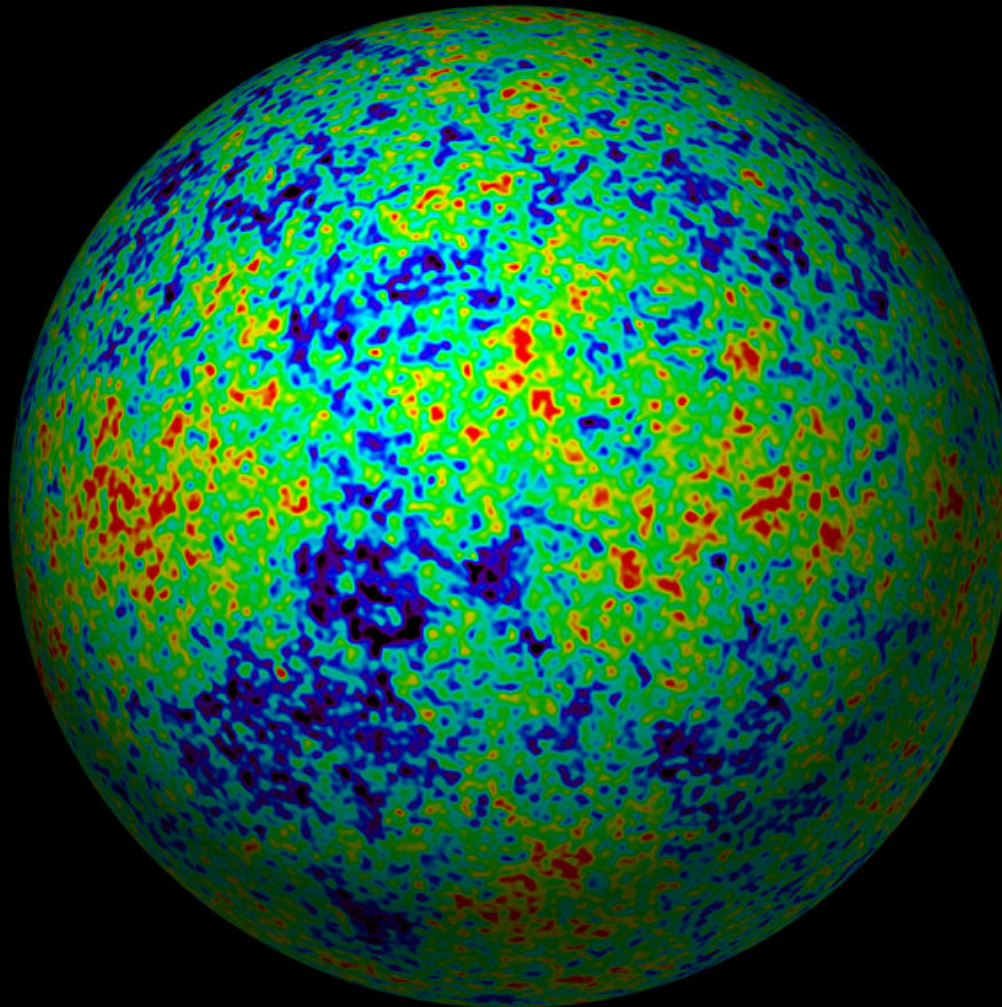


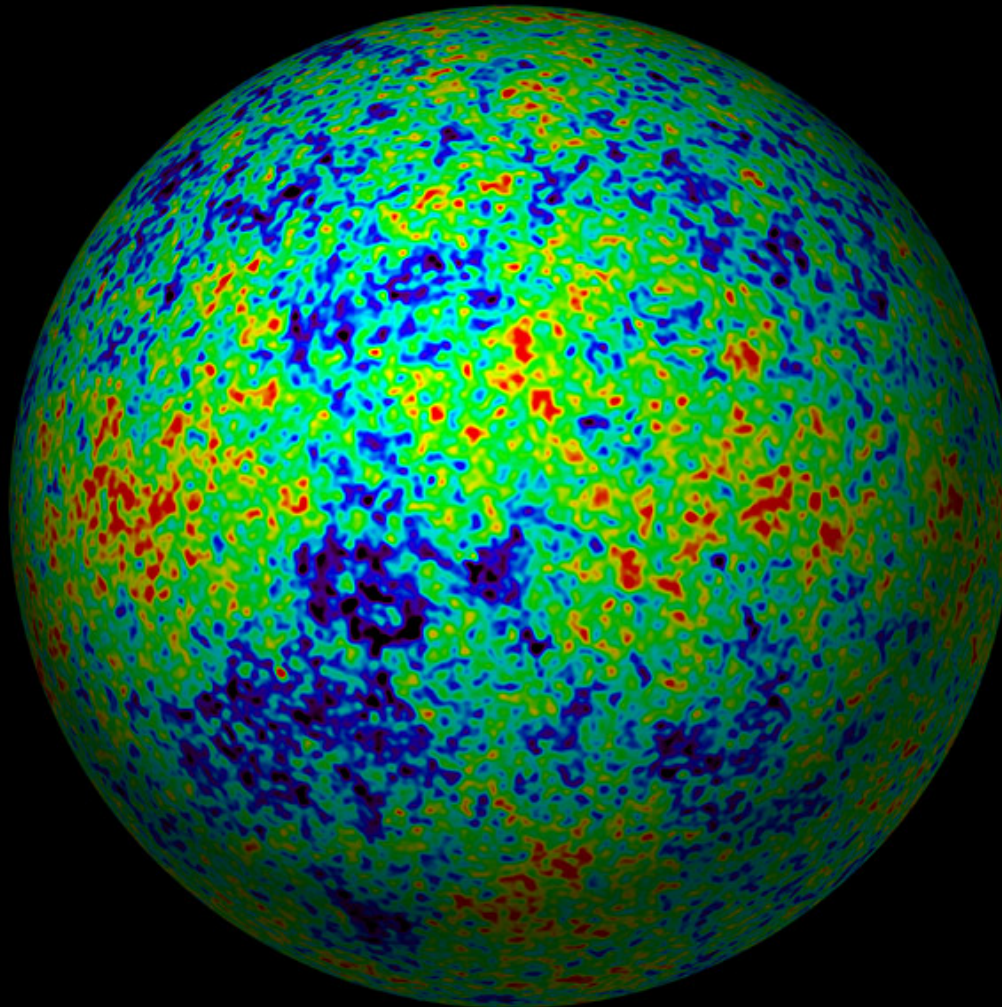
Cosmología y la radiación fósil

Ariel G. Sánchez

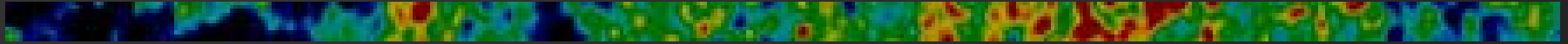


Cosmología y ...

la radiación del fondo cósmico de microondas

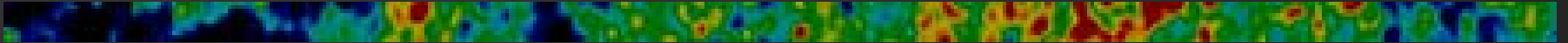


Contenidos:



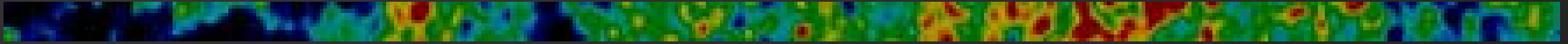
- ¿Que es la Cosmología?
- ¿Que es la Radiación del Fondo de Microondas?
- ¿De que esta hecho el Universo?
- ¿Cual es la historia del Universo?
- ¿Cual es el futuro del Universo?
- ¿Existen otros Universos?

¿Que es la Cosmología?



- La **cosmología** es el estudio del Universo como un todo, su **origen** y su **evolución**.
- Puede distinguirse entre:
 - Cosmología **Física**
 - Cosmología **Observacional**

¿Que es la Cosmología?

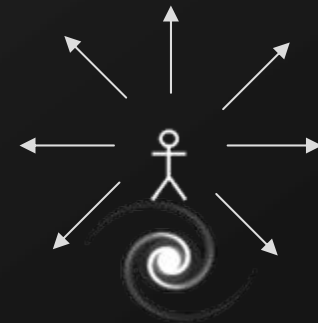


- Las hipótesis básicas:
 - Las leyes de la Física son **Universales**:
en gran escala solo importa la gravedad
(Teoría de la Relatividad General de Einstein)
 - El Universo es espacialmente **Homogéneo** e **Isótropo**.

