

El universo primitivo

- E. Battaner
- Universidad de Granada



U⁴
UNA UNIVERSIDAD
UN UNIVERSO





ACTIVIDADES EN LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS

ANA ULLA MIGUEL

UNIVERSIDADE DE VIGO



PROYECTO “UNA UNIVERSIDAD, UN UNIVERSO (U4)”
EDUARDO BATTANER (RA3 - UGR)
BENJAMÍN MONTESINOS (SEA - LAEFF)
ANA ULLA (GEA/RSEF - UVIGO)
BENIGNO GONZÁLEZ (CONTRATADO)



Espacio y tiempo

- En el Cosmos, lo lejano y lo antiguo coinciden.
- Distancia, tiempo, tamaño del Universo, velocidad (Ley de Hubble), desplazamiento al rojo.



Algunas relaciones

$$v = H_0 r$$

$$H_0 = 71 \text{ km}/(\text{s Mpc})$$

$$z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$$

$$z = v / c$$

$$R_0 / R = 1 + z$$

$$R = R(t) ?$$

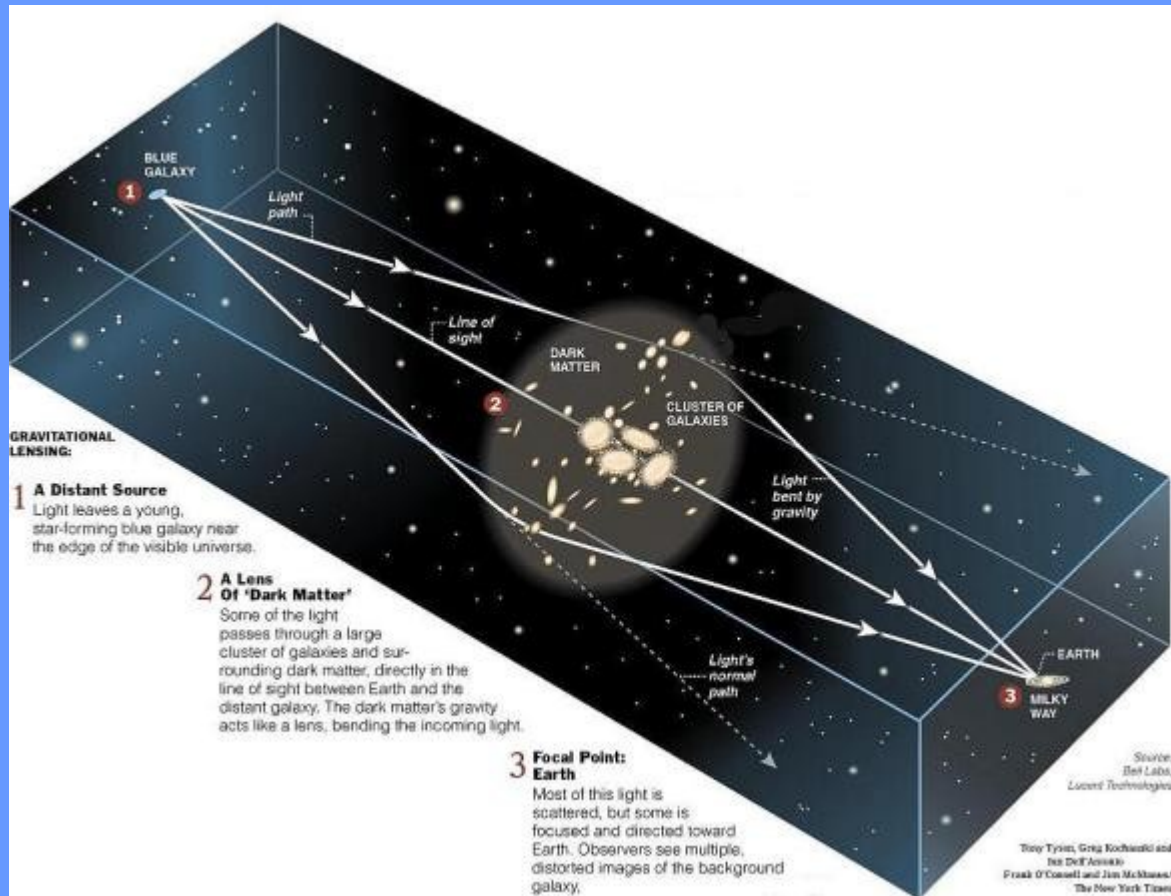


Tablita

- $Z=0.003$, 47 M al, $v=900$ km/s
- $Z=0.3$, 4.6 G al, $v=90000$ km/s
- $Z=1$, 12 G al, $v=3/5c$
- $Z=5$, $v=12/13c$, el Universo era 6 veces más pequeño que hoy.
- $Z=10$, $v=99/101c$, la galaxia más lejana.
- Usted está a 10^{-8} segundos-luz de mí









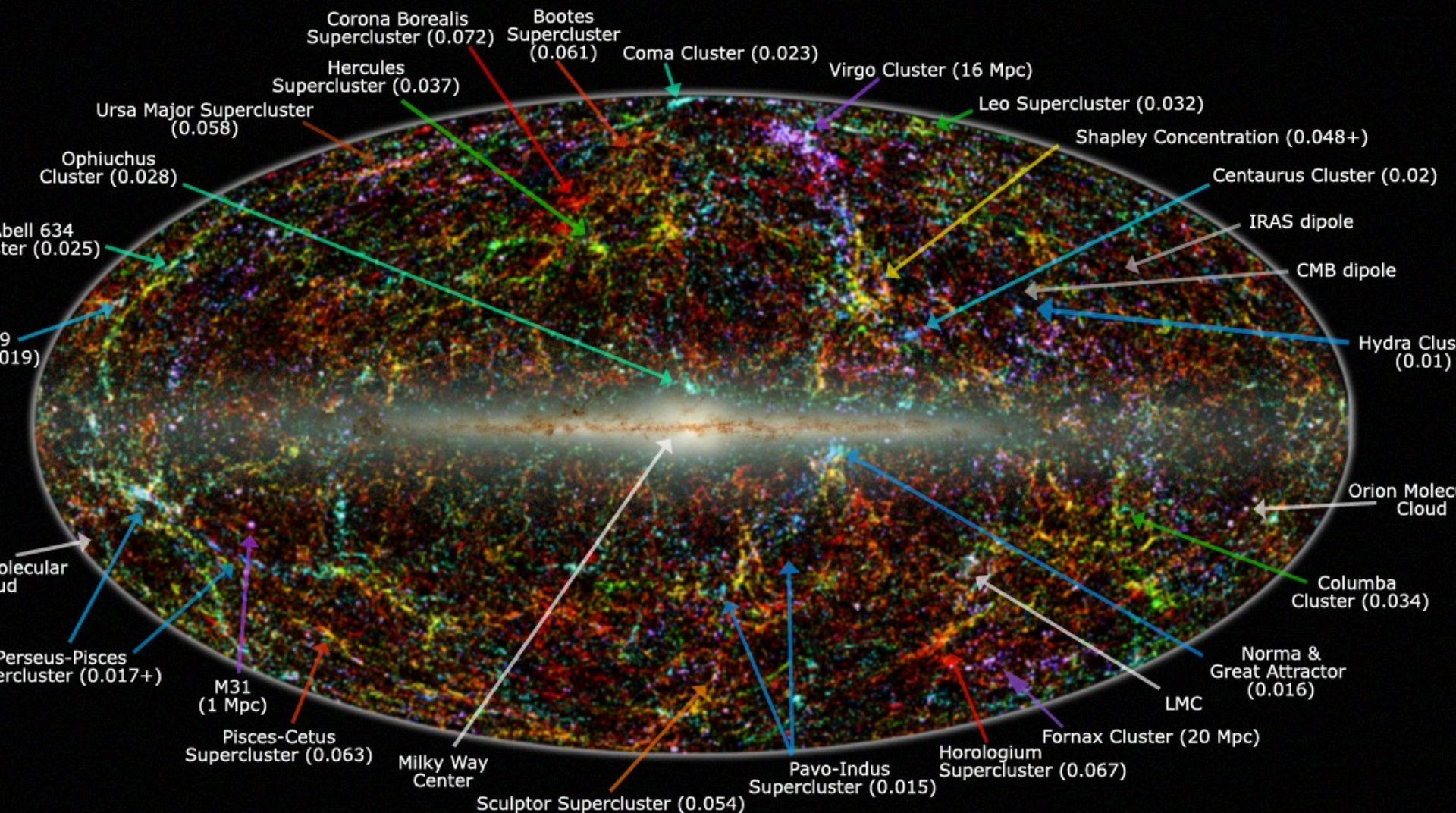
Distant Galaxy Lensed by Cluster Abell 2218
Hubble Space Telescope • WFPC2 • ACS

ESA, NASA, J.-P. Kneib (Caltech/Observatoire Midi-Pyrénées) and R. Ellis (Caltech)

STScI-PRC04-08

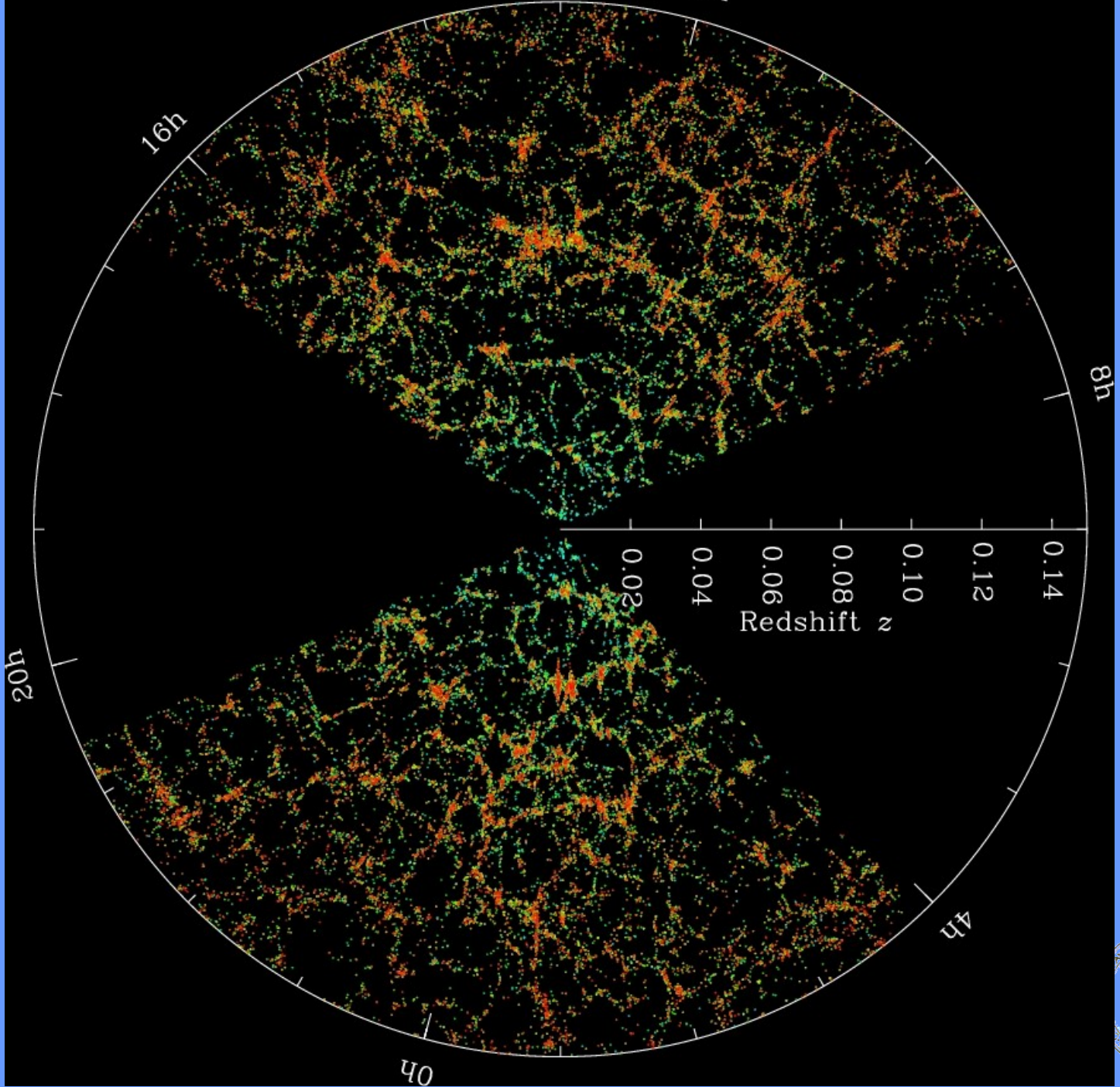


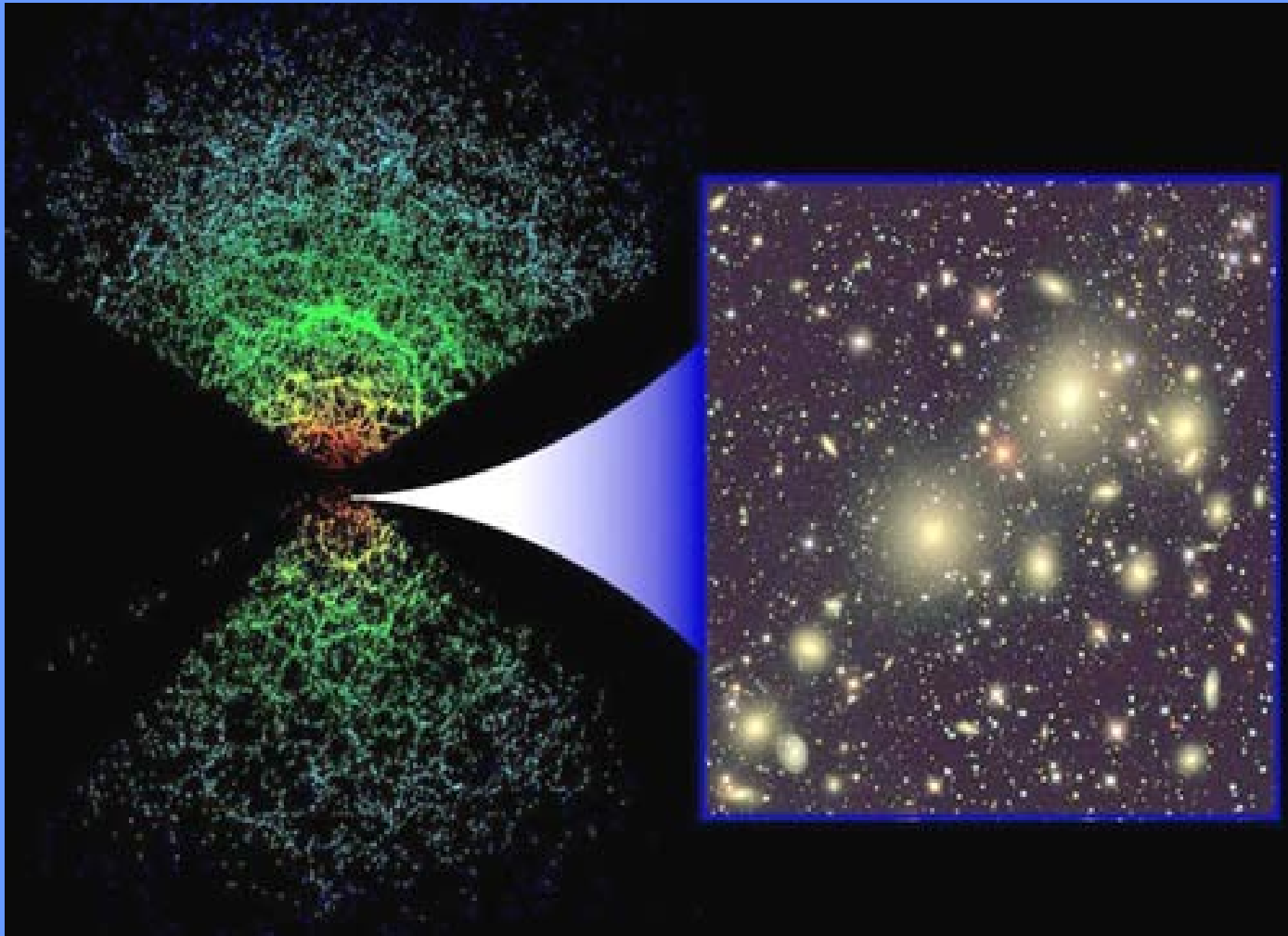
Large Scale Structure in the Local Universe



