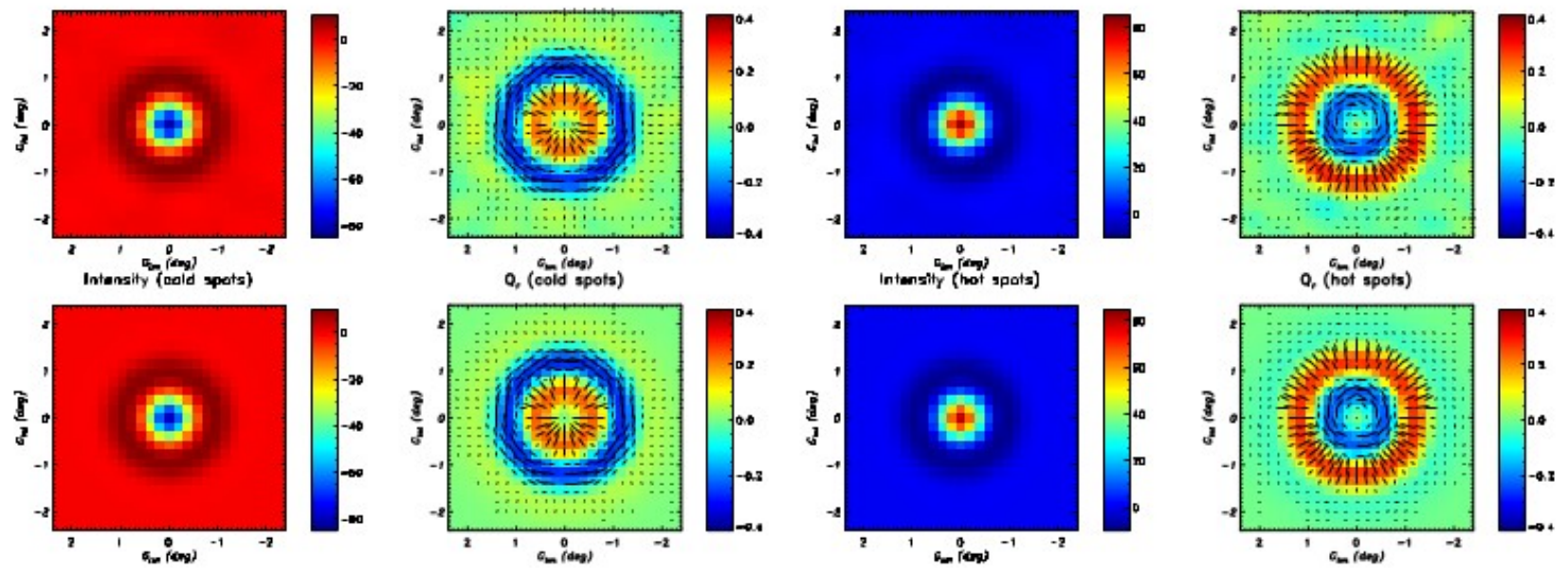






Planck. Parque Ciencias. 2013

Planck Collaboration: The *Planck* mission



DM bariónica

Planck Collaboration: P. A. R. Ade et al.: SZ in merging clusters

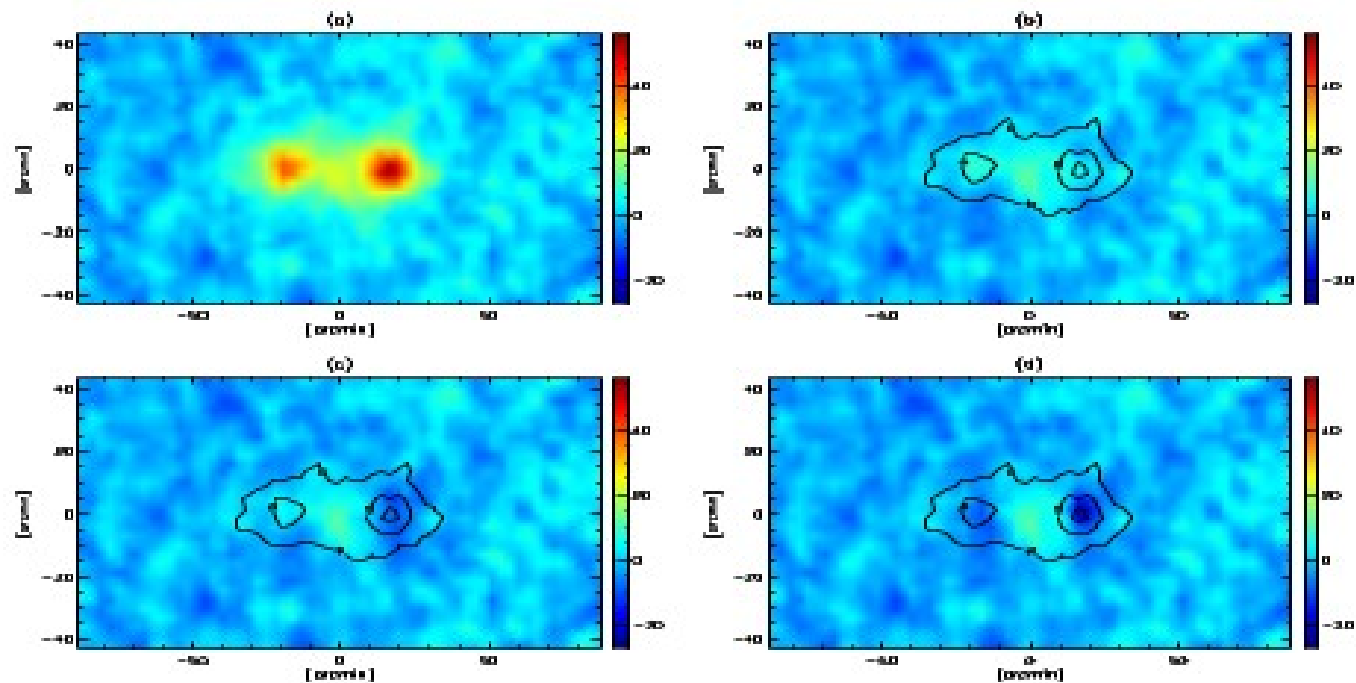


Fig. 4. a) *Planck* tSZ Compton parameter map ($y \times 10^6$); b) residuals after subtracting of the GFW2 model; c) residuals after subtracting of the GFW1 model; and d) residuals after subtracting of the β model of the clusters as described in the text.