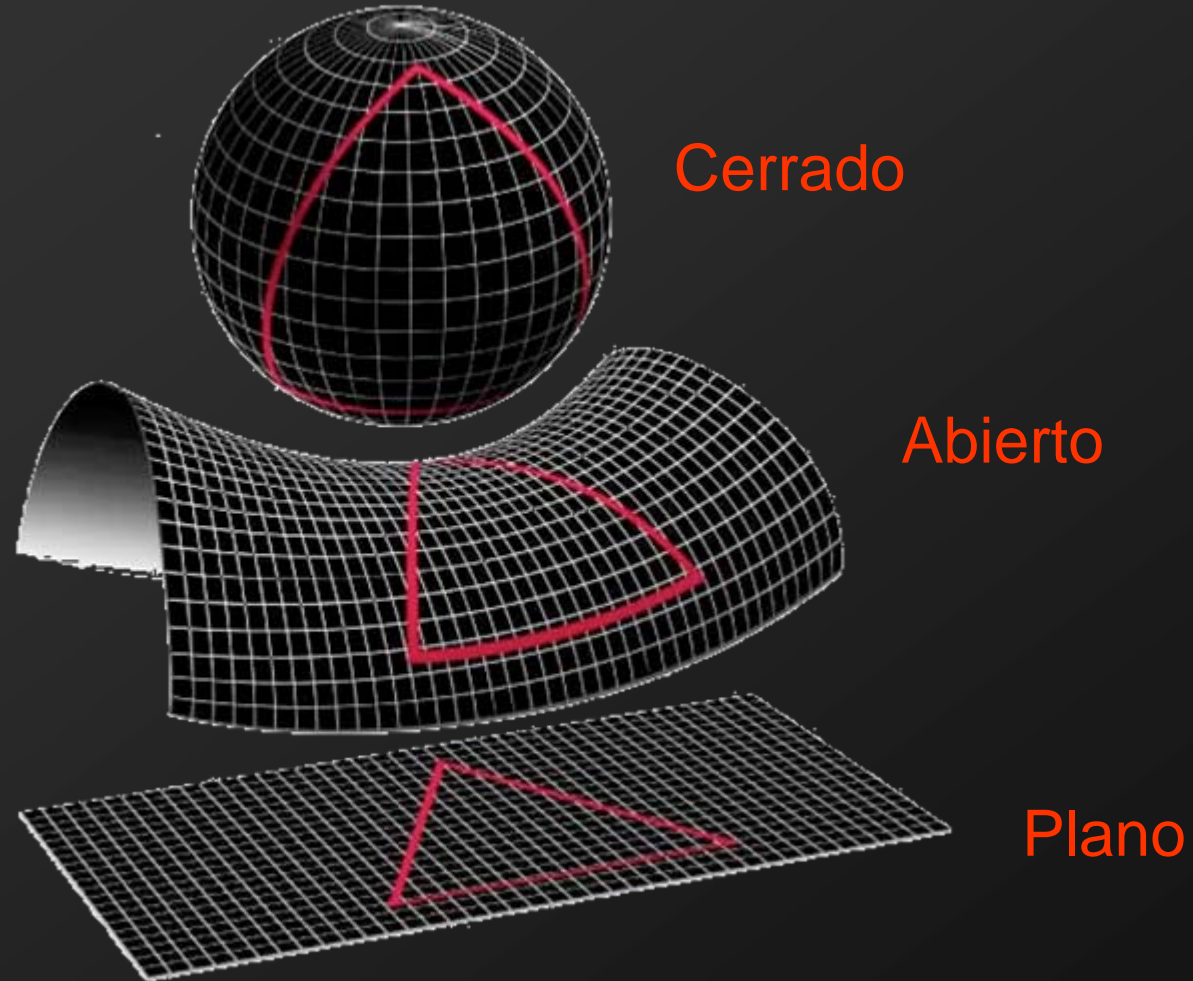
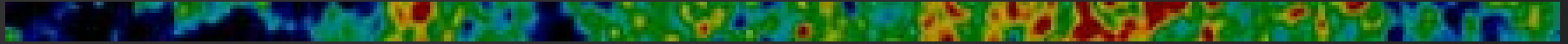
Homogéneo



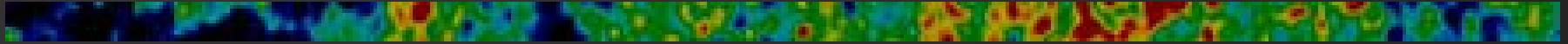
Isótropo



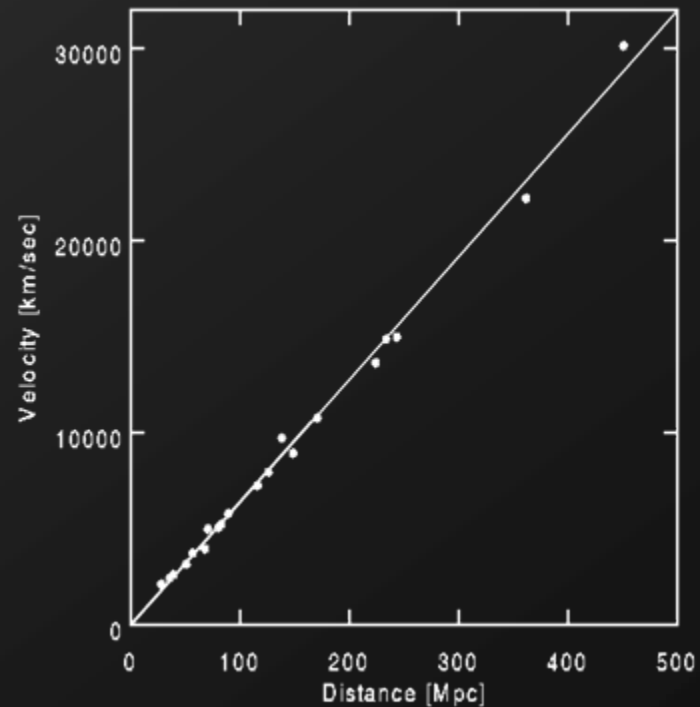
¿Que es la Cosmología?



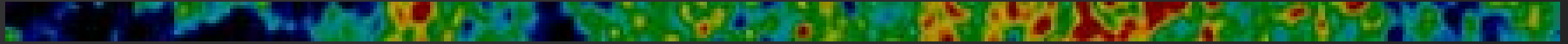
¿Que es la Cosmología?



- El primer modelo cosmológico fue el Universo estático de Einstein (1917).
- En 1929 Hubble observó una relación lineal entre la distancia a otras galaxias y su velocidad.



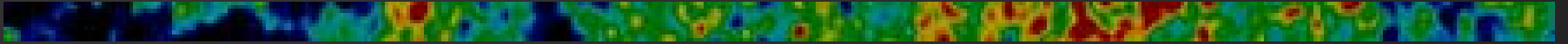
¿Que es la Cosmología?



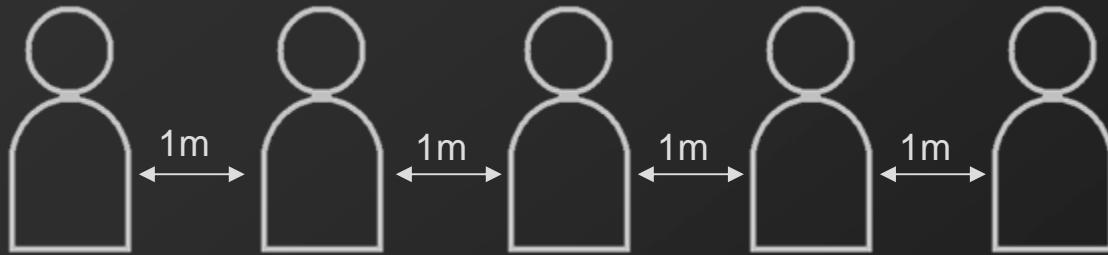
- El primer modelo cosmológico fue el Universo estático de Einstein (1917).
- En 1929 Hubble observó una relación lineal entre la distancia a otras galaxias y su velocidad.



¿Que es la Cosmología?