Legend: image shows 2MASS galaxies color coded by redshift (Jarrett 2004); familiar galaxy clusters/superclusters are labeled (numbers in parenthesis represent redshift).
Graphic created by T. Jarrett (IPAC/Caltech)

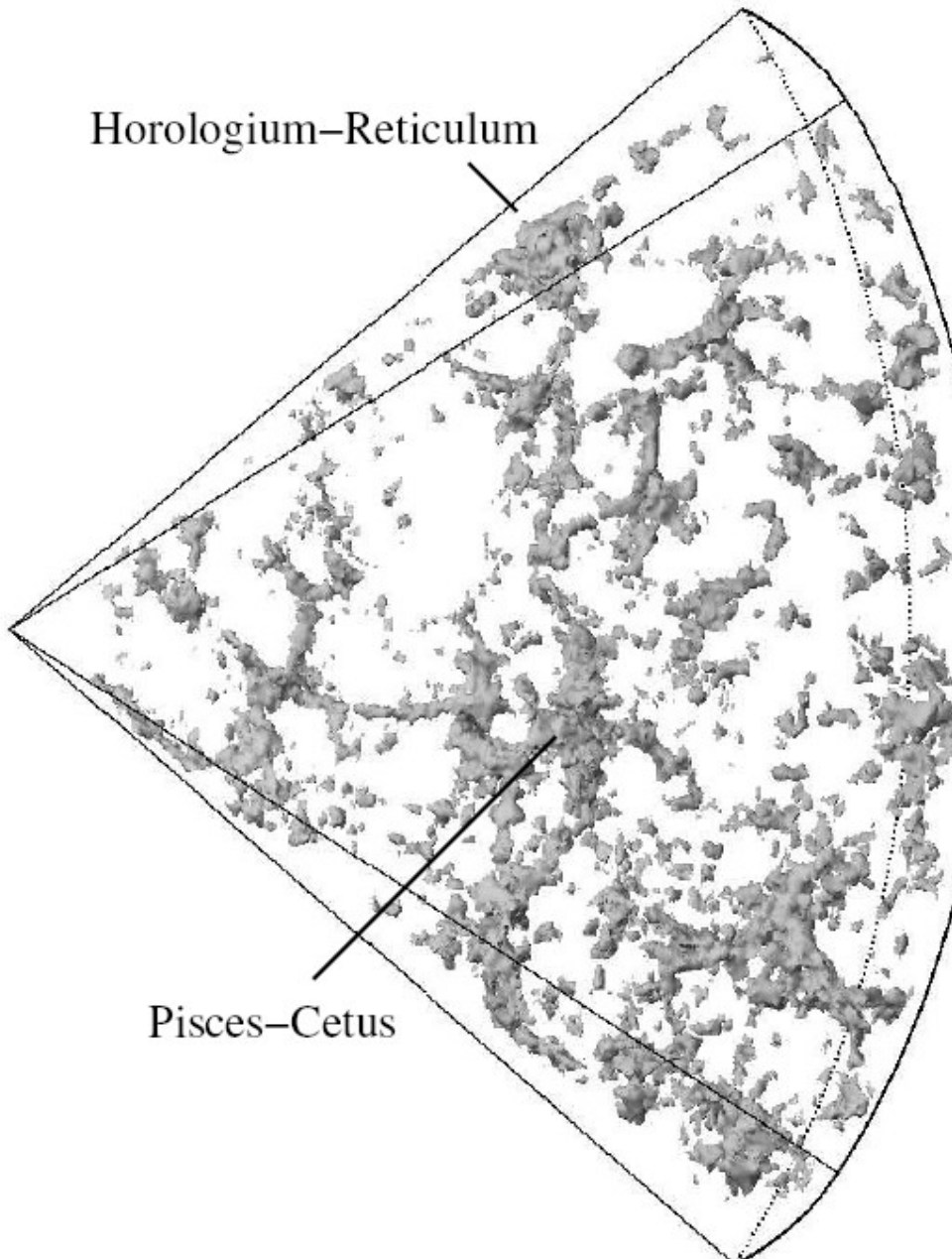
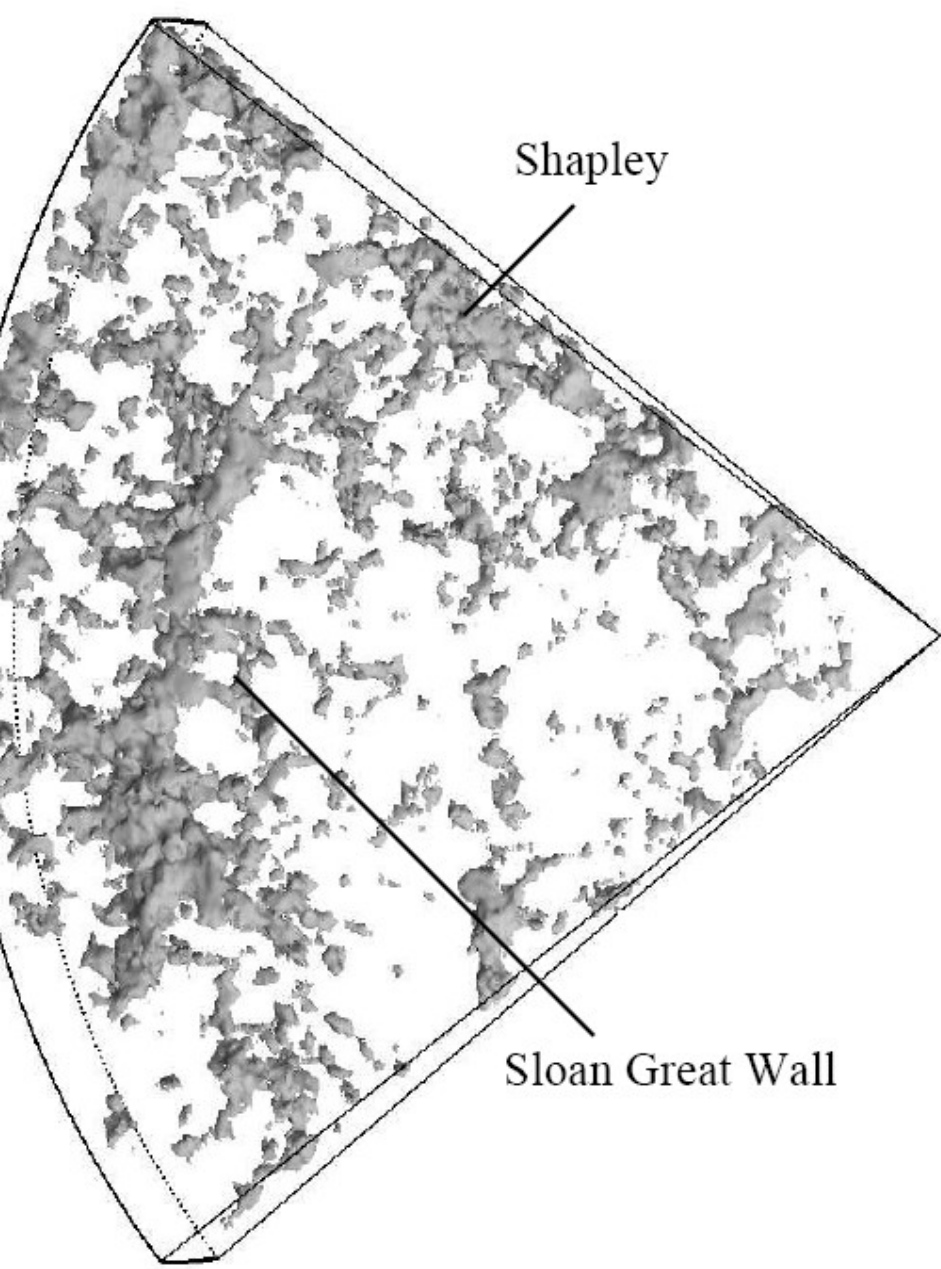


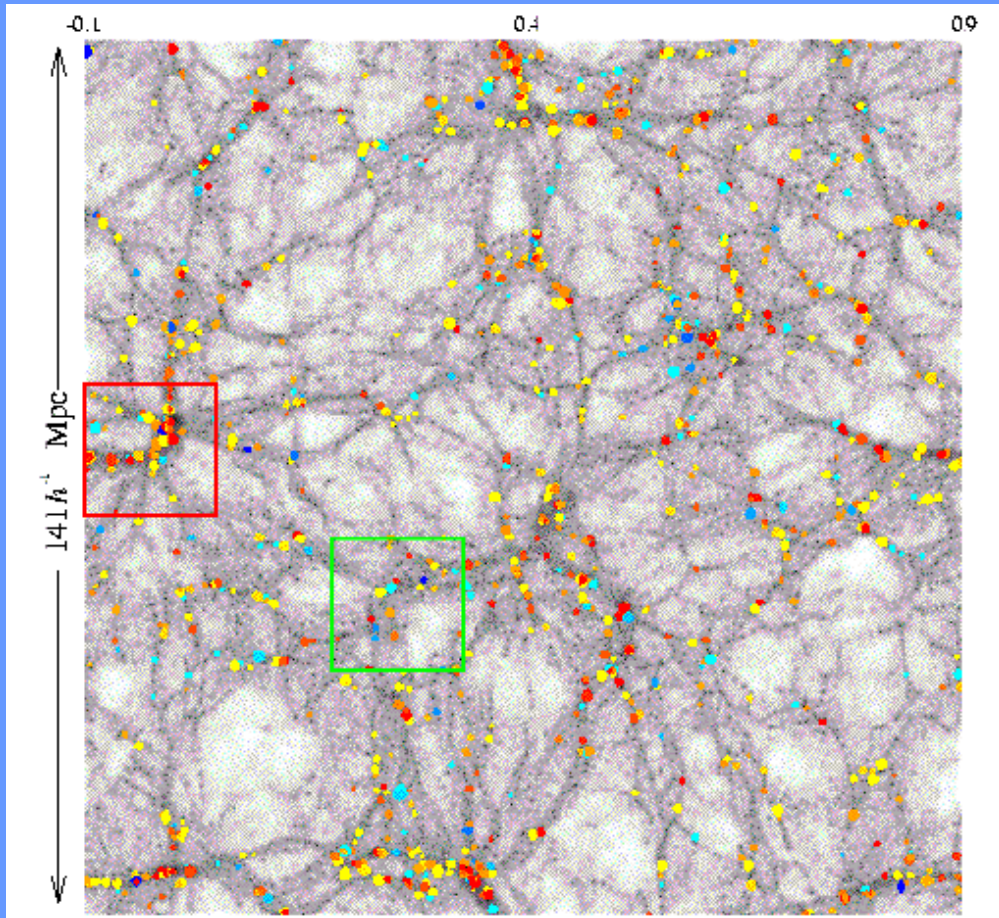




Universo primitivo_IYA_2009







Universo primitivo_IYA_2009



CMB

Hay algo mucho más lejano:

CMB = Cosmic Microwave Radiation

=Radiación de fondo=

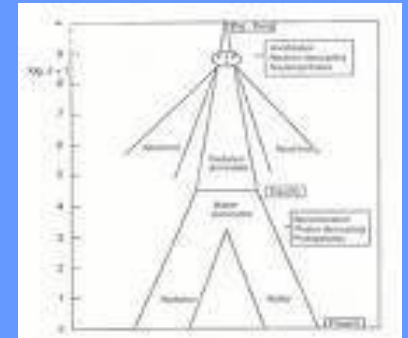
Radiación Cósmica de Microondas

Está a $z = 1100$; el Universo 1100 veces más pequeño, unos 400000 años después del Big-Bang (Hoy 13 mil millones de años)

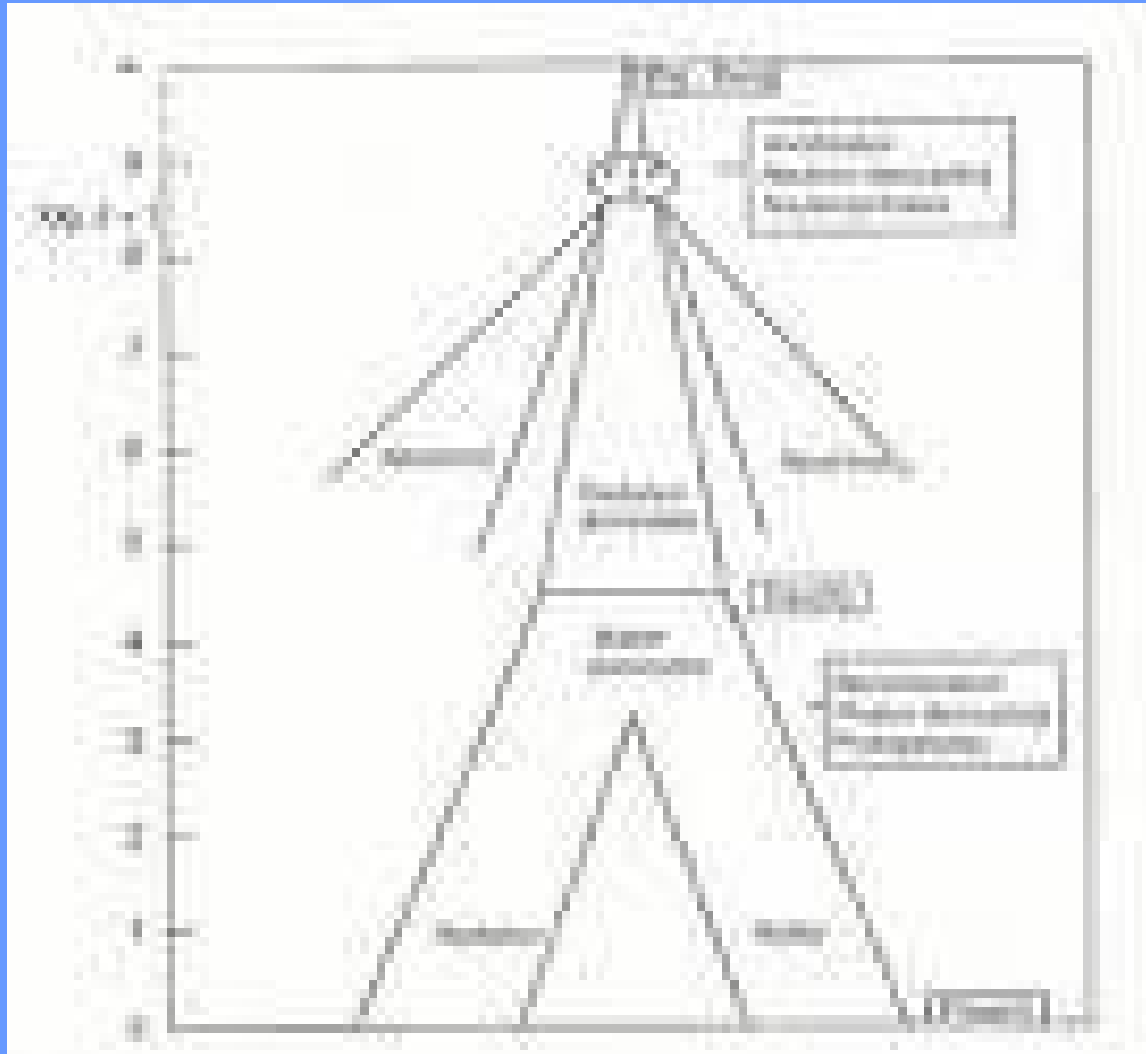


Límite en z

- El pasado que podemos ver
- Física de épocas primitivas
- que explican hechos
- presentes que vemos hoy
- Física de épocas primitivas
- que explican hechos
- pasados que vemos hoy



uniperverso

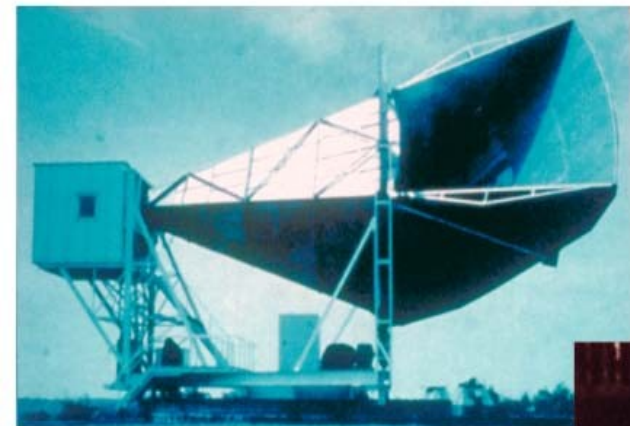


Recombinación

- Recombinación
- Desacoplamiento de los fotones
- Se dispara la formación de estructuras
- Antes: DM, neutrinos, fotones, núcleos de H y He, electrones. Fotones y bariones en equilibrio.
- Después: DM, neutrinos, fotones, átomos de H y He
- Fotones y bariones desacoplados térmicamente.
- Acoplamiento