Enigmas pendientes

Alineación cuadrupolo-octupolo

Asimetría hemisférica

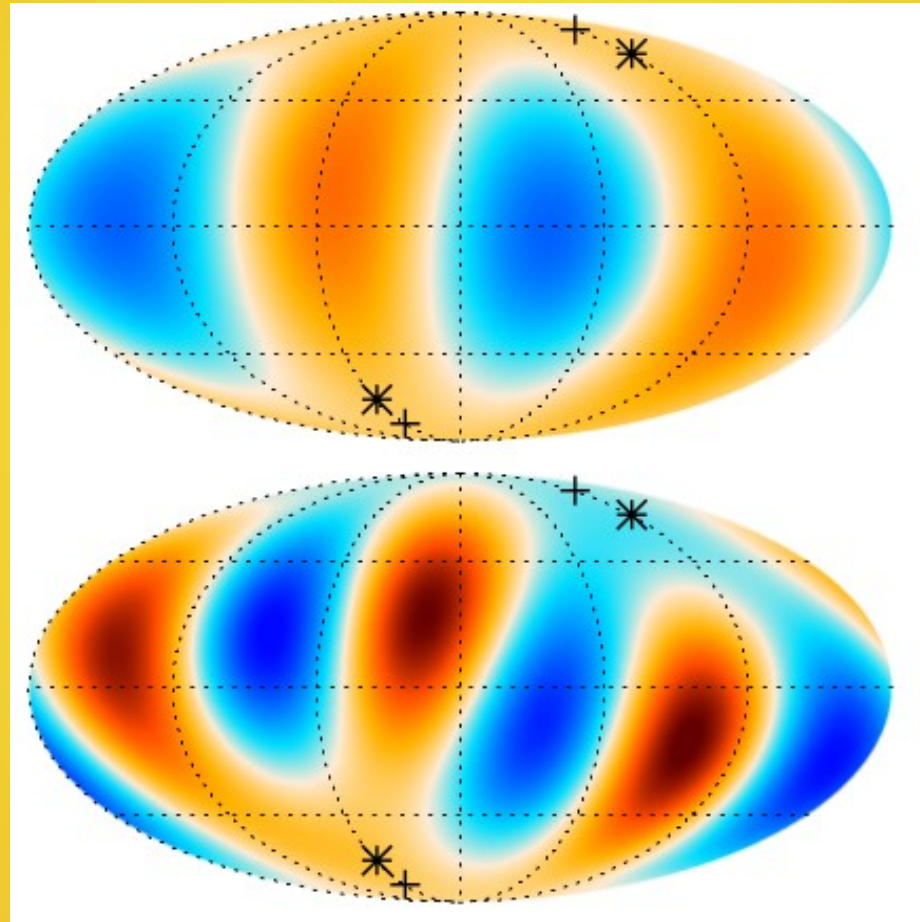