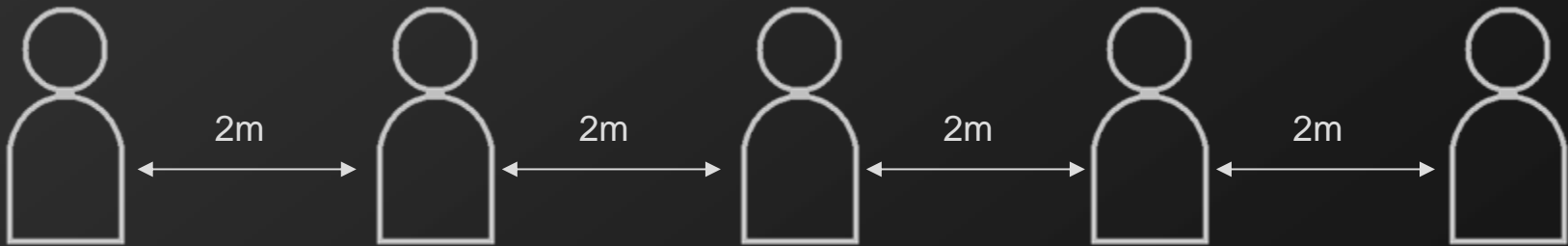
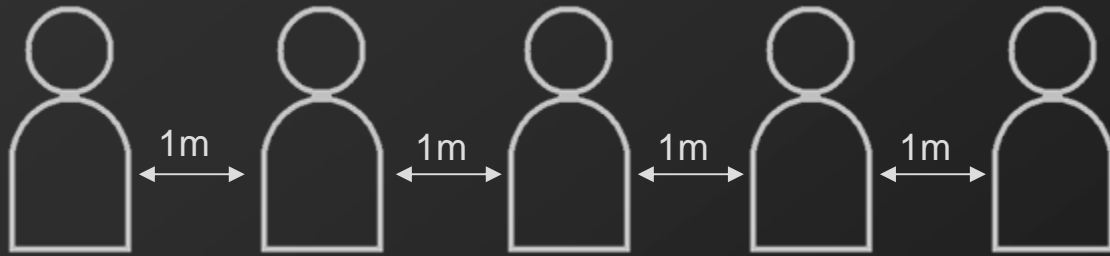
- La expansión del Universo:



¿Que es la Cosmología?



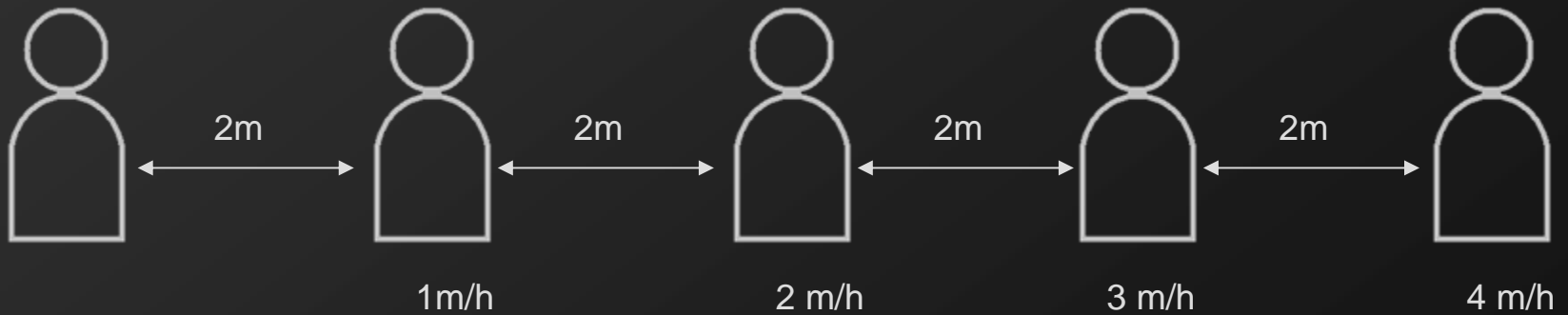
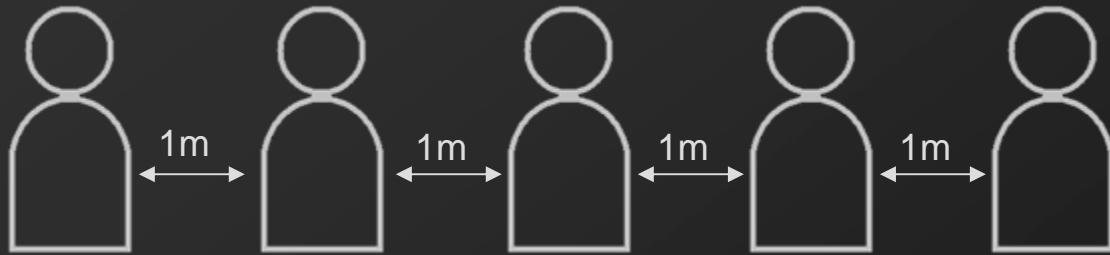
- La expansión del Universo:



¿Que es la Cosmología?



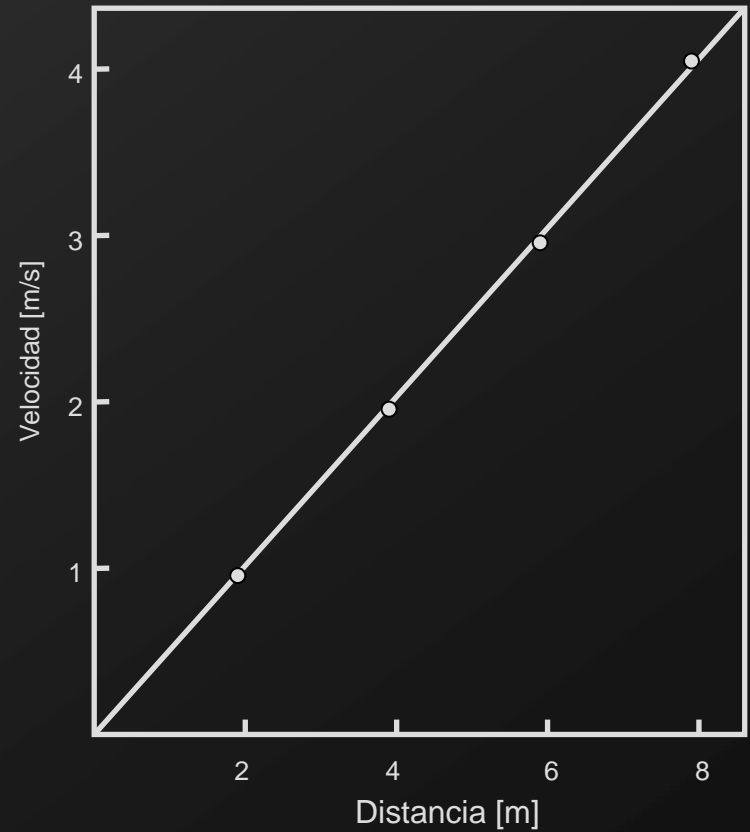
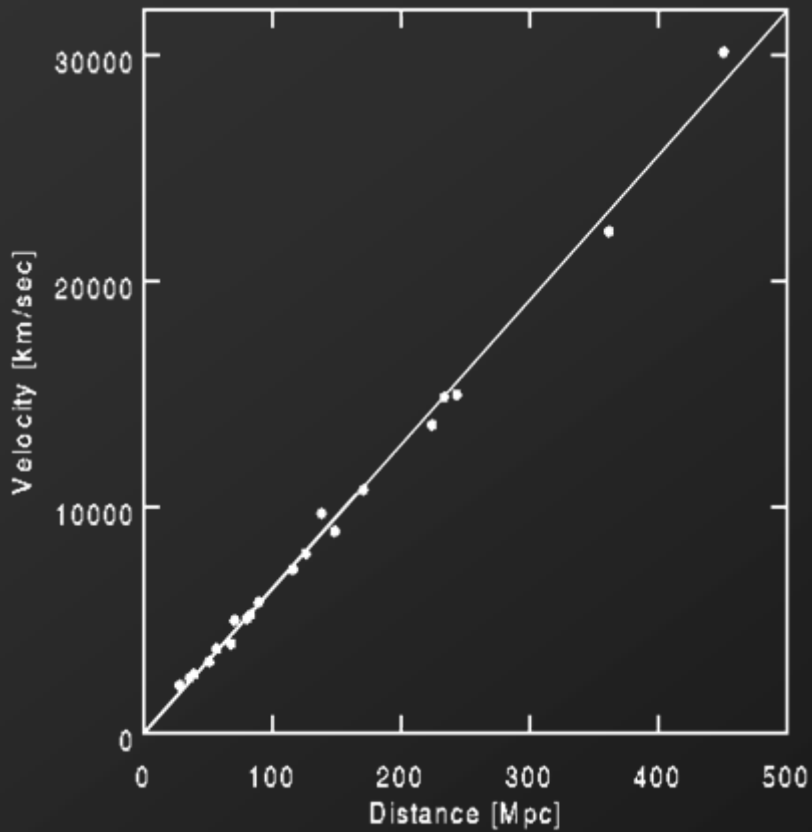
- La expansión del Universo:



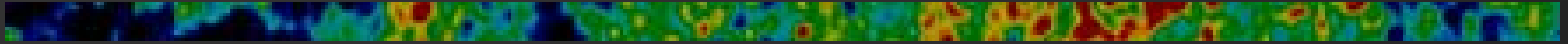
¿Que es la Cosmología?