DISCOVERY OF COSMIC BACKGROUND



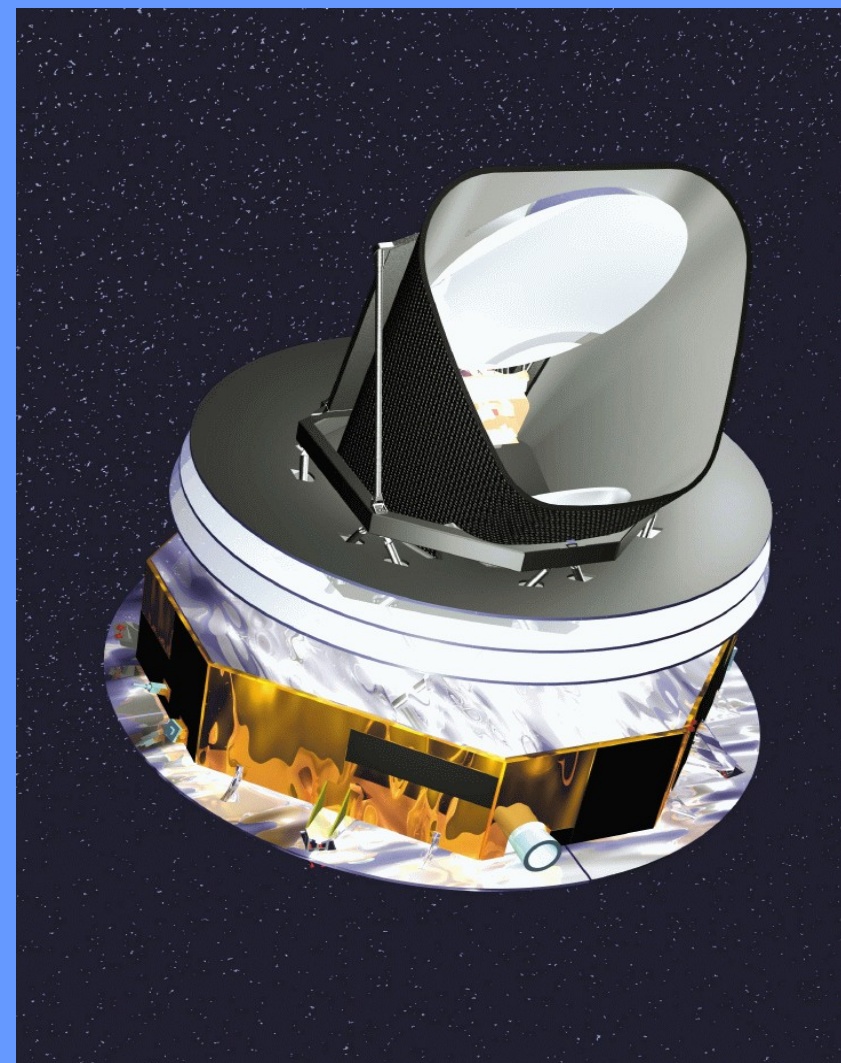
Microwave Receiver



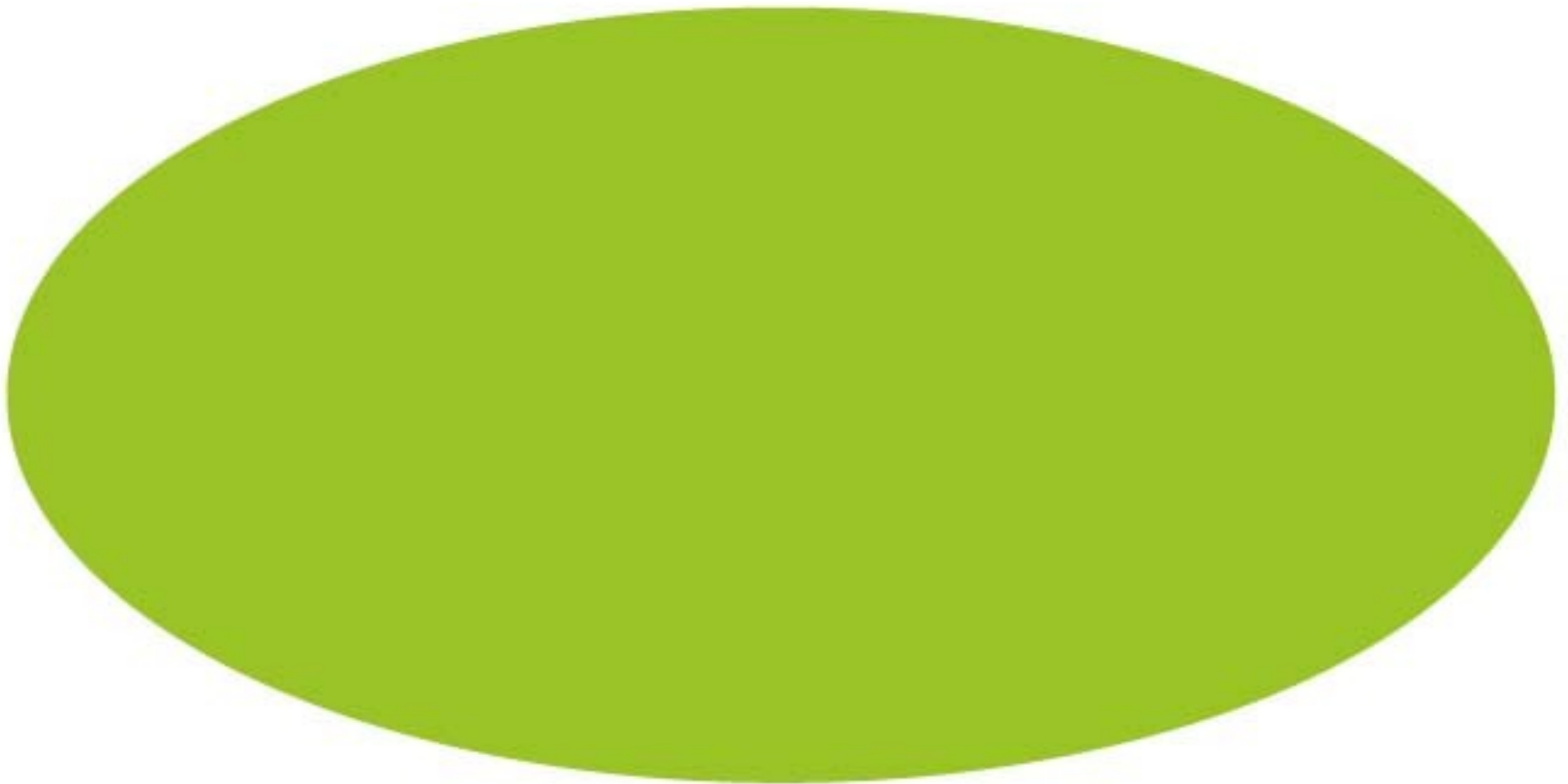
Robert Wilson



Arno Penzias

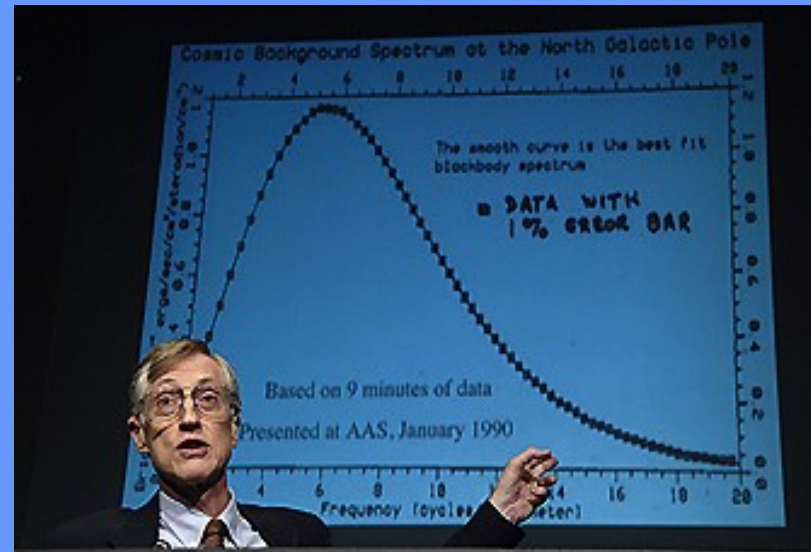


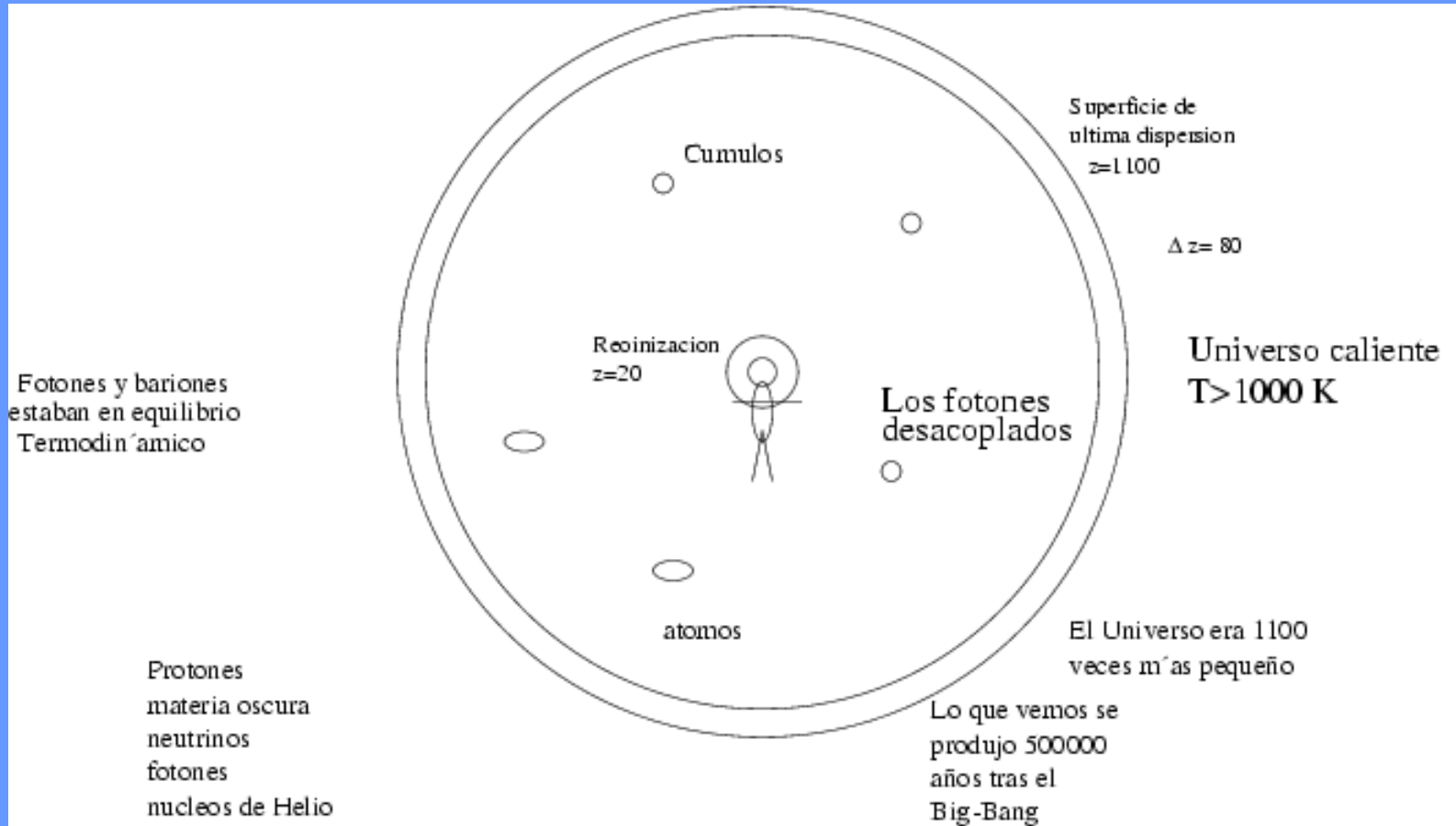
ISOTROPY OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND

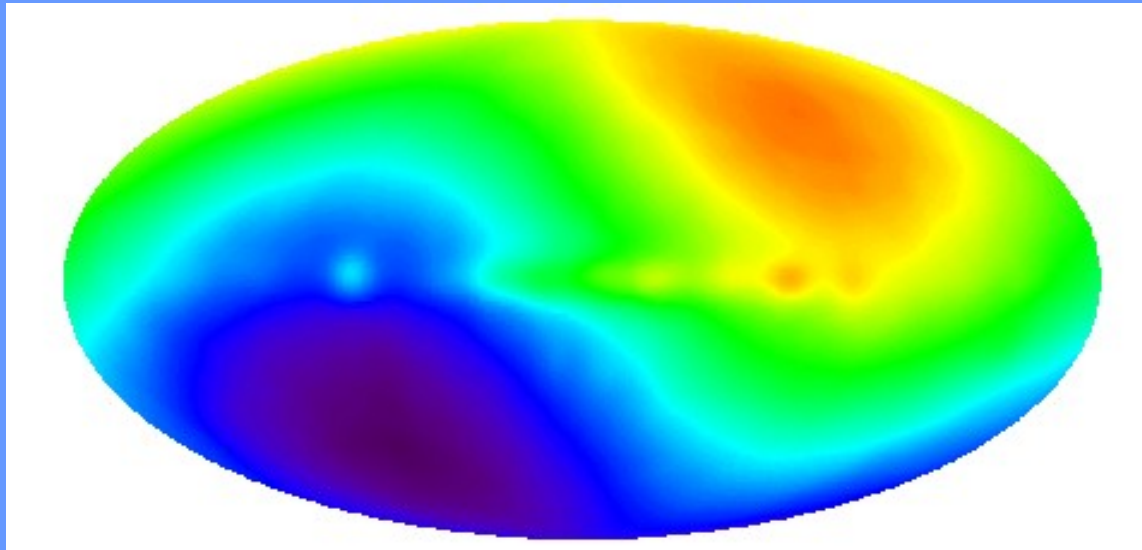


MAP990004









Universo primitivo_IYA_2009



dipolo

$$T' = T \frac{1 - v \cos \vartheta}{\sqrt{1 - v^2}}$$

$$v = 620 \text{ km/s}, l = 227^\circ, b = 30^\circ$$



Observamos

- Es pequeño pero no nulo.
- Anisotropía dipolar
- Anisotropías primarias.
 - Efecto Sachs-Wolfe
 - Efecto Doppler
- Anisotropías secundarias