Modelo inflacionario

Escasa frecuencia de anisotropías grandes

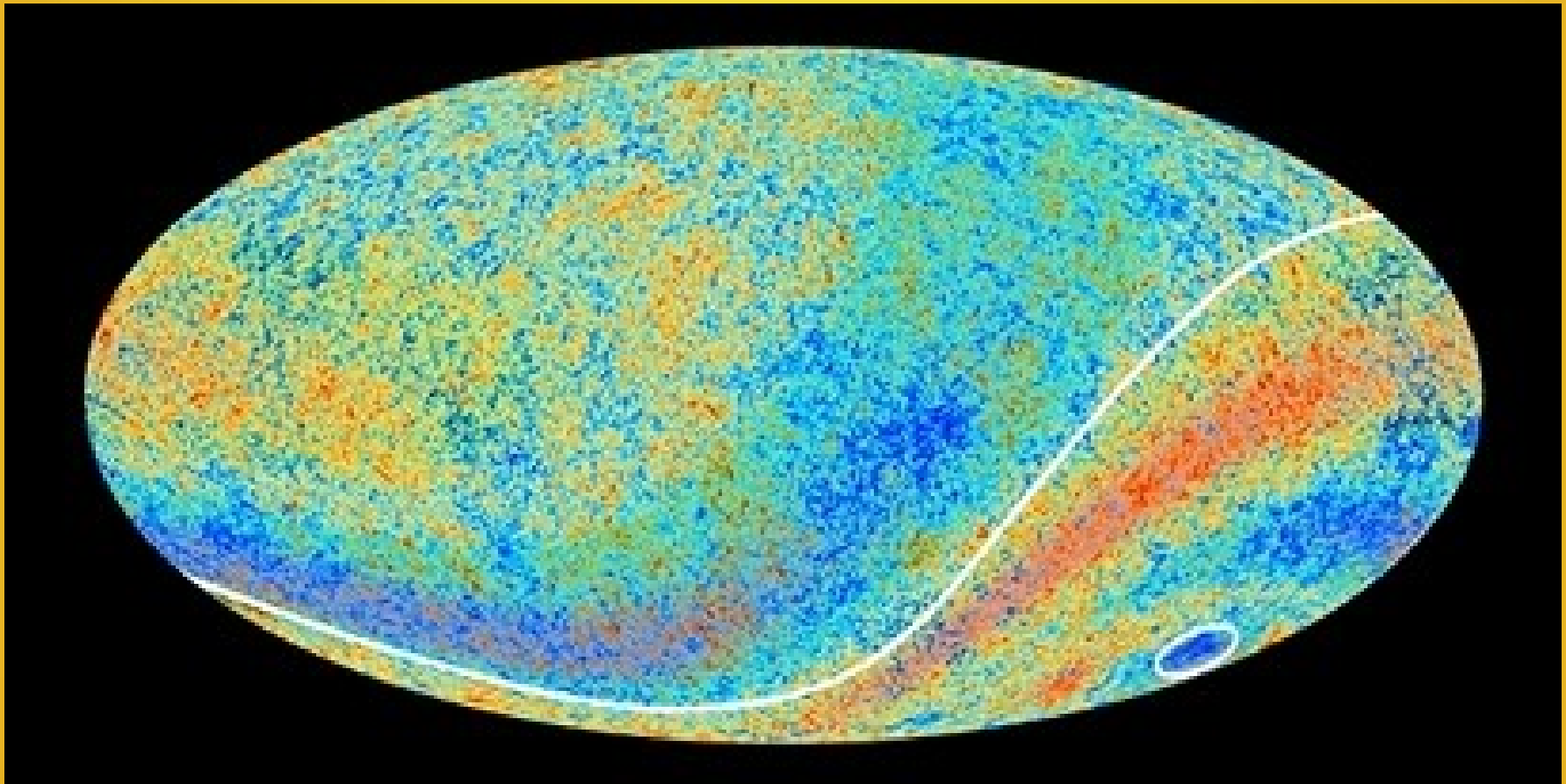