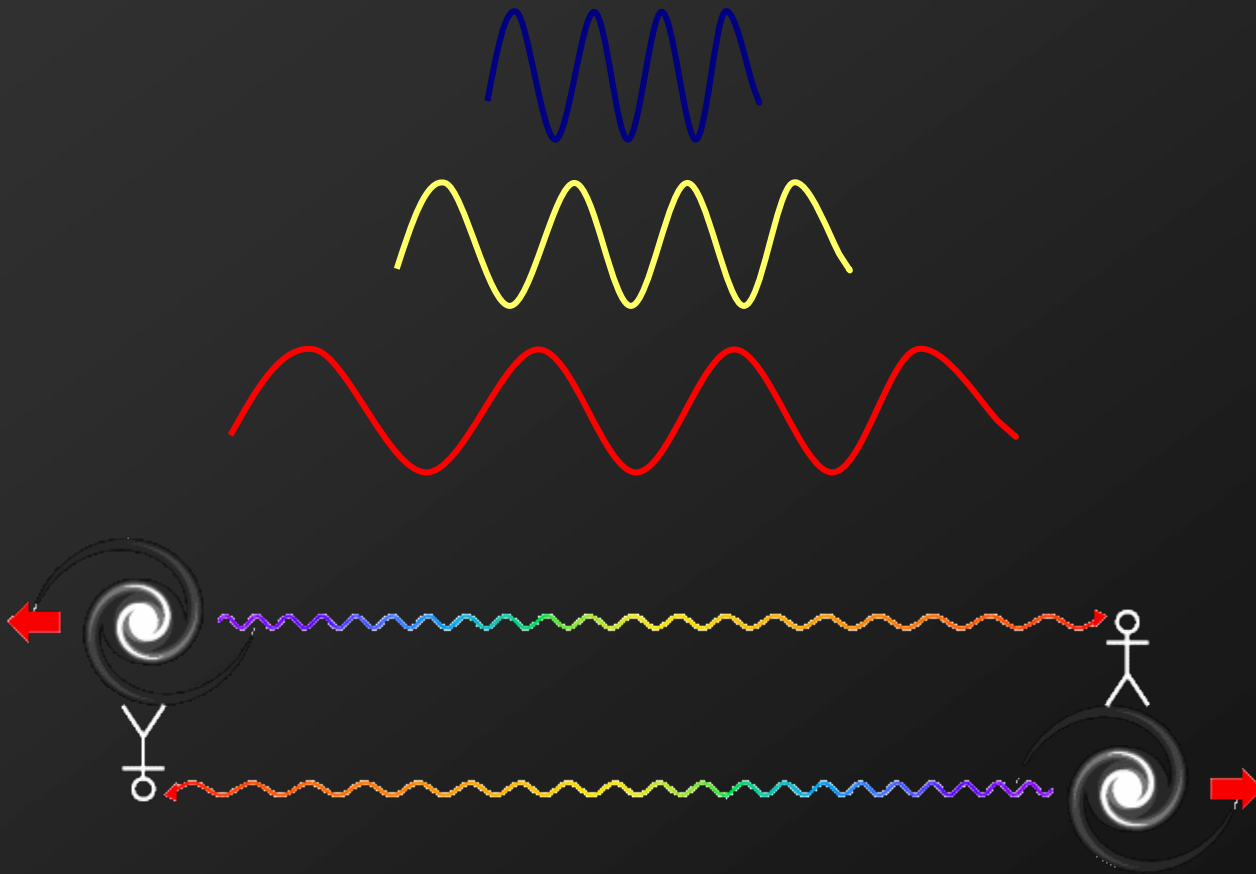
- La expansión del Universo:



¿Que es la Cosmología?



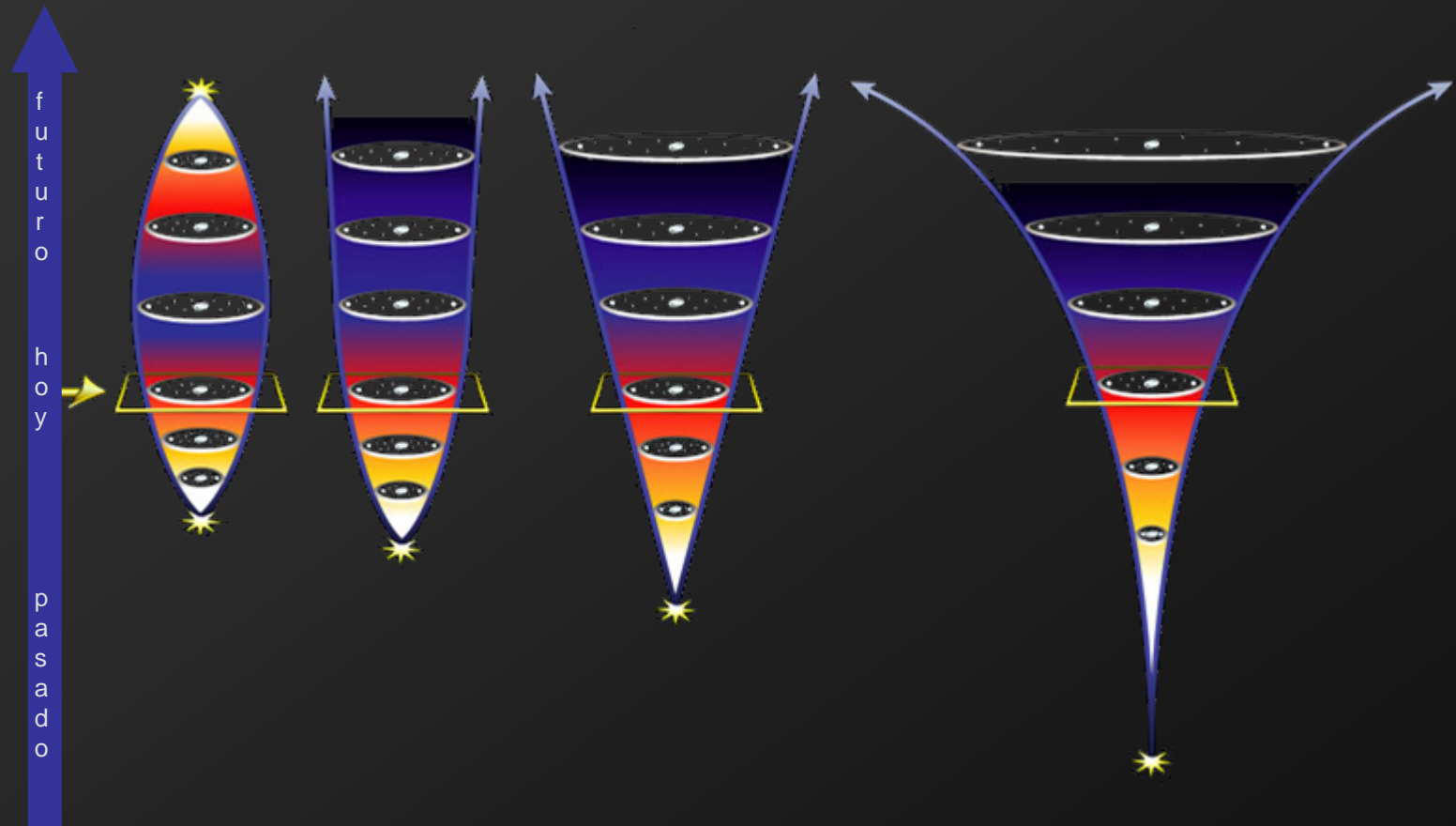
- La velocidad de las galaxias se mide por su **corrimiento al rojo**:



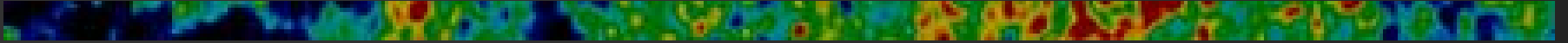
¿Que es la Cosmología?