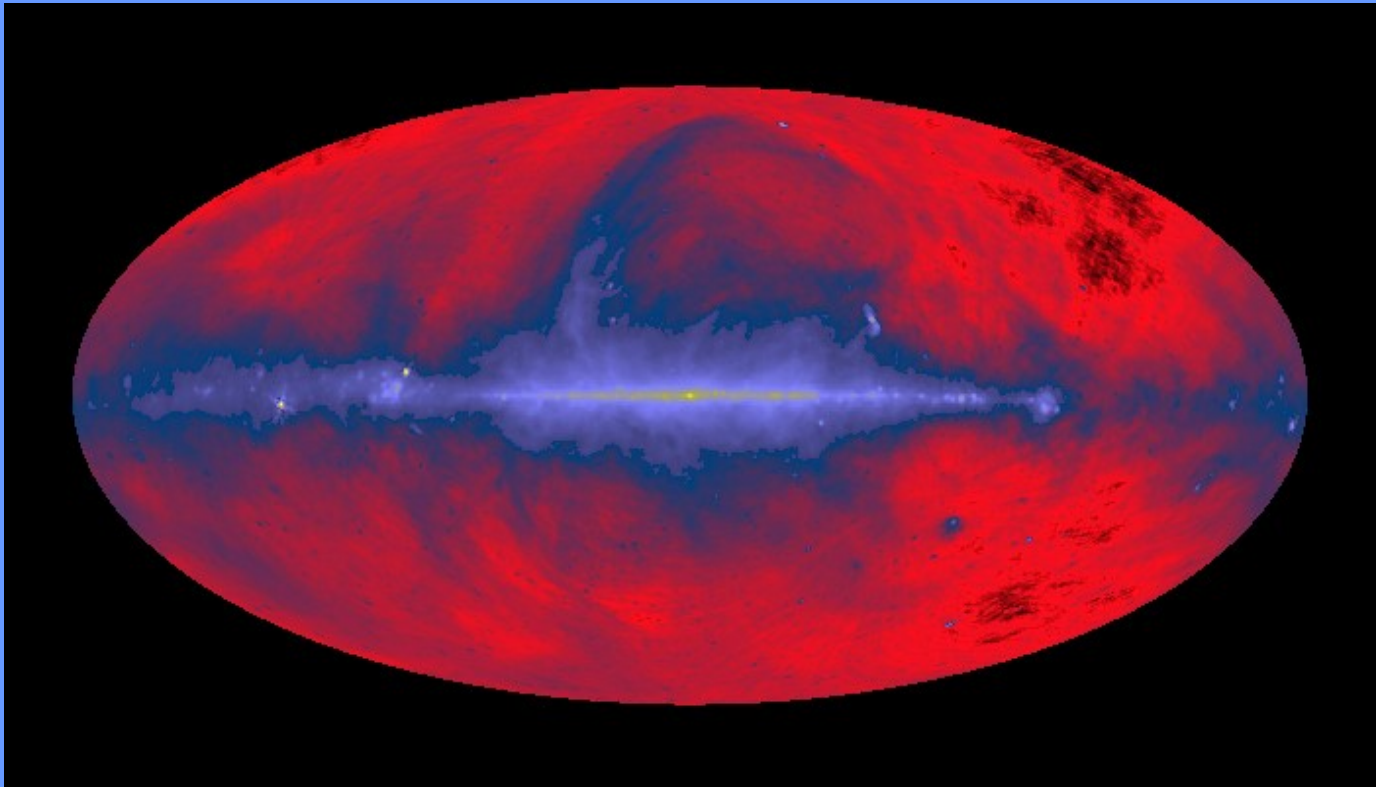
$$\frac{\Delta T}{T}(\vec{u})$$



Anisotropías secundarias

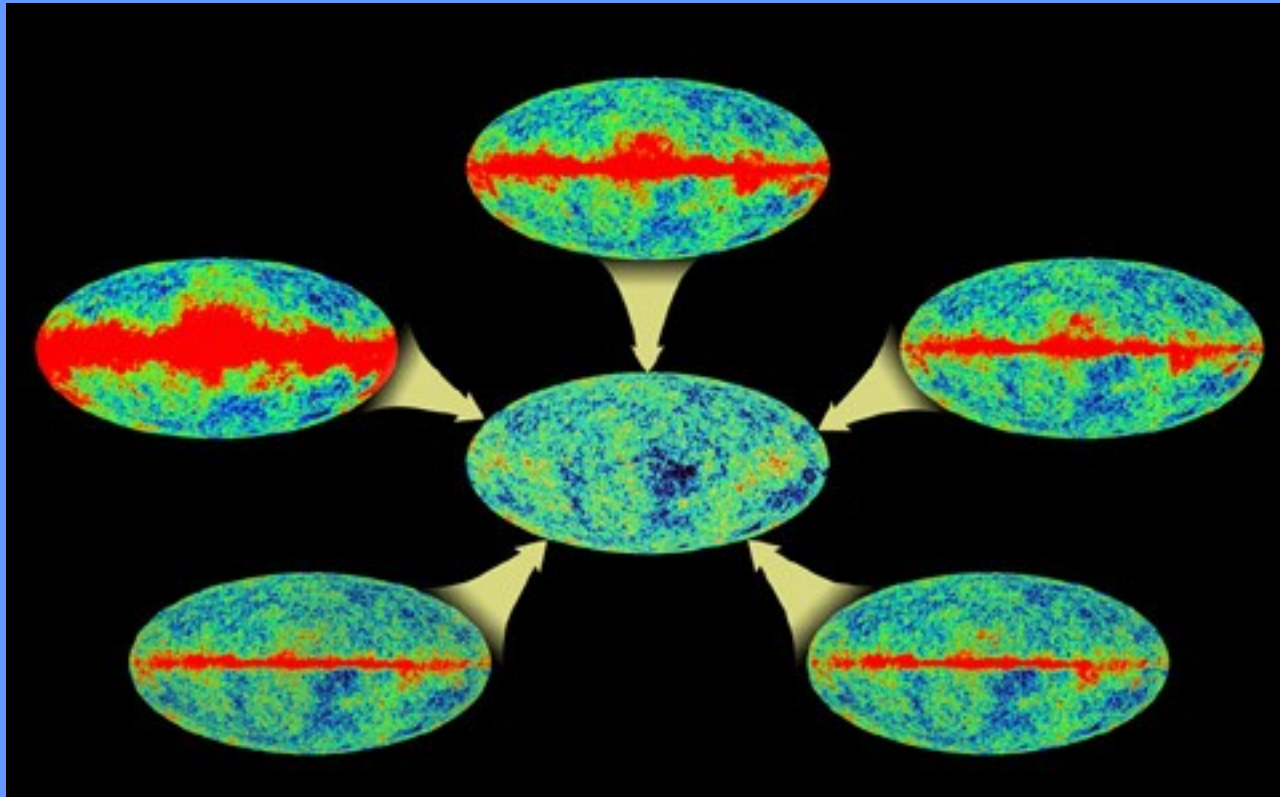
- Se producen durante el largo trayecto de los fotones hasta nosotros.
- La Vía Láctea (sincrotrón, libre-libre, térmico)
- Efecto Sunyaev-Zeldovich
- Efecto Sunyaev-Zeldovich cinético
- Fuentes puntuales
- ...