La mancha azul

¿Qué es la energía oscura?

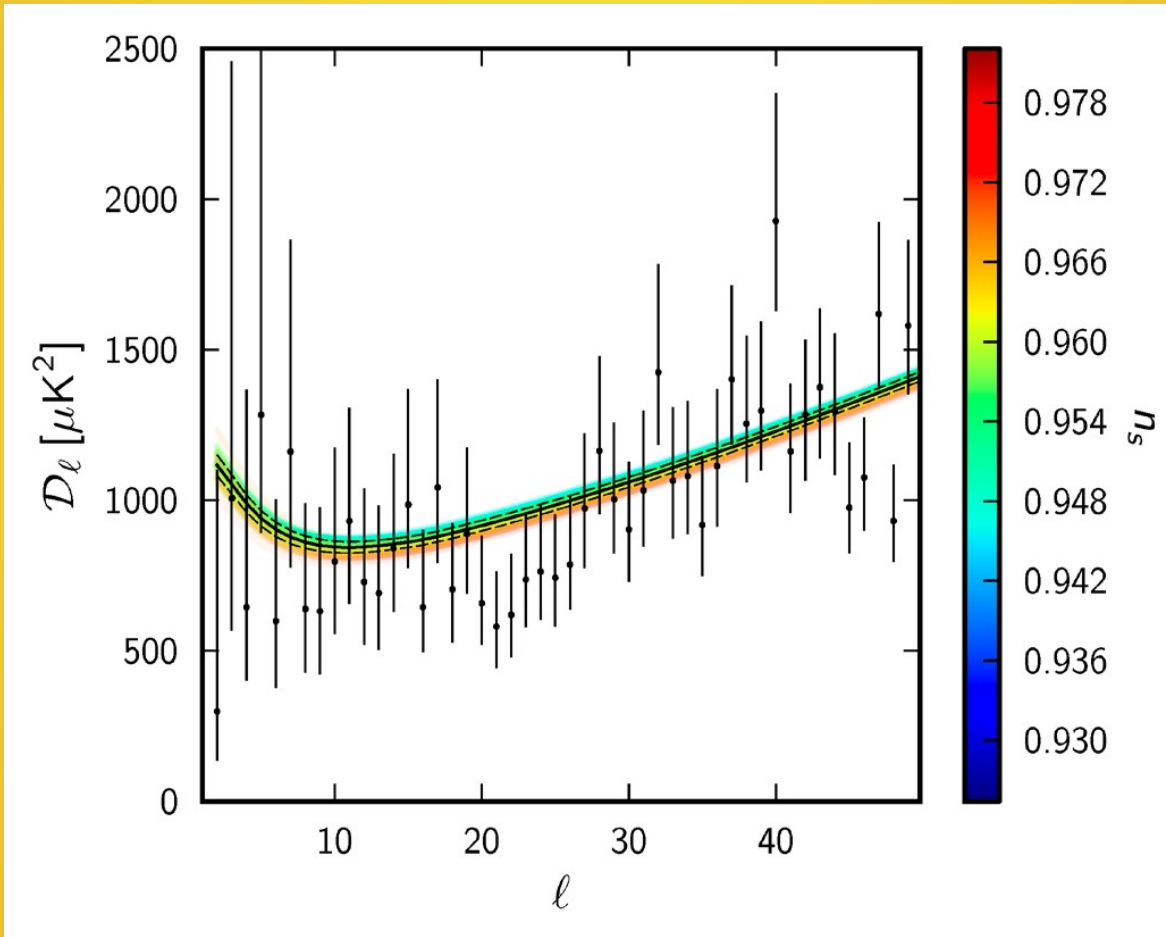
...