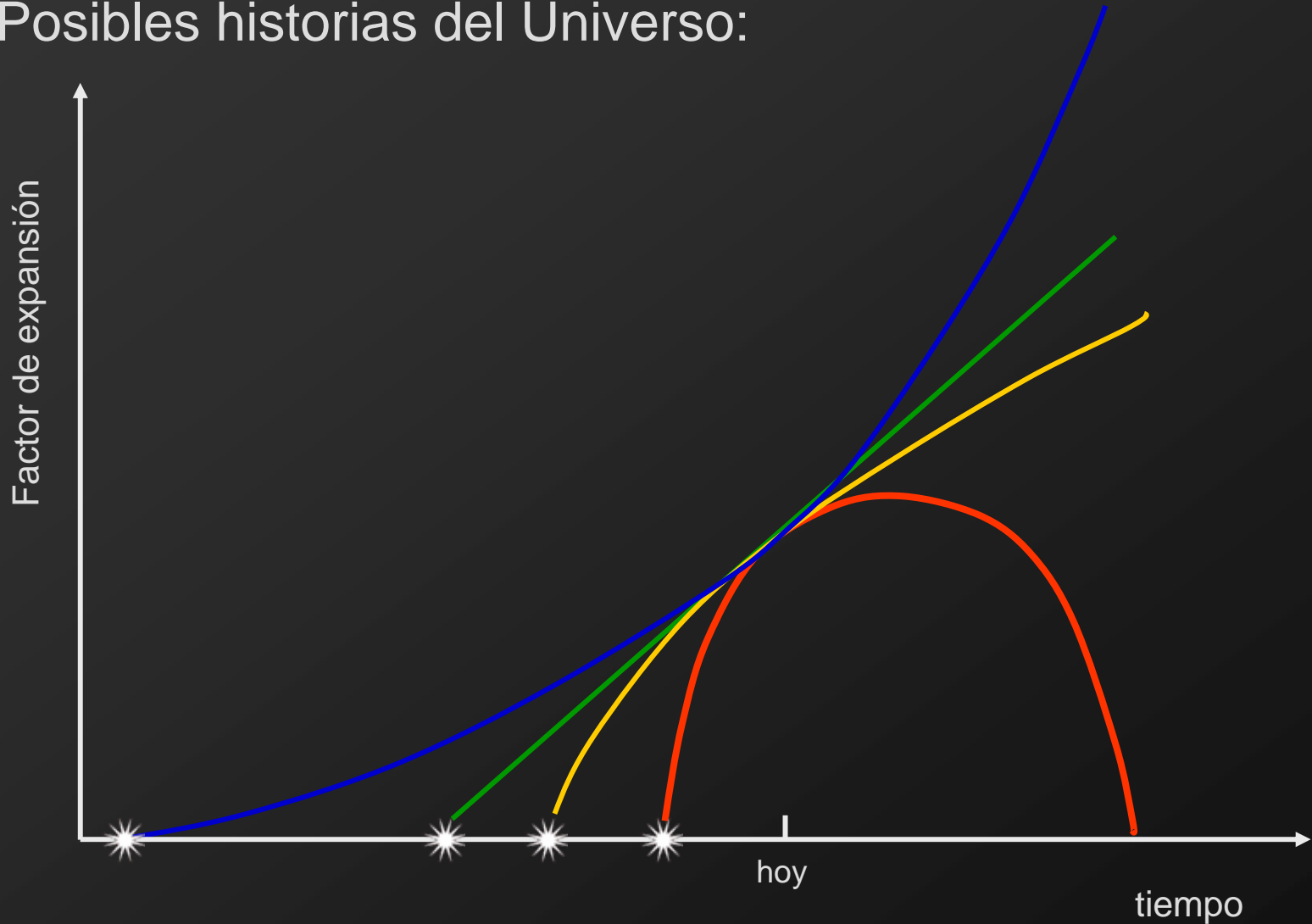
- Posibles historias del Universo:



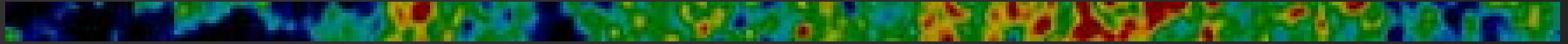
¿Que es la Cosmología?



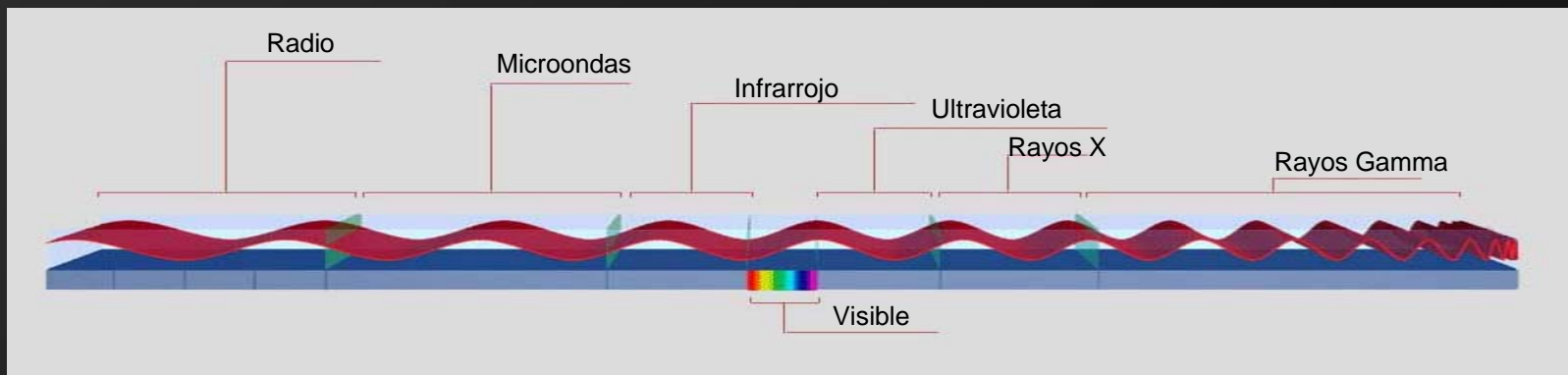
- Posibles historias del Universo:



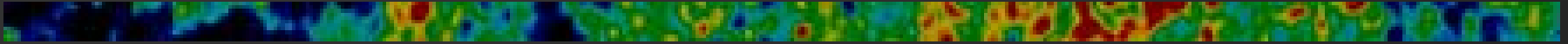
¿Que es el fondo de microondas?



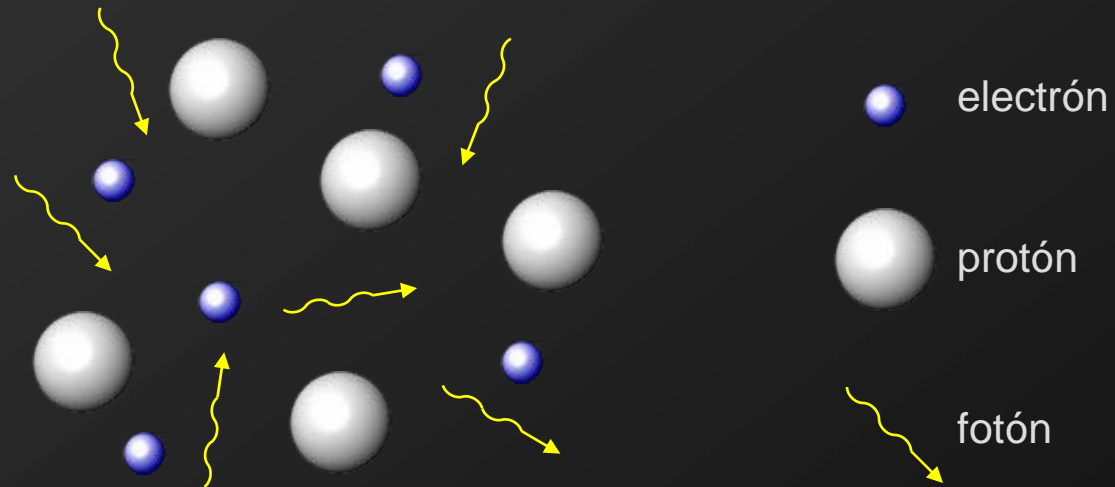
- Radiación del Fondo Cósmico de Microondas:
 - **Fondo**: Es la fuente de radiación mas distante.
 - **Cósmico**: su origen es cosmológico. Es un remanente del Big Bang.
 - **Microondas**: Se encuentra en la región de microondas del espectro electromagnético



¿Que es el fondo de microondas?

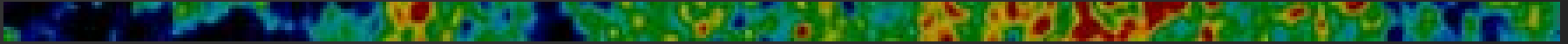


- El Universo comenzó (muy) **denso** y (muy) **caliente**.
- Sus componentes están **fuertemente ligados**: forman un mismo fluido

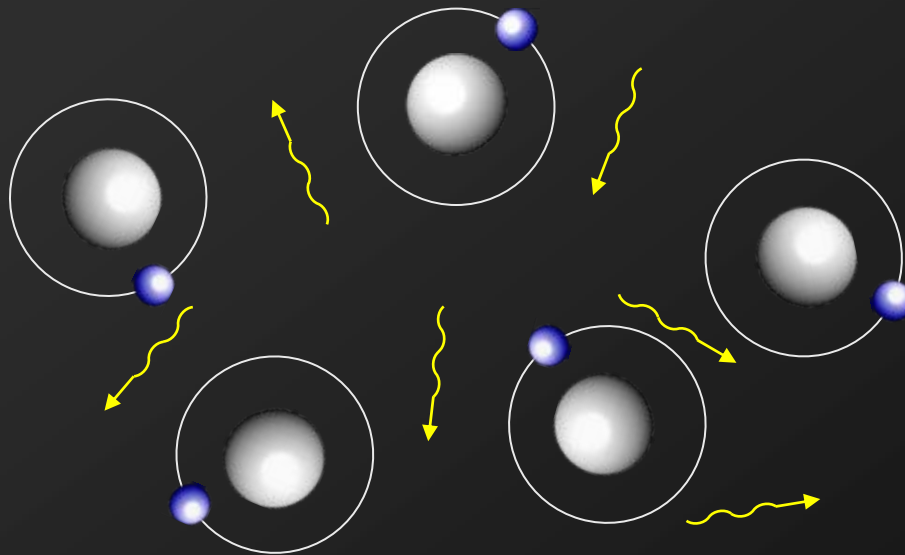


- Las fluctuaciones en uno se reflejan en los otros.