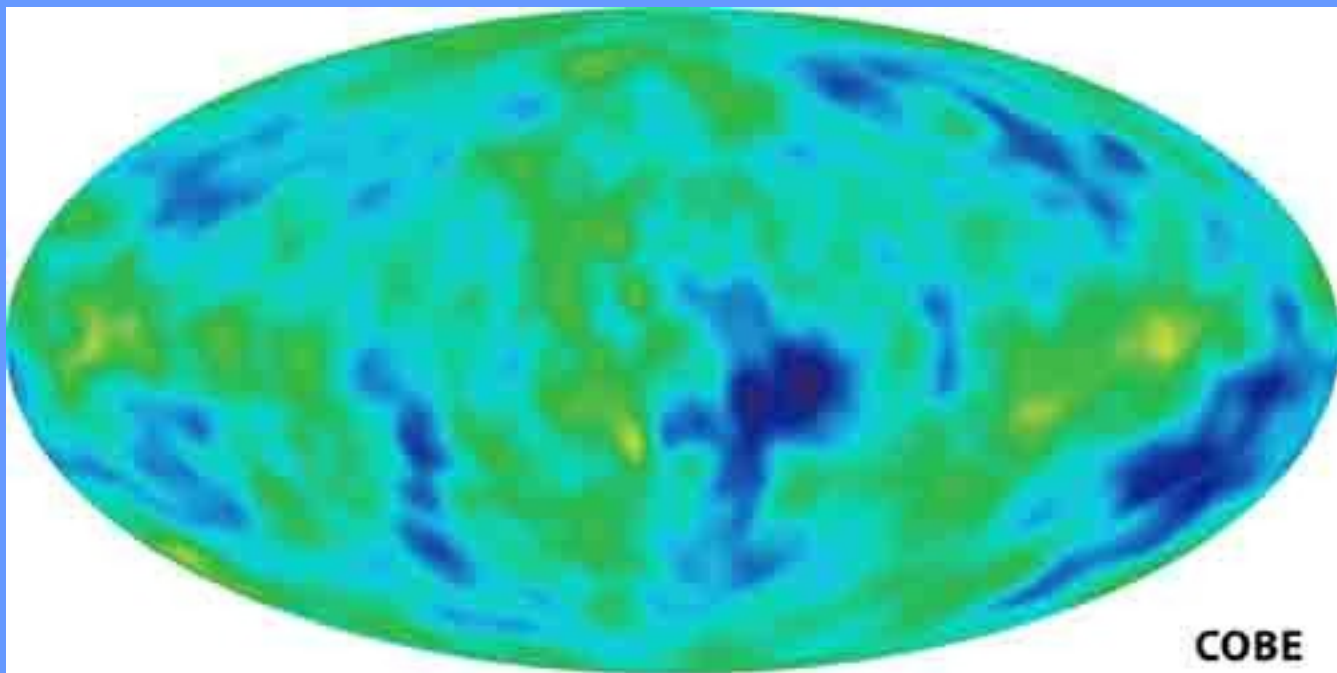
Universo primitivo_IYA_2009



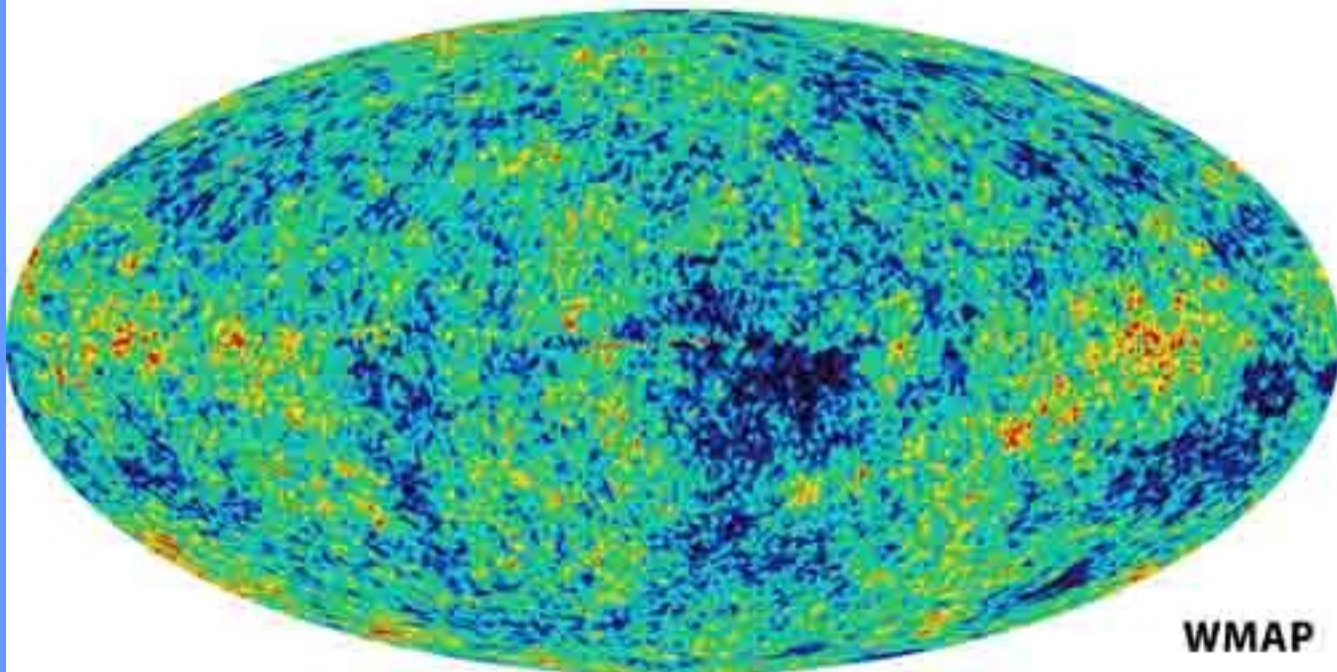


Universo primitivo_IYA_2009



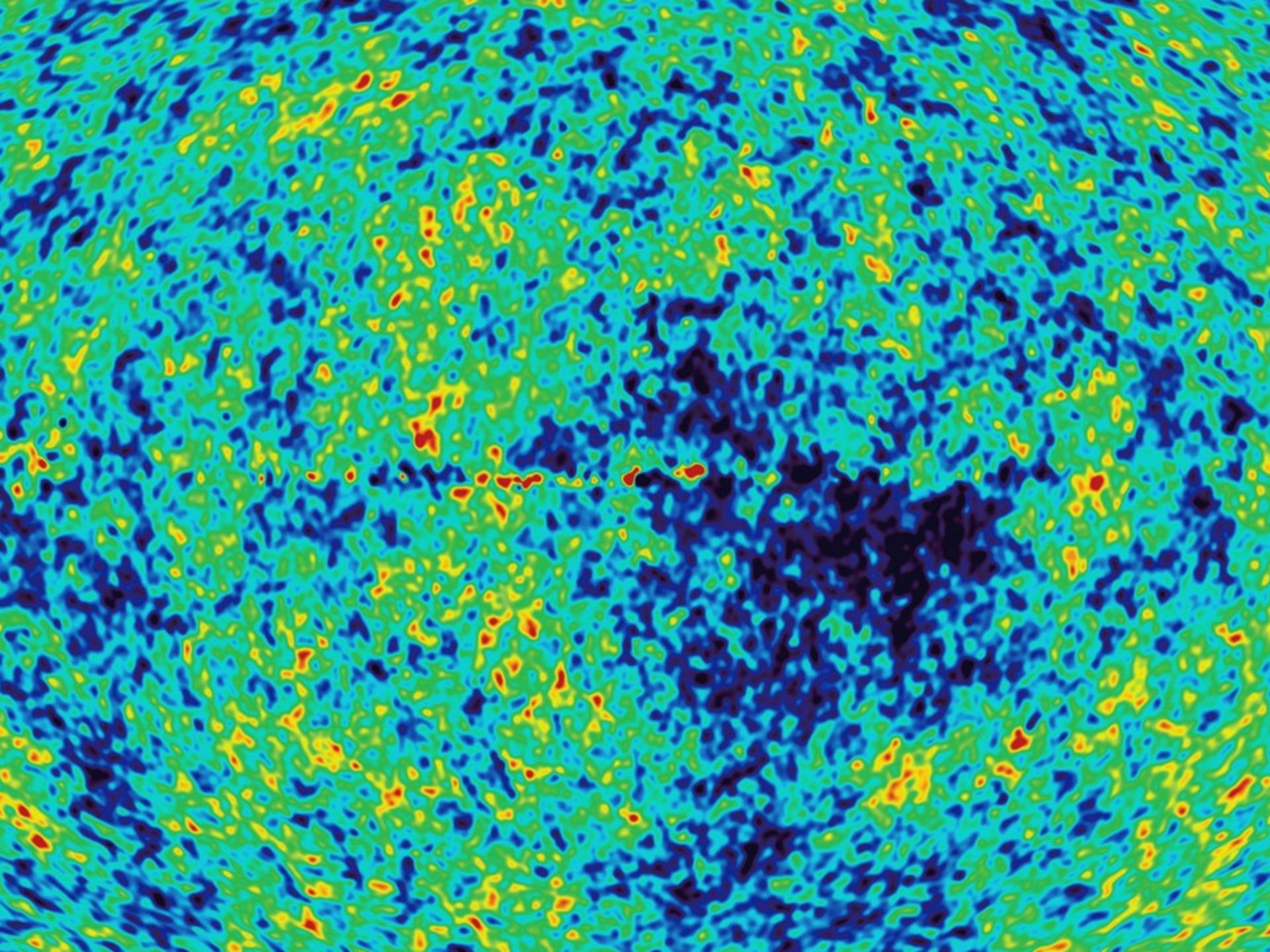


COBE



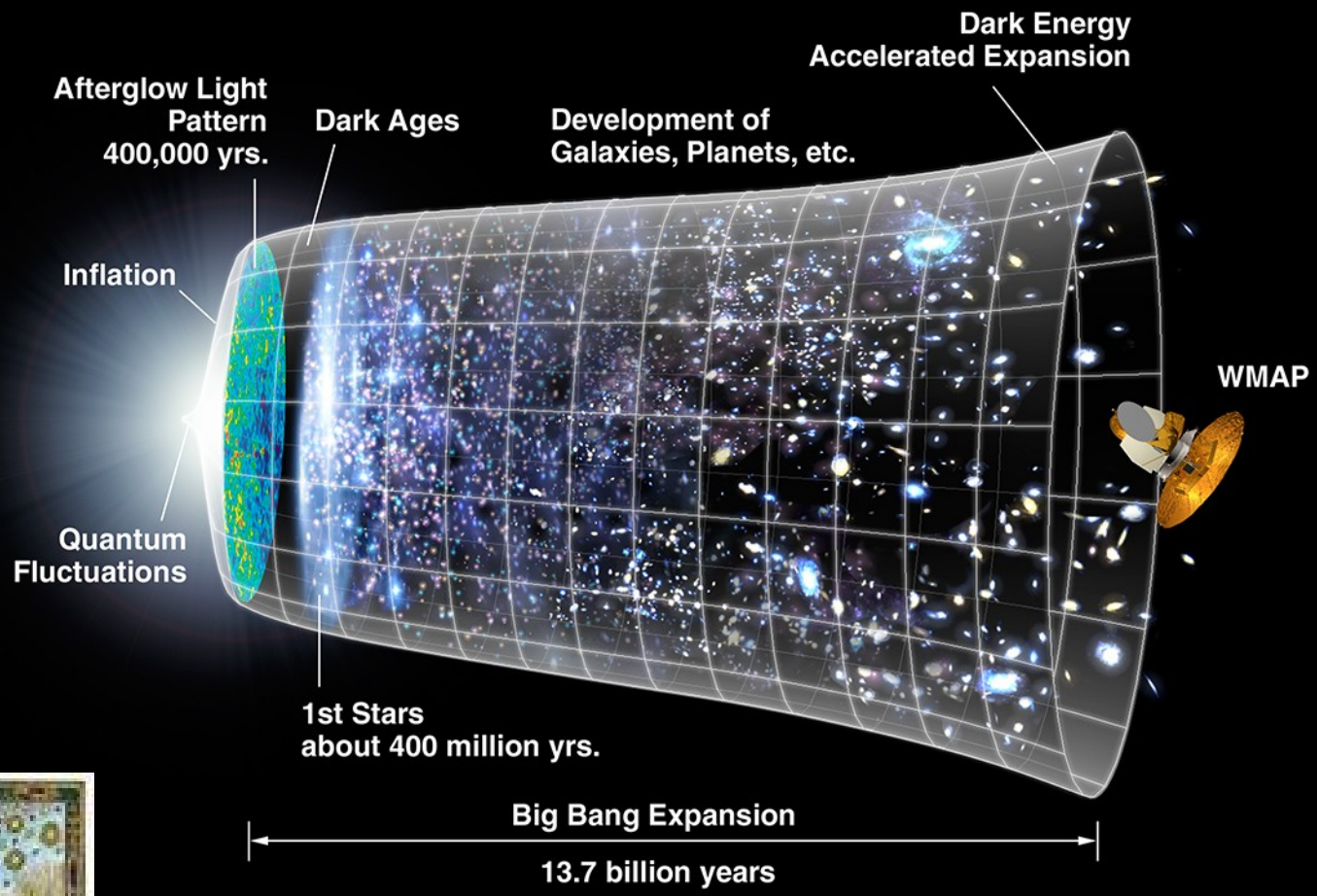
WMAP



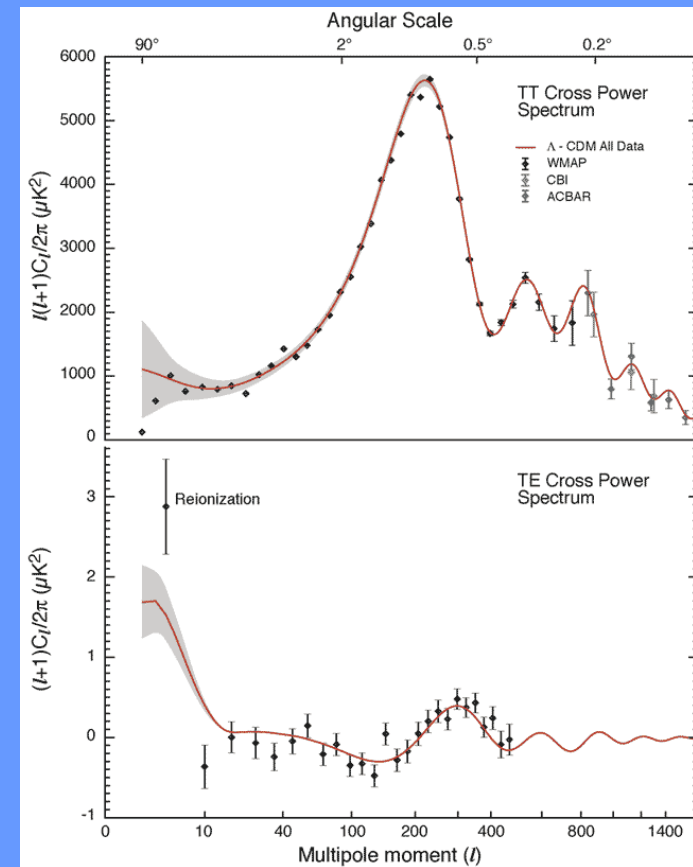


- Una galaxia tendría 10"
- (1' considerando halo oscuro frío)
- El horizonte correspondería a un “supercúmulo” de hoy)
- Hay anisotropías sub- y super-horizonte





- Armónicos esféricos
- Momento del dipolo “ l ”: Cuanto mayor menor es el ángulo de la anisotropía.
- Obsérvese el “pico Doppler”.
- CMB no es predecesor de “nuestro Universo”, pero su espectro tiene que ser el predecesor de nuestro espectro de inhomogeneidades.
- A partir del espectro hay que determinar cómo es el Universo.
- CMBFAST es un código popular: Es una tienda de universos.



Efecto Sachs-Wolfe

- Predomina a ángulos grandes, l pequeño
- Estructuras super-horizonte
- Si la densidad es mayor hay desplazamiento al rojo relativista



Música primordial

- El espectro de anisotropías con sus picos Doppler, recuerda más la música con una nota y sus armónicos que el ruido.
- Las ondas de Jeans generadoras de estrellas y galaxias son ruido
- Porque las ondas del CMB se crearon al mismo tiempo
- Incluso, las anisotropías con un nivel de $1/100000$ pudieran medirse en decibelios
- Sería una música muy suave. Un coro a 4 voces, la más aguda de las notas se iría amortiguando
- Pero: El concierto duraría 400 000 años, con una sola nota



densidad
de entgía por
frecuencia

El espectro del cuerpo negro se modifica
por el efecto Sunyaev-Zeldovich

Rayleigh-
-Jeans

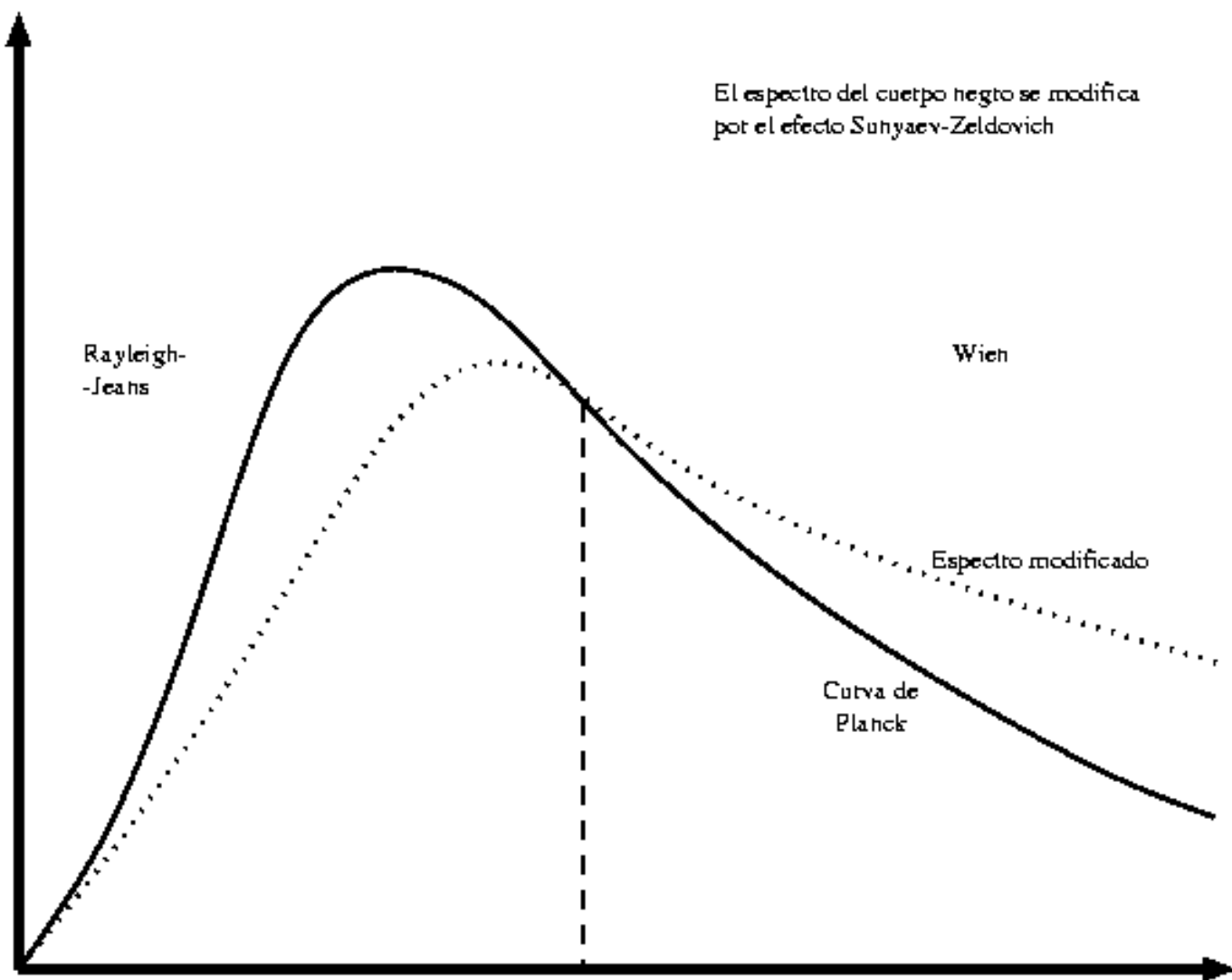
Wien

Espectro modificado

Curva de
Planck

1.38 mm

Frecuencia



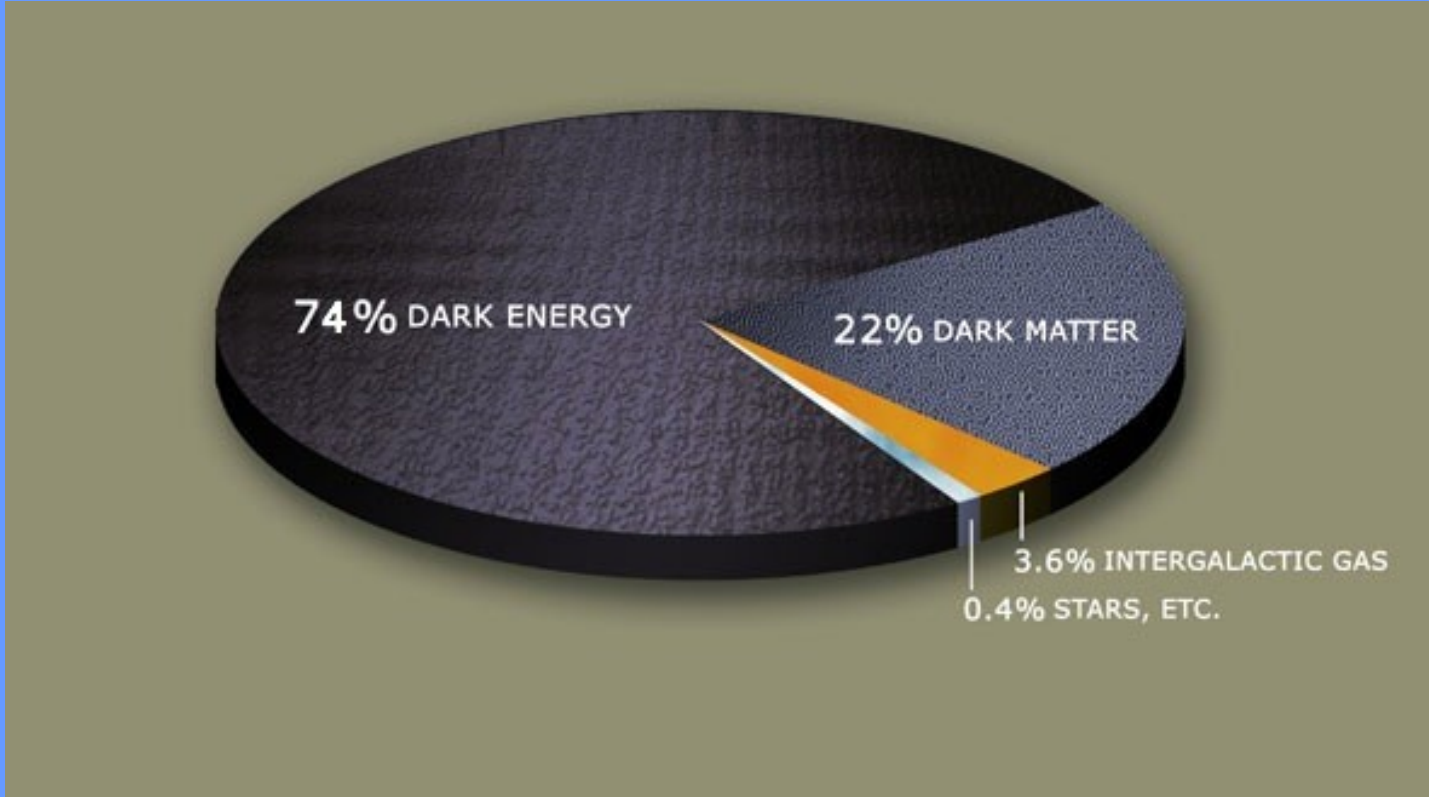
log	$N(\text{cm}^{-3})$	T (K)	B(gauss)
Ionosfera	3, 6	2, 3	-1, -3
Interplanet	1, 4	2, 3	-6, -5
Sol	8, 12	4, 7	-5, 1
Interior *	27	7	-
HII	2, 3	3, 4	-6
HI	-3	2	-6
Púlsares	12, 42	-	12
Interestelar	-3, 1	2	-6, -5
Intergaláctico	-4	5, 9	-6
CMB	4	3	-4, -2
Universo	-5	?	-8, -6



Pero hay diferencias...

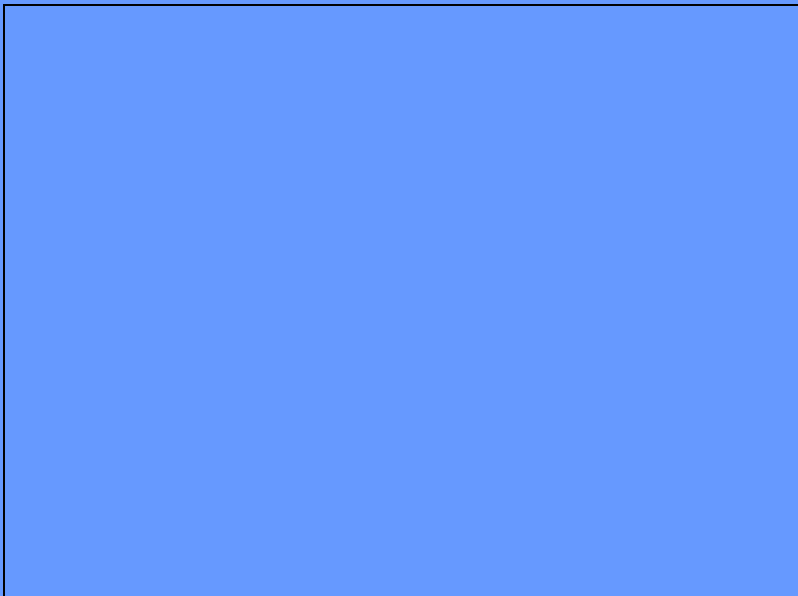
- Expansión de Hubble
- Condiciones iniciales en la era dominada por la luz
- Influencia de la materia oscura y la energía oscura
- Colapso de inhomogeneidades
- ...
- La experiencia en la ionosfera no nos sirve de mucha ayuda





Constantes del Universo

Antes



Ahora

$z = 1100$, CDM, inflación

$(13.7 \pm 0.2) \times 10^9$ años

380000 tras Big - Bang

$H_0 = 71 \pm 4$ km/(s Mpc)

$\Omega_B = 0.044 \pm 0.04$

$\Omega_{\text{no bariónico}} = 0.23 \pm 0.04$

$\Omega_\Lambda = 0.73 \pm 0.04$

Reioniza : $100 - 400 \times 10^6$ años

$z_* = 30 - 11$



Planck y Granada

- Pre-regulador
- Parte del sistema de enfriamiento
- El HFI funciona con 0.1 K
- Planck ,
 - éxito aeronáutico!
 - Éxito instrumental?
 - Éxito científico?