Planck. Parque Ciencias. 2013

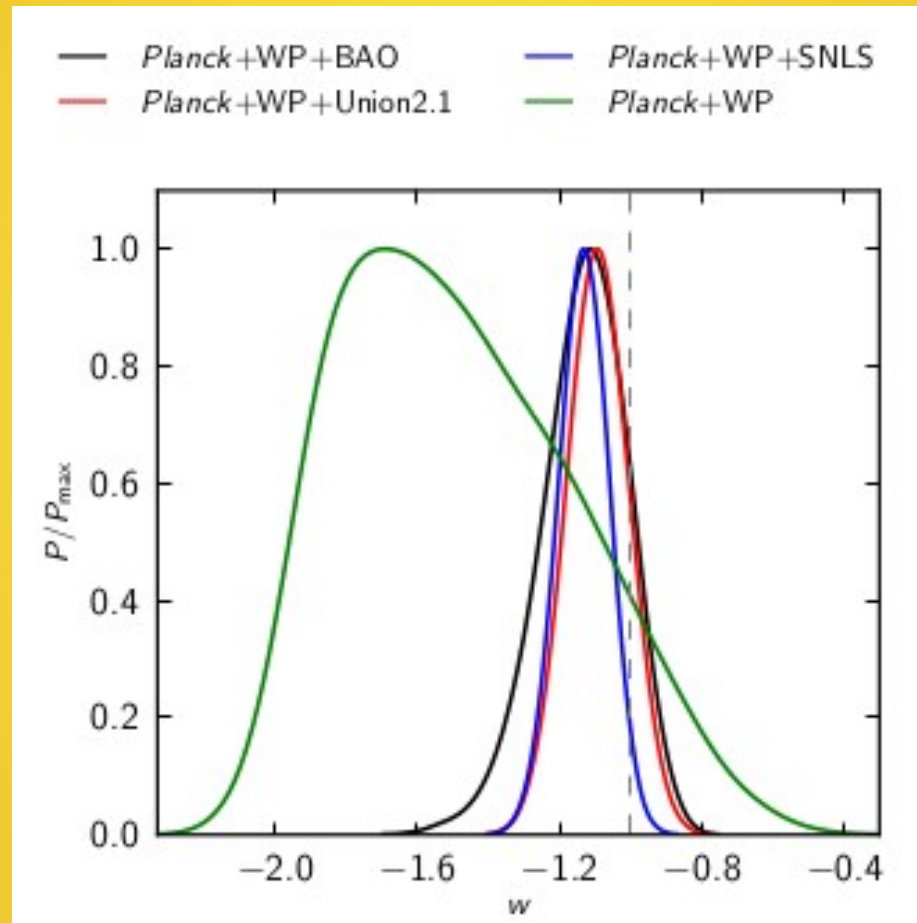


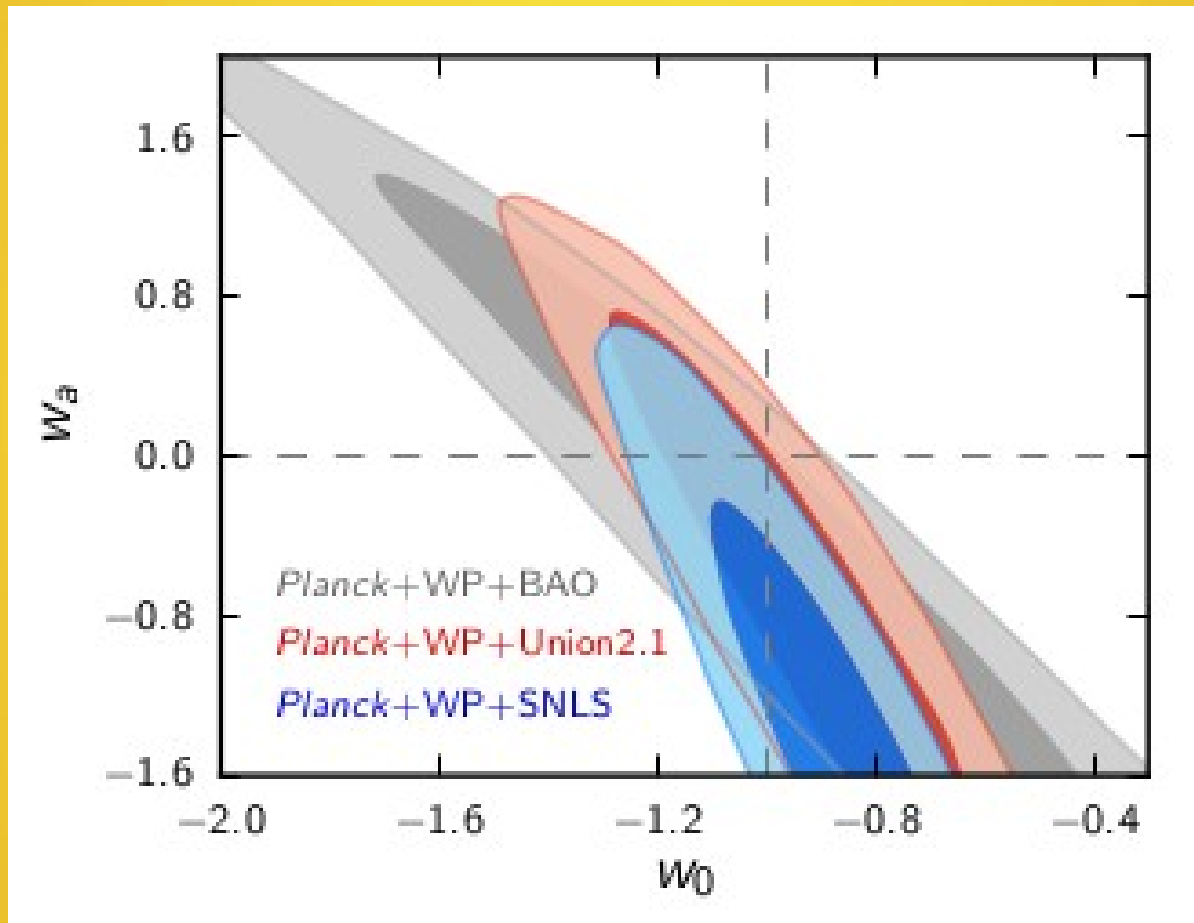