¿Que es el fondo de microondas?



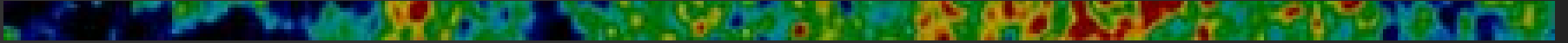
- Al expandirse el Universo se **enfría**.
- Alrededor de 400.000 años después del Big Bang (T=3000 grados), los **fotones** se separan.



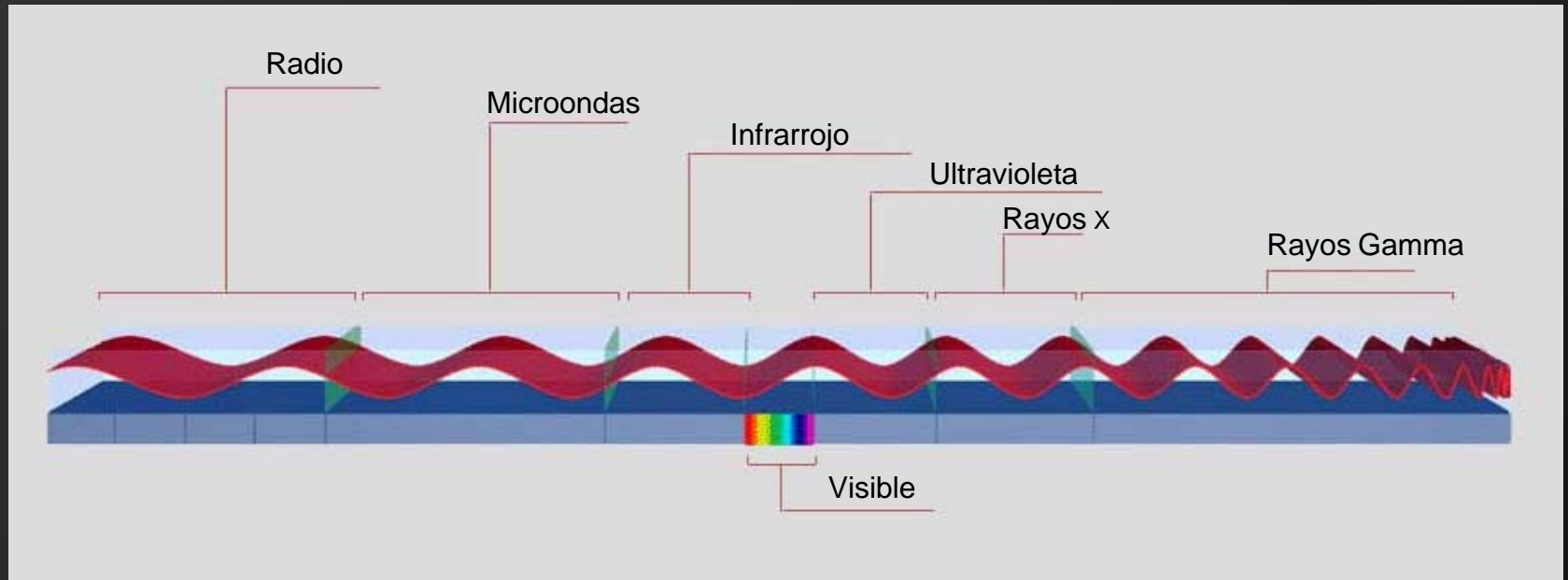
recombinación

El Universo se vuelve **transparente**

¿Que es el fondo de microondas?

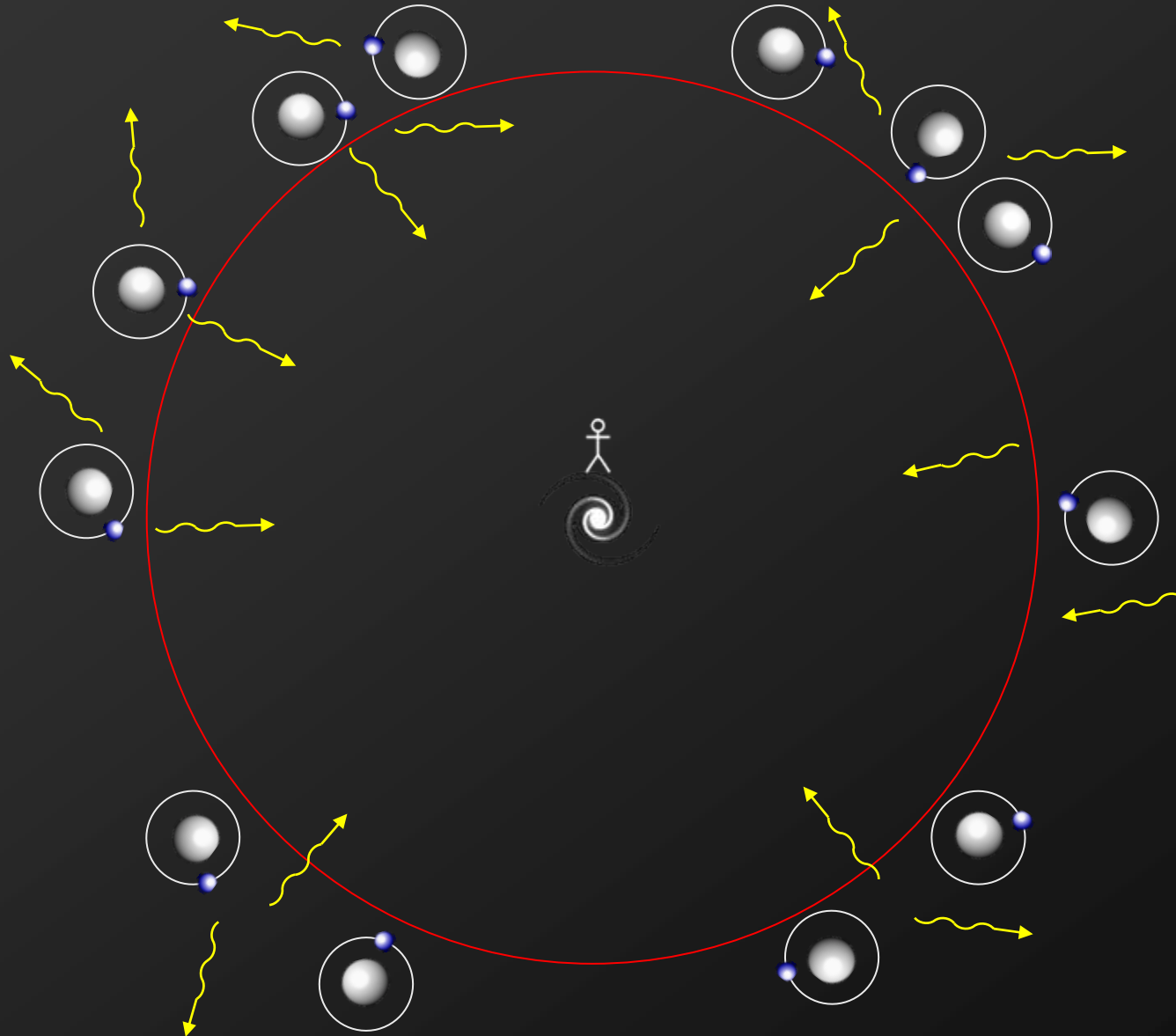
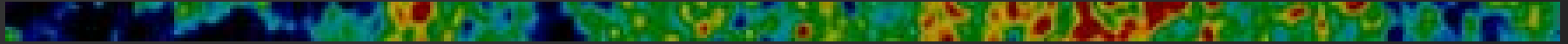


- Los fotones libres viajan a través del Universo: sufren un gran corrimiento al rojo.