Proyecto Planck

- Constraints on primordial magnetic fields
- Leader E. Battaner (Univ. Granada; Co-leader J. A. Rubiño (IAC)
- Miembros del proyecto:
- Aumont (INP, Grenoble), Crittenden (ICG, Hampshire), Finelli (INAF-IASF Bologna), Génova-Santos (IAC), Hernández-Monteagudo (MPA, Garching), Mcías-Pérez (INP, Grenoble), Martínez-González (IFC), Matarrese (Univ. Padova), Naselsky (NBI, Copenhagen), Natoli (Univ. Roma), Paci (INAF-IASF), Paoletti (INAF-IASF), Rebolo (IAC), Rocha (Univ. California), Stolyarov (SAORAS, Karachacvo), Wielebinski (MPR, Bonn)



Constraints on primordial magnetic fields

- ¿Se puede detectar un campo magnético primordial con Planck?
- ¿Cuáles son los parámetros que definen el Universo cuando se tiene en cuenta el campo magnético?
- Hay que descontaminar la contribución de la Vía Láctea. Obtención del campo magnético galáctico



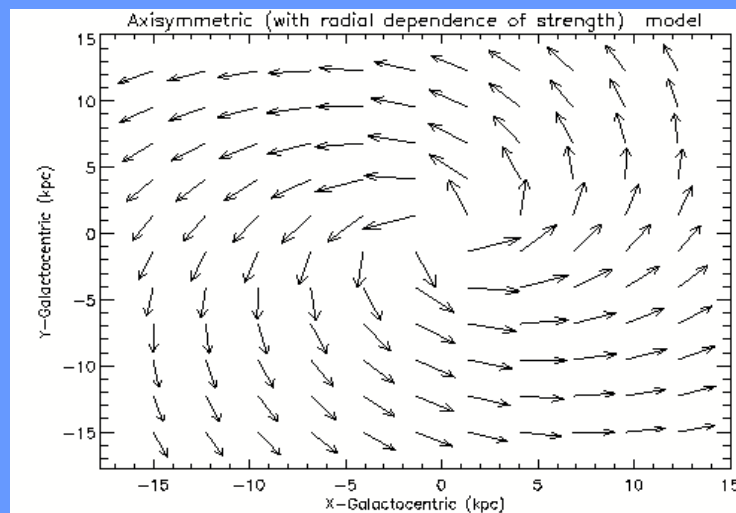
Faraday

- Muchos años antes, M. Faraday, en su búsqueda de la unificación de la luz, la electricidad, el magnetismo y la gravedad, puso un potente electroimán en el camino de un rayo de luz polarizada, encontrando lo que hoy se llama Rotación de Faraday. Este efecto puede ser el que nos sirva para medir el campo magnético en una época muy próxima al Big-Bang.



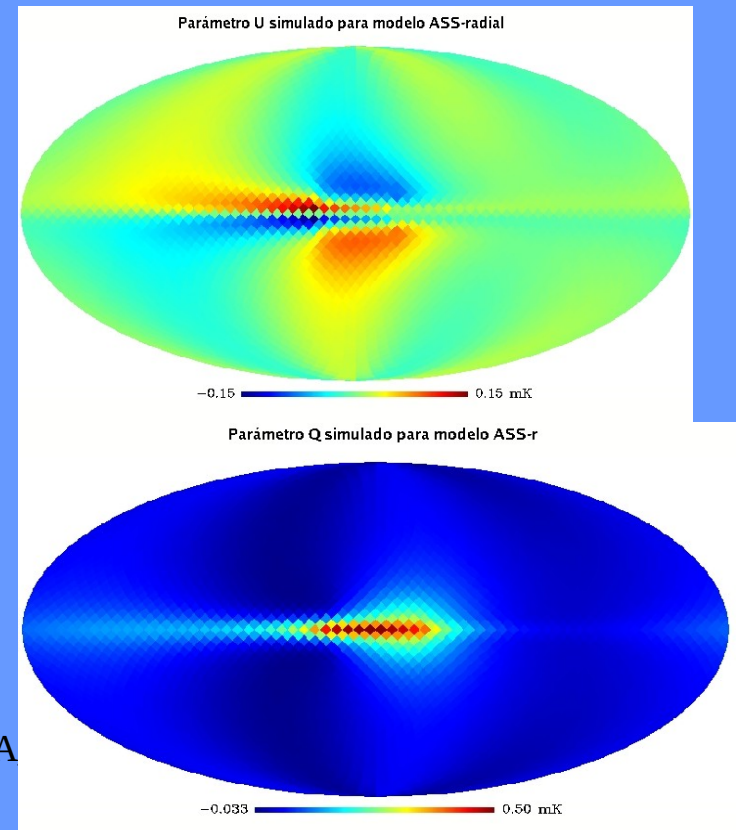
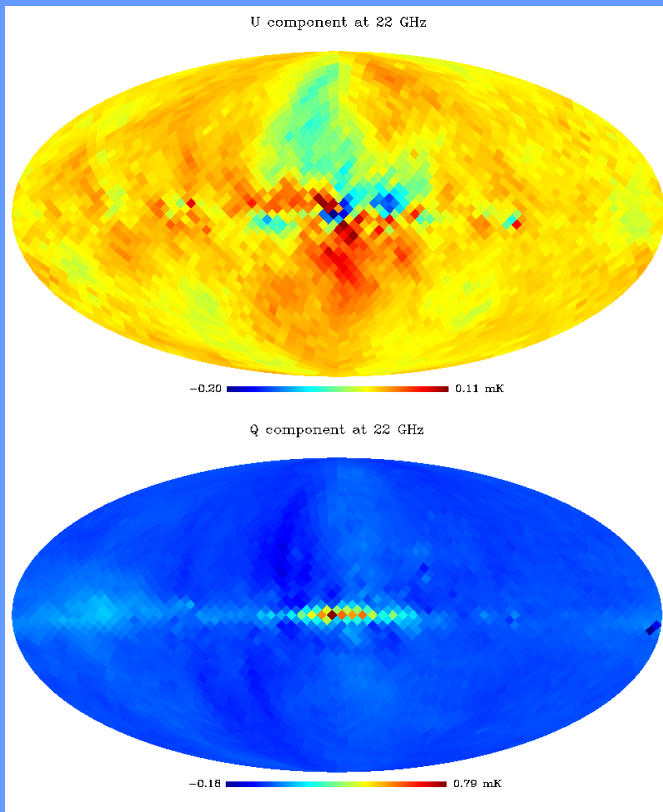
Modelo del campo magnético de nuestra galaxia derivado de datos de WMAP.

- El modelo de campo magnético galáctico que mejor reproduce los datos de polarización es un modelo axisimétrico con variación radial de la intensidad magnética cuyo aspecto en el disco es:



Modelo del campo magnético de nuestra galaxia derivado de datos de WMAP.

- Datos de polarización a 22 GHz del satélite WMAP
- Mejor modelo de campo magnético galáctico que reproduce estos datos.



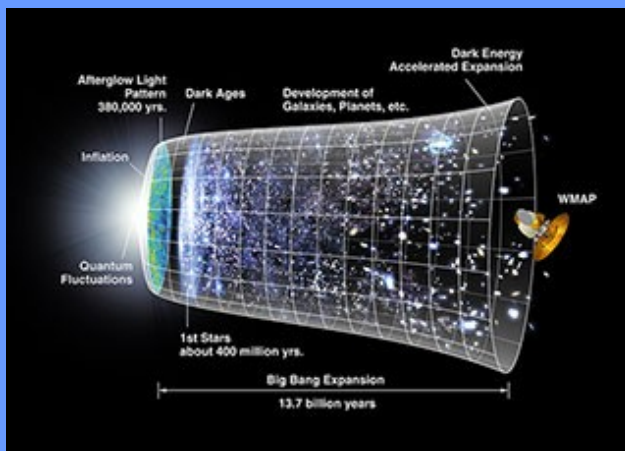
Consideraciones finales

- La idea de un universo magnetizado no es nueva
- Fermi (1949), rayos cósmicos confinados en la galaxia. 1 microgauss. Origen primordial del campo magnético galáctico.
- Hoy puede medirse a grandes distancias (Wielebinski and Shakeshaft, 1962)
- Emisión sincrotrón
- Una cita aún anterior...



Lemaître

- Lemaître (1933):
- En el Universo cíclico el flujo magnético podría conservarse en el rebote, siendo simiente de futuras galaxias, estableciéndose una conexión entre dos vueltas consecutivas.



Greguerías

- Podemos “ver” el pasado (o más bien: sólo podemos ver el pasado).
- Podemos volver a ver lo que ya vimos y dejamos de ver y volveremos a dejar de ver.
- Podríamos “ver” algo aún más próximo al Big-Bang, pero hoy aún no lo vemos
- No vemos casi nada. Ni lo vemos ni lo podemos ver.



http://veucd.ugr.es/pages/conferencias_y_jornadas/divulgacioncientifica
Divulgación científica de la Universidad de Granada

http://u4.cesga.es/web_U4.htm
Una Universidad Un Universo (U4)

<http://www.astronomia2009.es/>
Año internacional de la Astronomía. Nodo español

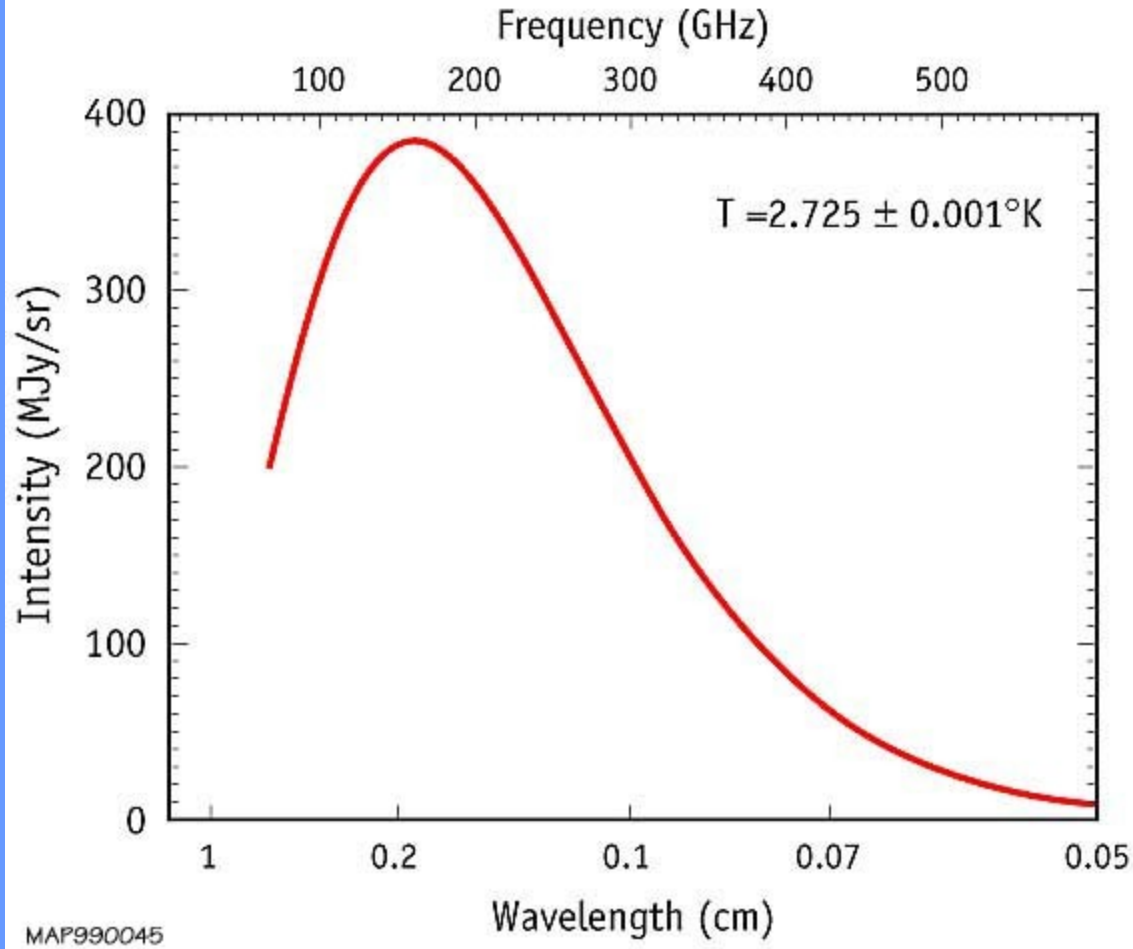
<http://www.ugr.es/~battaner/>
página personal

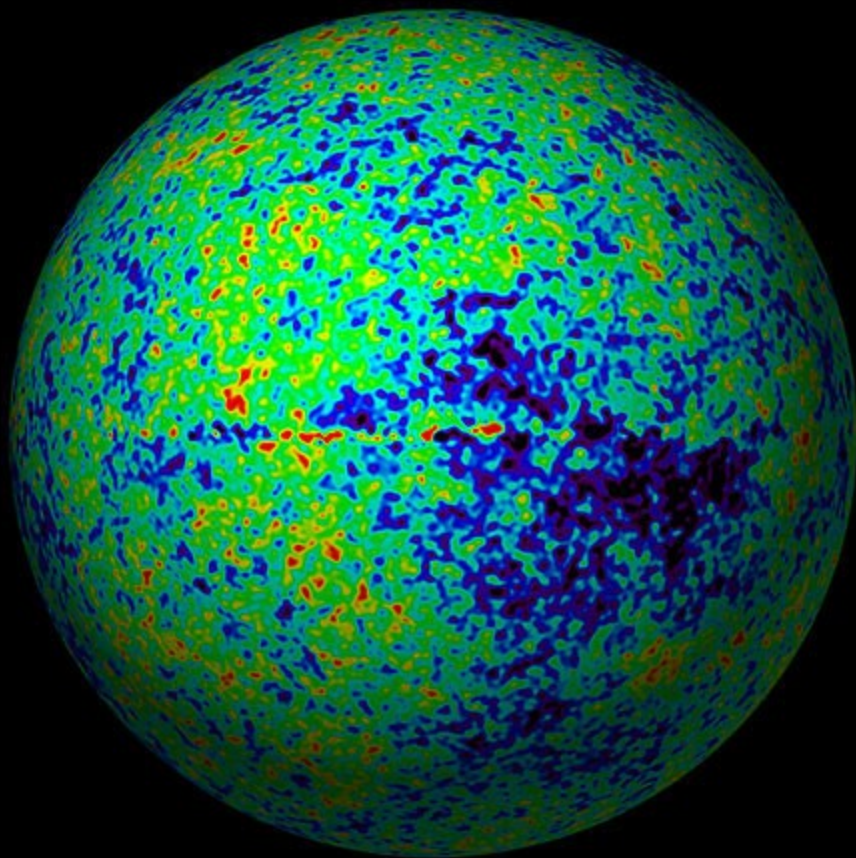
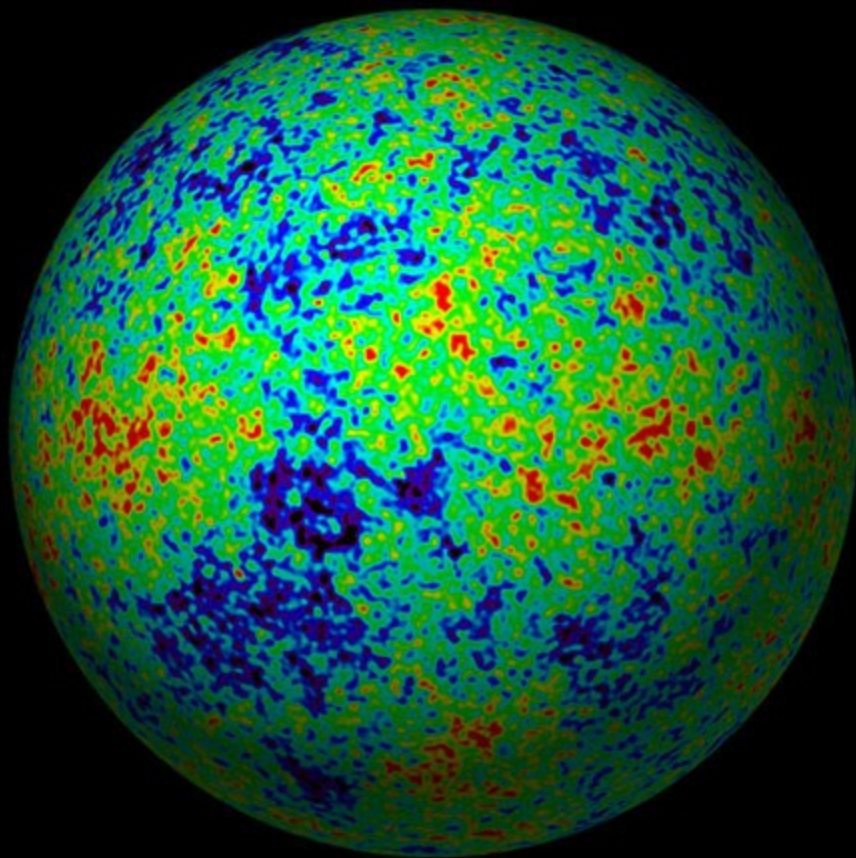