Planck. Parque Ciencias. 2013



Energía oscura

$$P = w\varepsilon$$

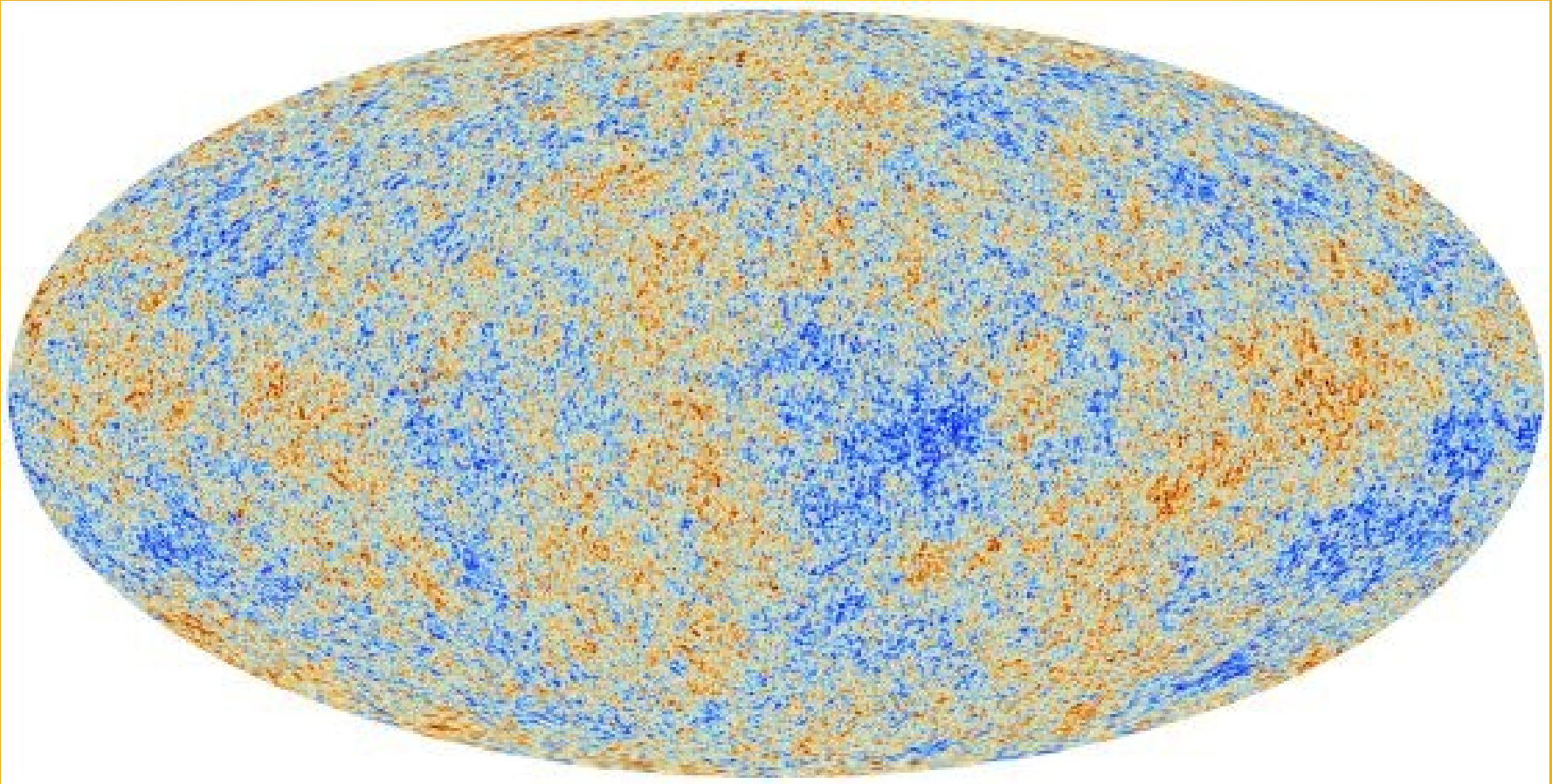




$$w=-1$$

¿Confirmada la
última predicción de
Einstein?

Muchas gracias



Planck. Parque Ciencias. 2013