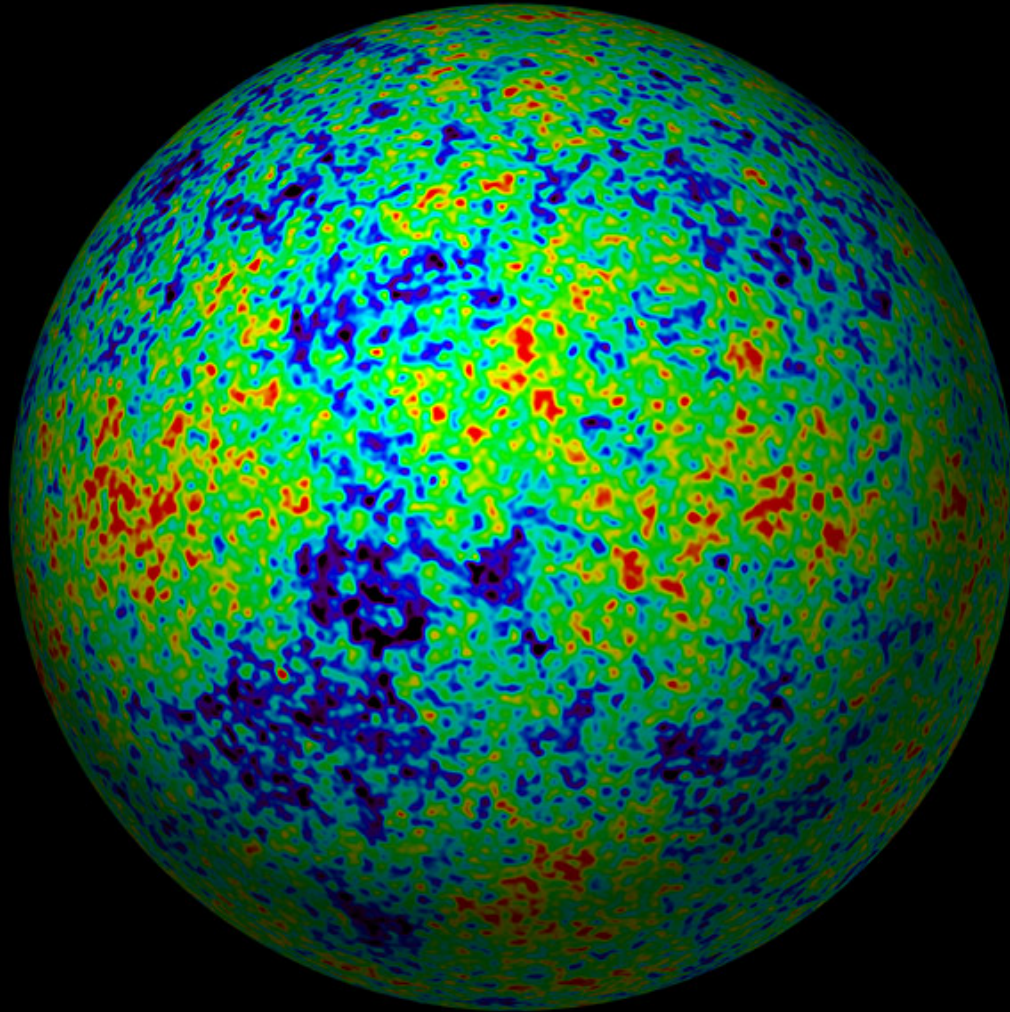
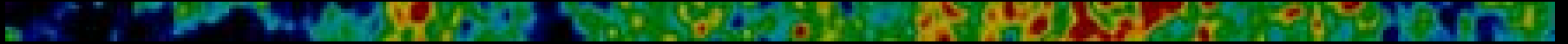


Hoy se observan en las **microondas**!

¿Que es el fondo de microondas?



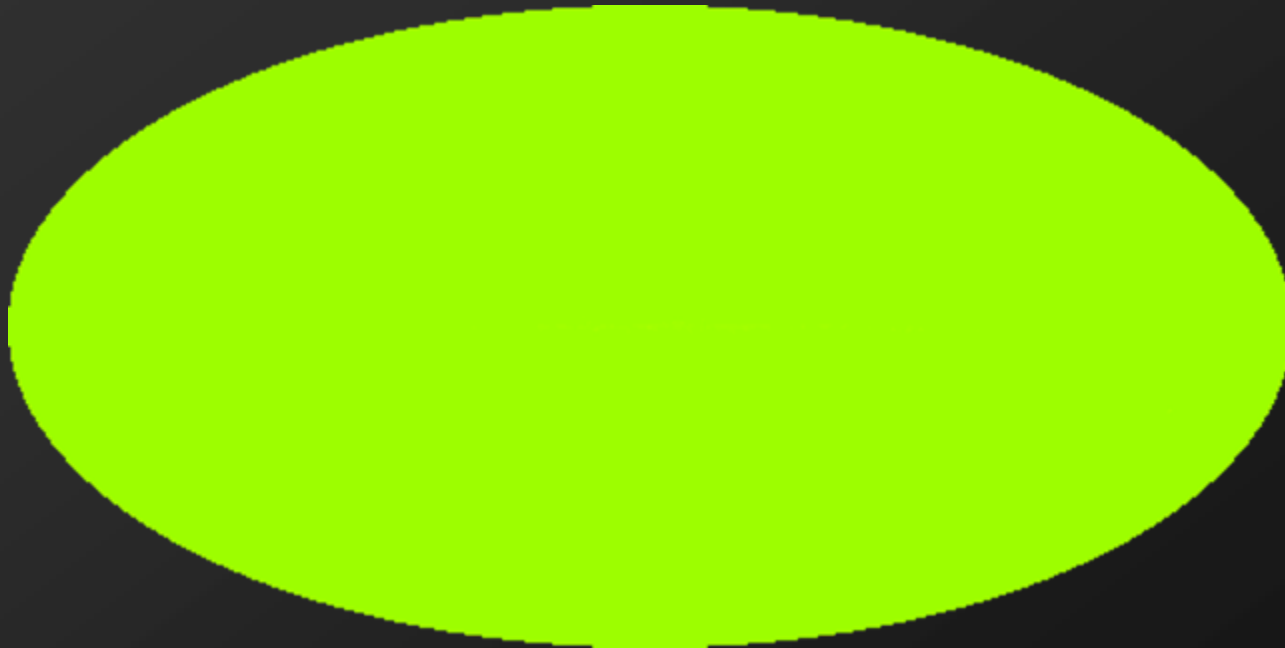
¿Que es el fondo de microondas?



¿Que es el fondo de microondas?



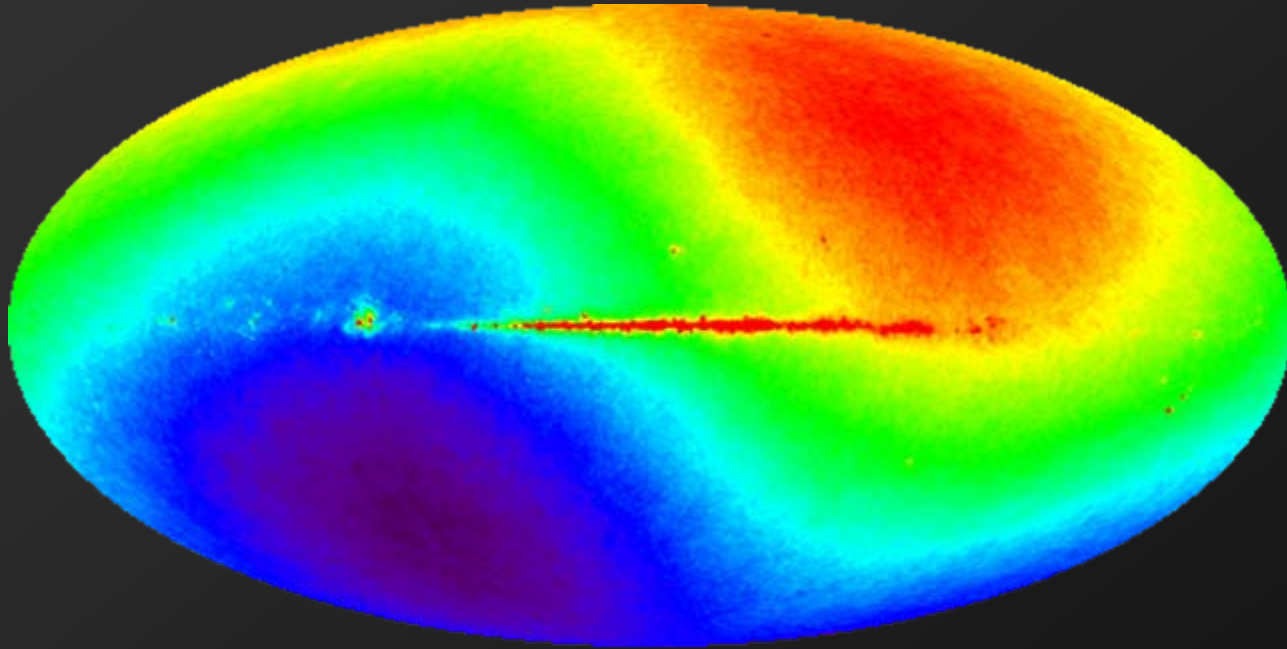
- El fondo de microondas es altamente isotrópico.