Universo primitivo_IYA_2009



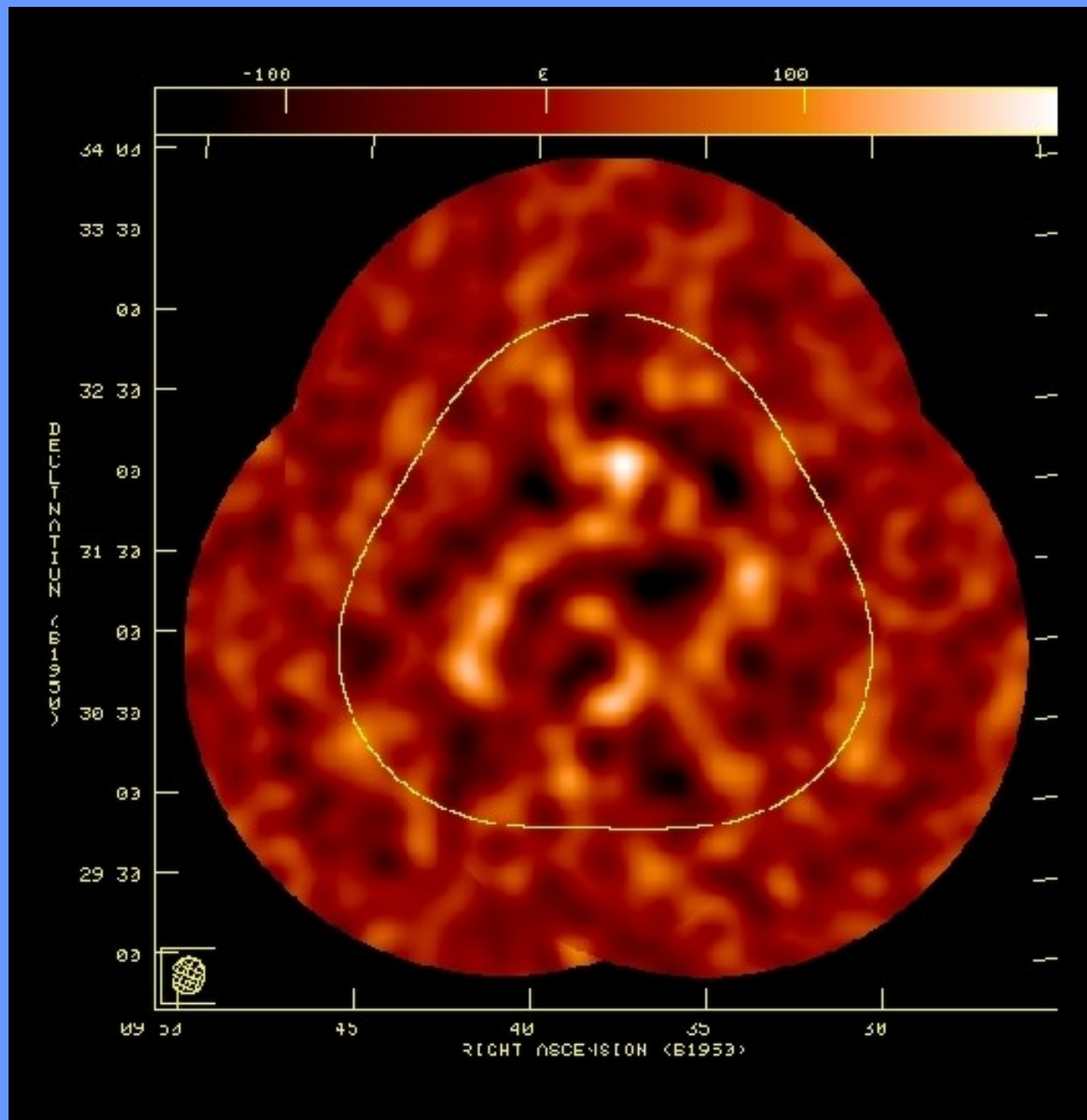
SPECTRUM OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND



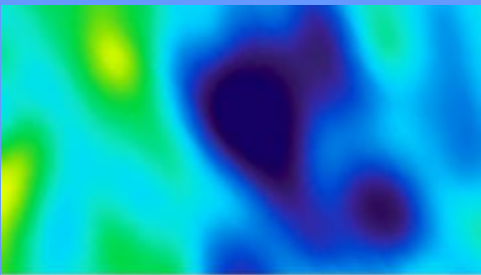


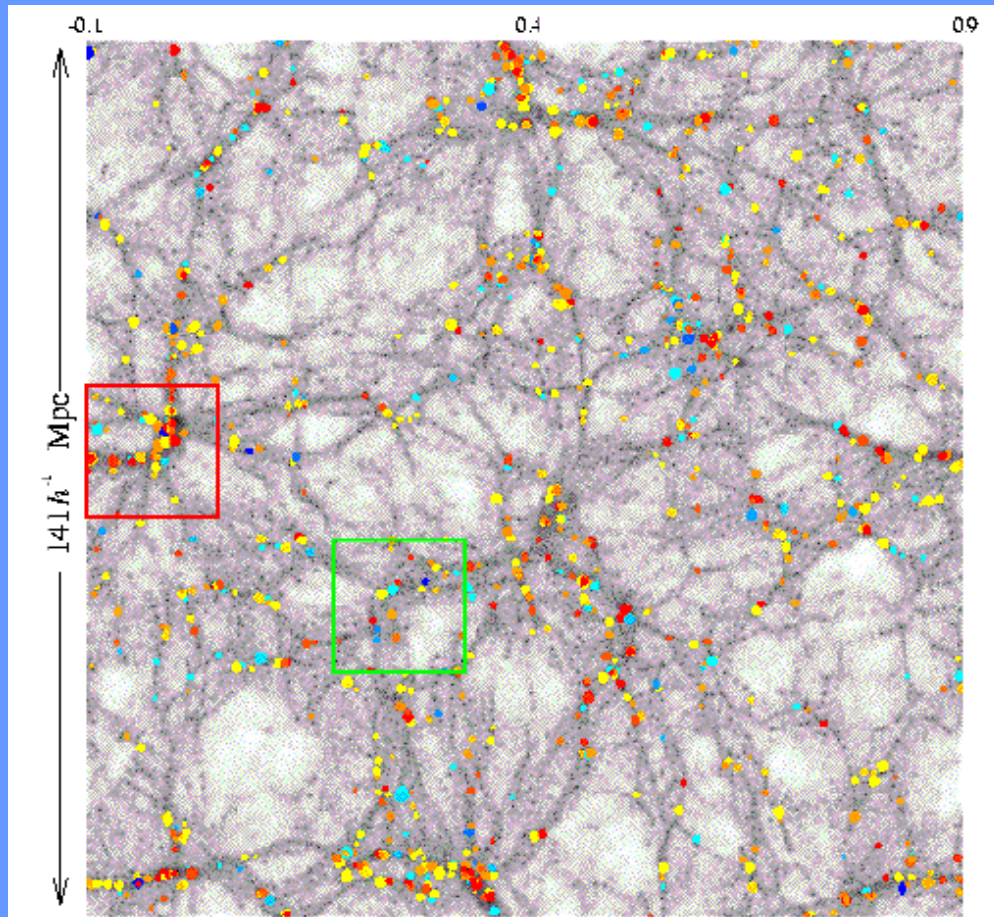
Universo primitivo_IYA_2009





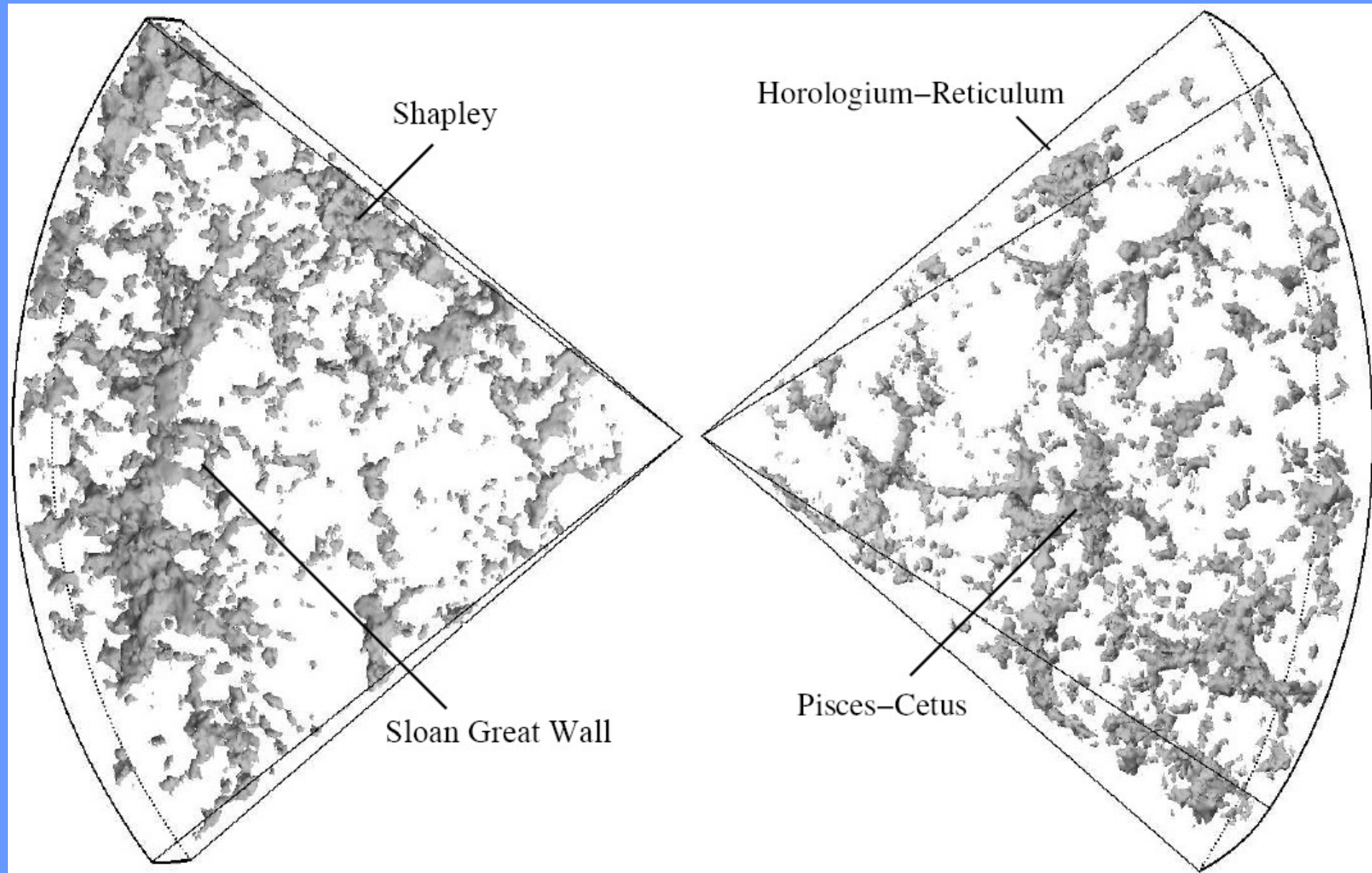


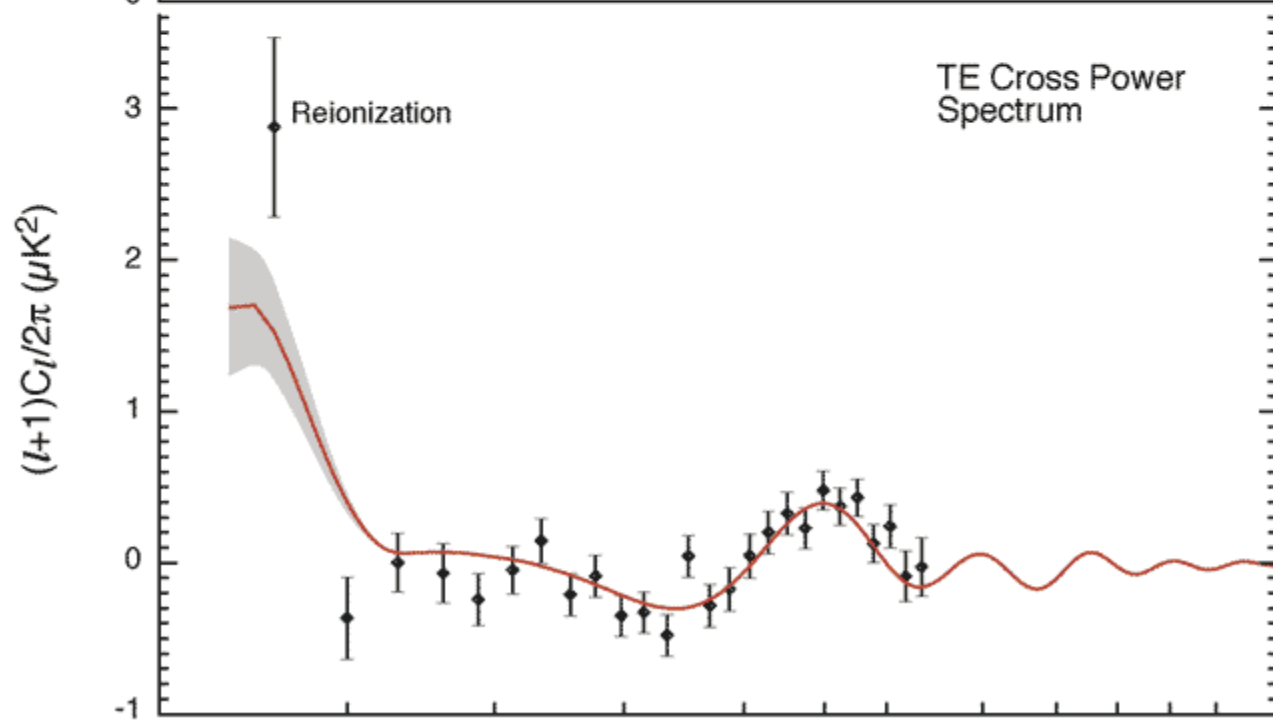
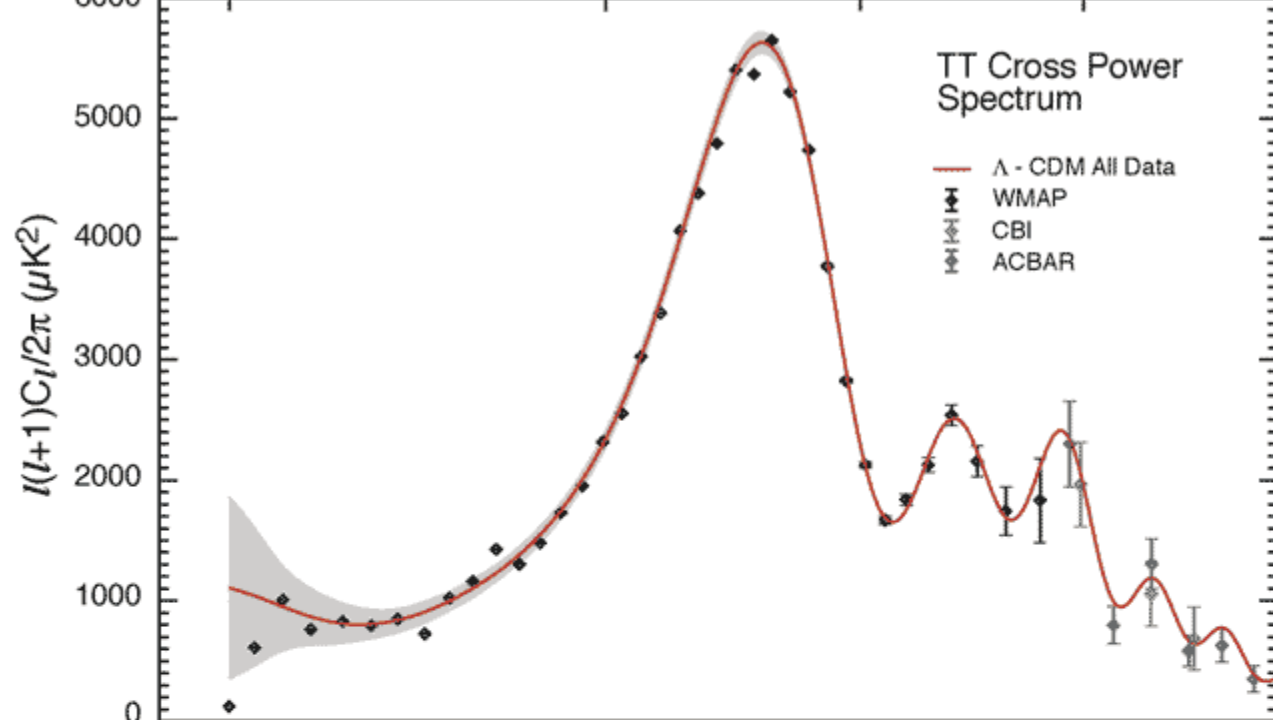


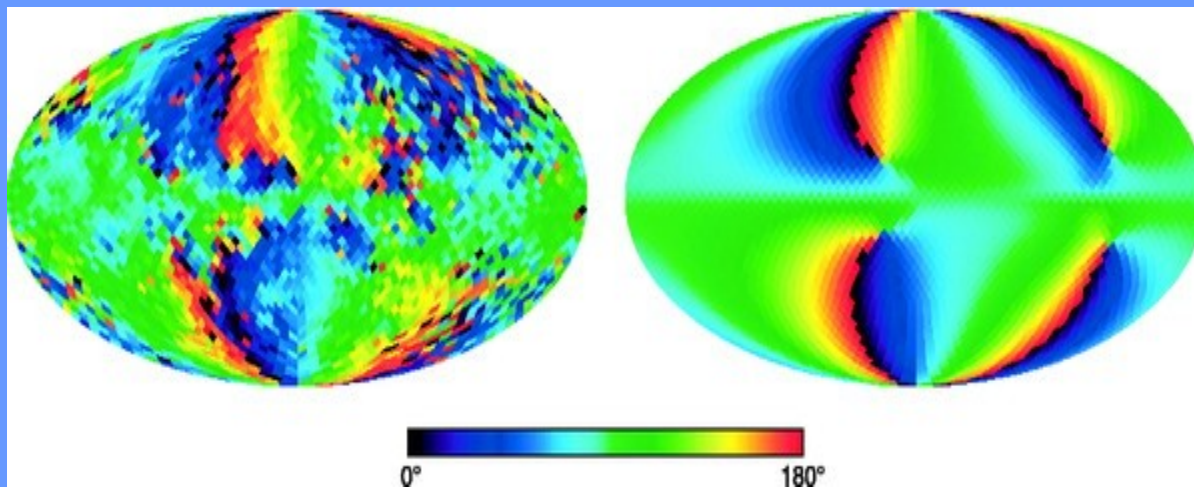


Universo primitivo_IYA_2009





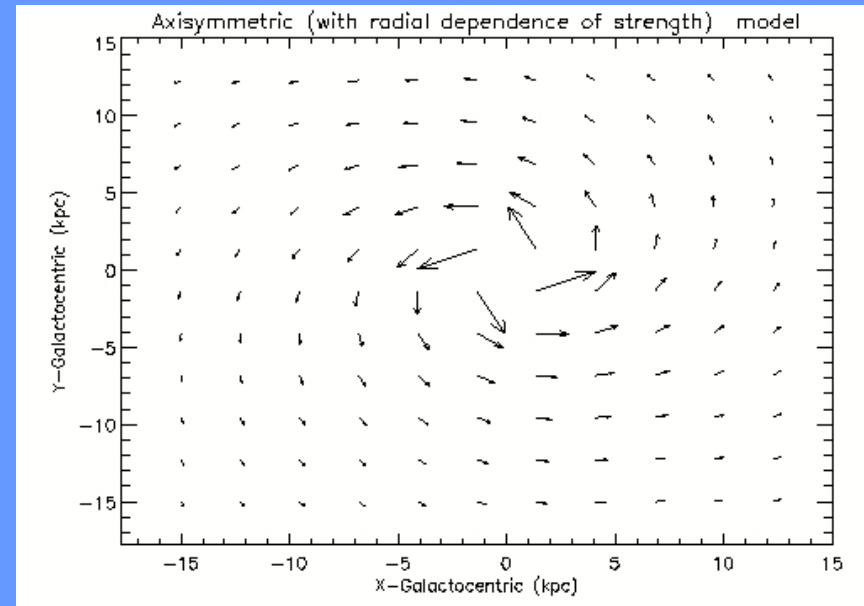
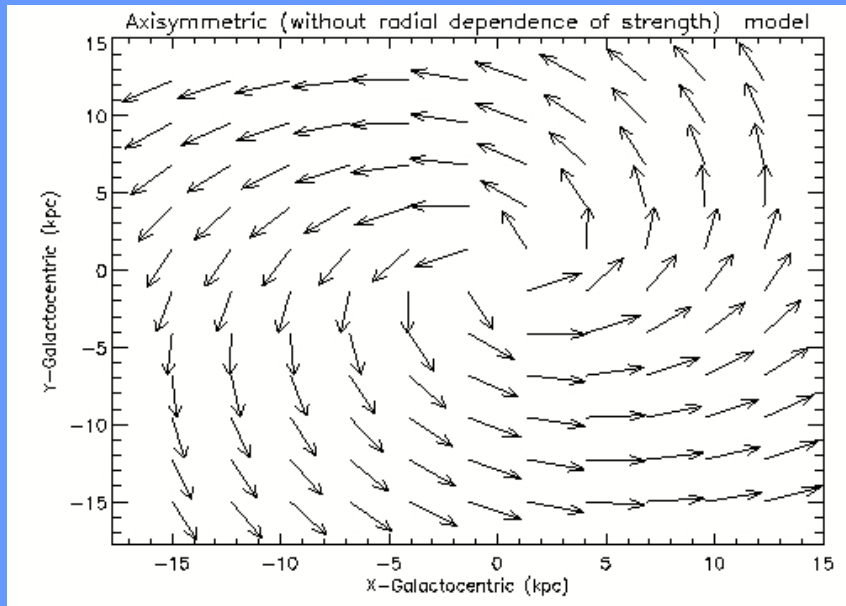




Universo primitivo_IYA_2009

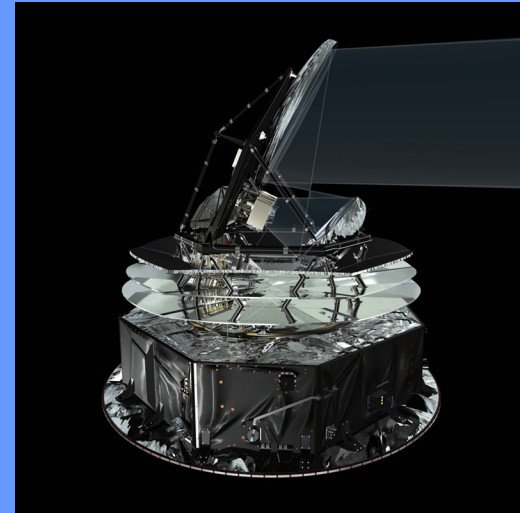


Modelos axisimétricos



Planck

- La misión espacial Planck se lanzará en abril.
- Project Planck:
- “Constraints on Primordial Magnetic Fields”
- Other projects:
SKA (Beck)
QUIJOTE

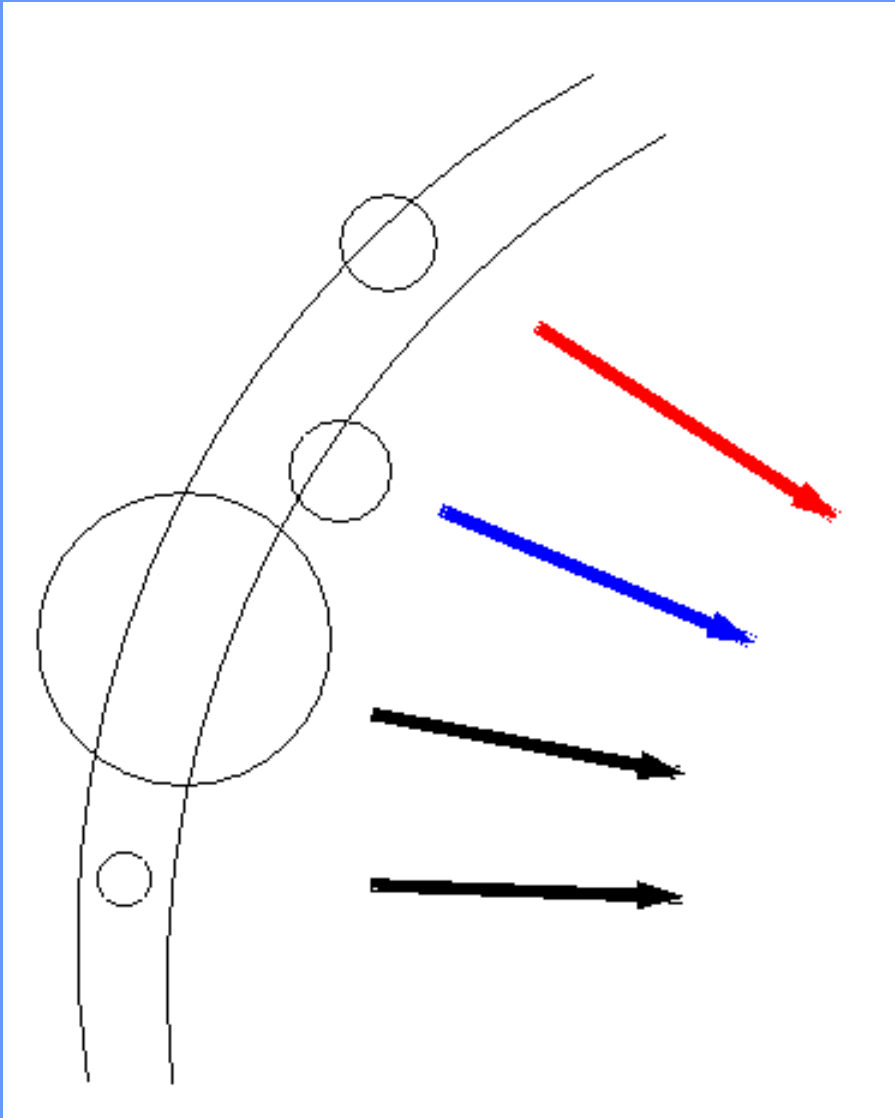


Planck

- Planck puede medir el campo magnético primordial ?
- Mapas ---> Espectros ---> Física ---> Parámetros que definen el Universo
- Al cambiar la física pueden variar los parámetros



pppler



tamaño del espesor =

$$\frac{2t\Delta z}{2/H_0\Omega} \approx t\Delta z H_0\Omega$$

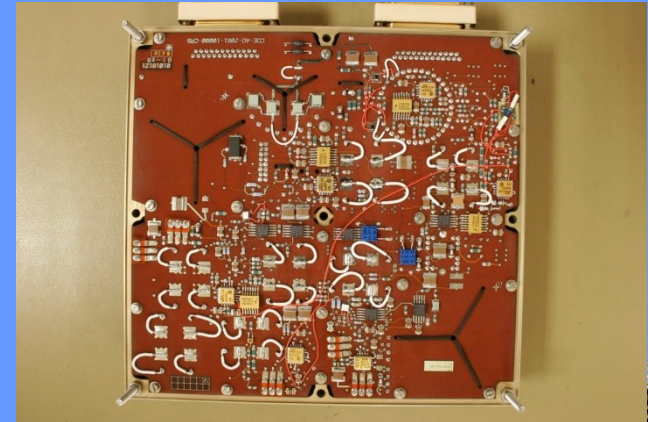
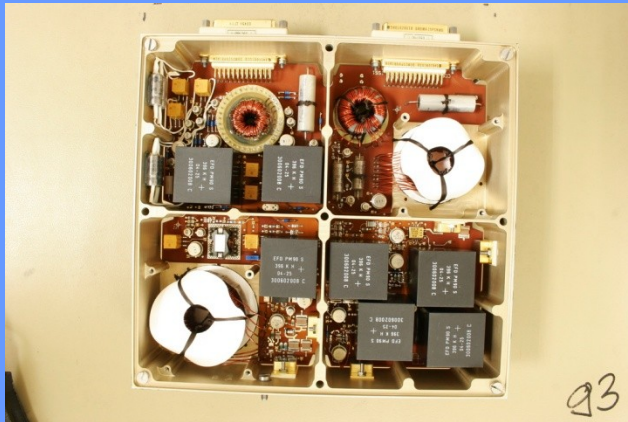


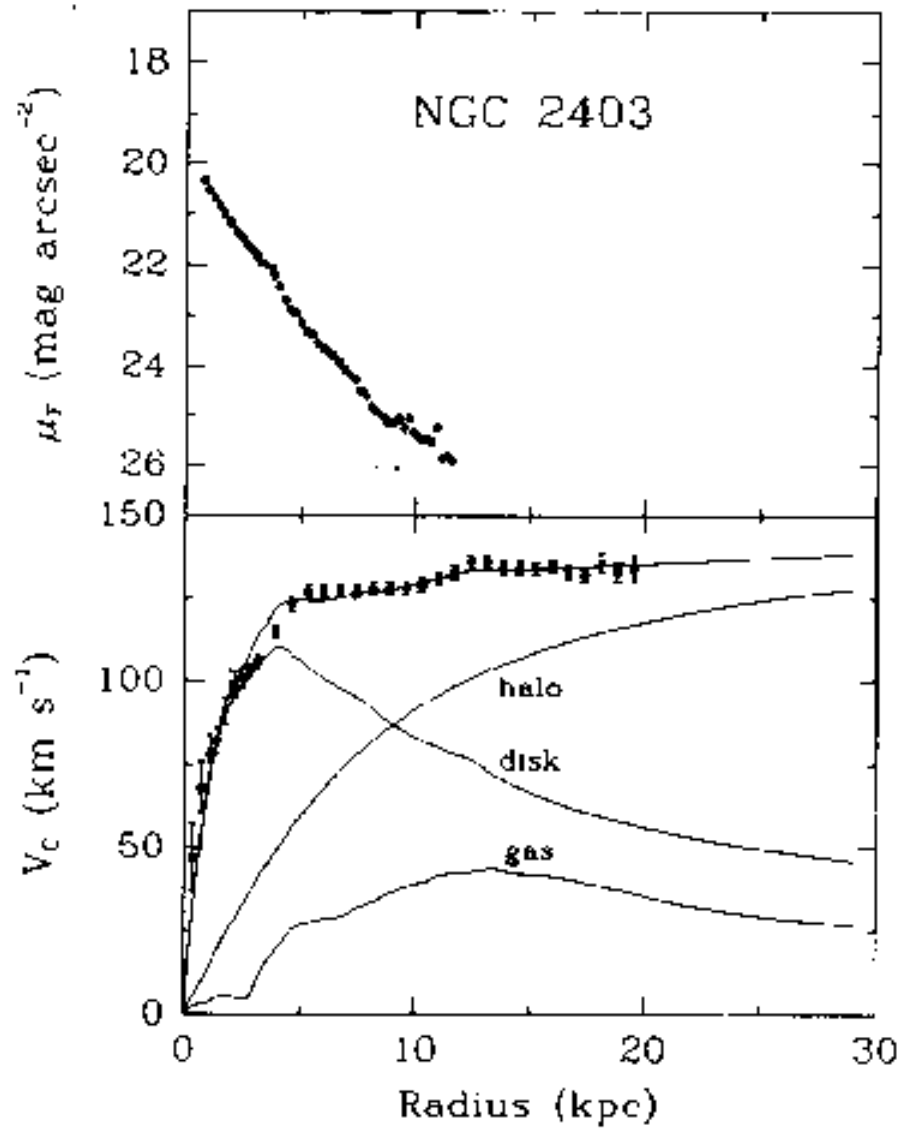
Universo primitivo_IYA_2009



La contribución de la UGR a la misión Planck: el Pre-Regulador de corriente

El proyecto abarcó los años desde Abril 2004 hasta Febrero de 2006, cuando fue entregado el último modelo, el de repuesto.





Universo primitivo_IYA_2009



Universo primitivo_IYA_2009





Universo primitivo_IYA_2009