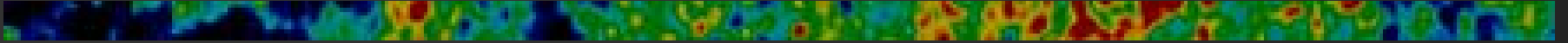
¿Que es el fondo de microondas?



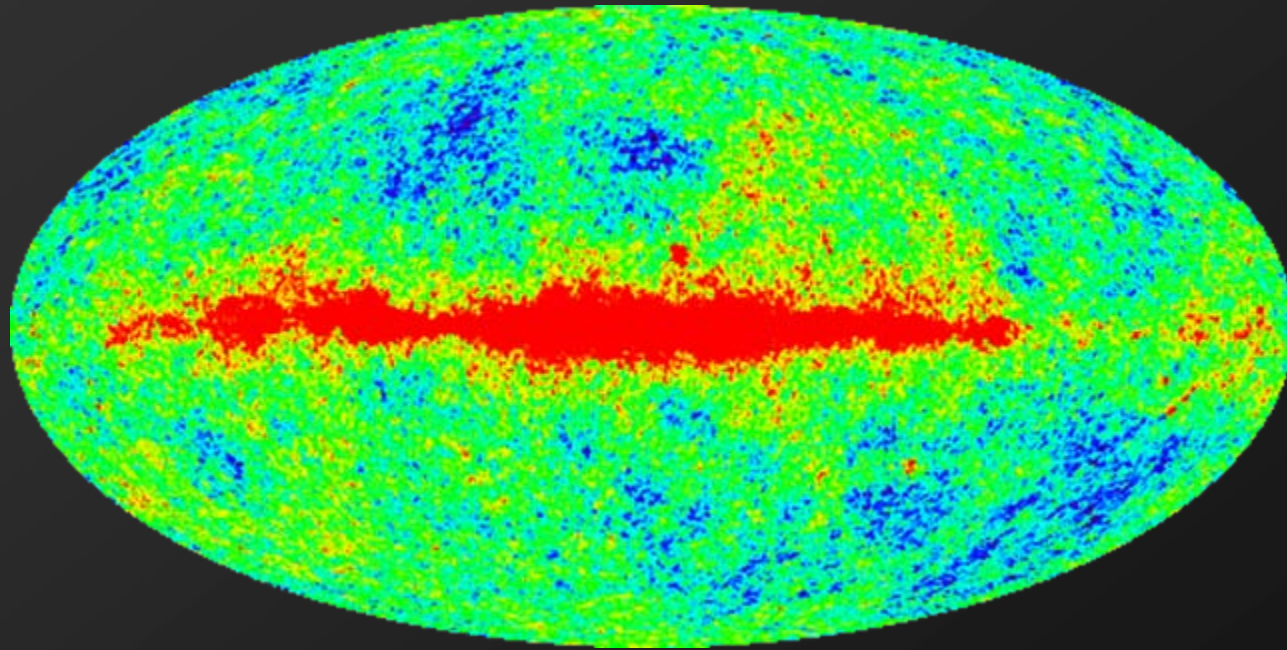
- El fondo de microondas es altamente isotrópico.



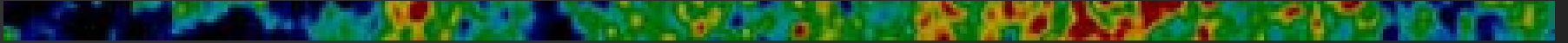
¿Que es el fondo de microondas?



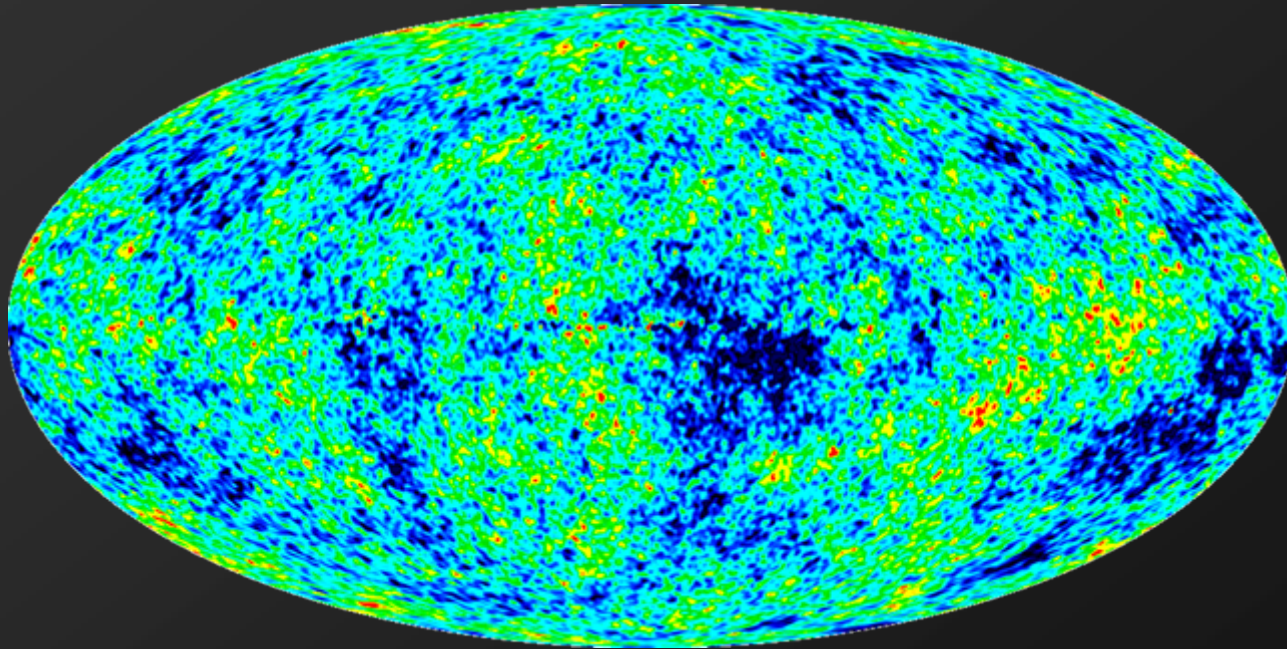
- El fondo de microondas es altamente isotrópico.



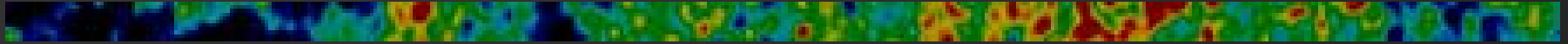
¿Que es el fondo de microondas?



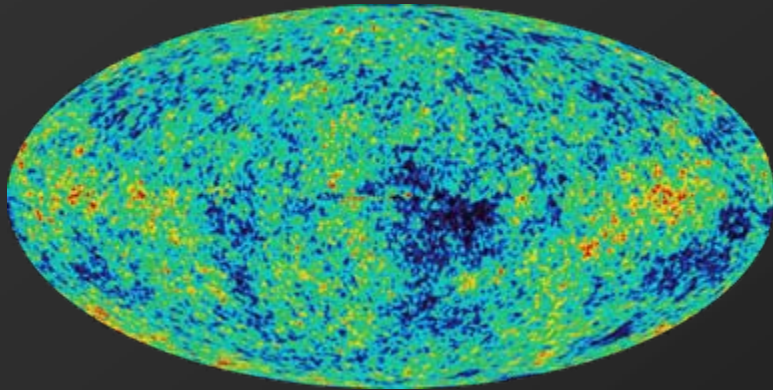
- El fondo de microondas es altamente isotrópico.



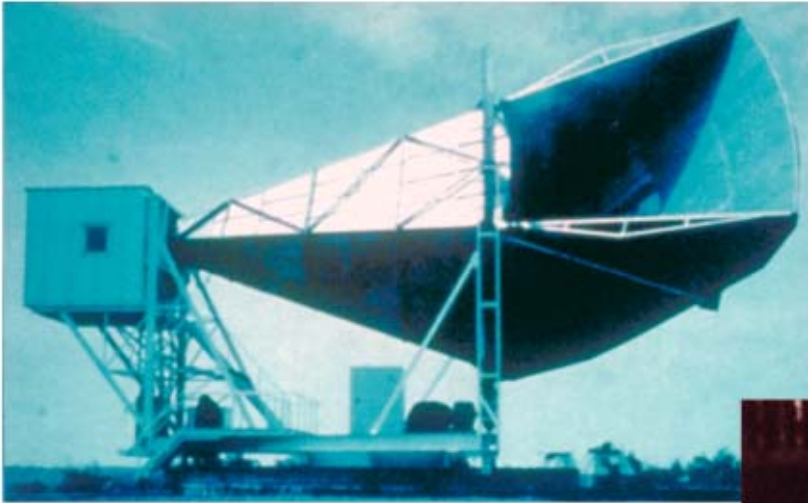
¿Que es el fondo de microondas?



- Esta radiación es un fósil del Universo temprano!.



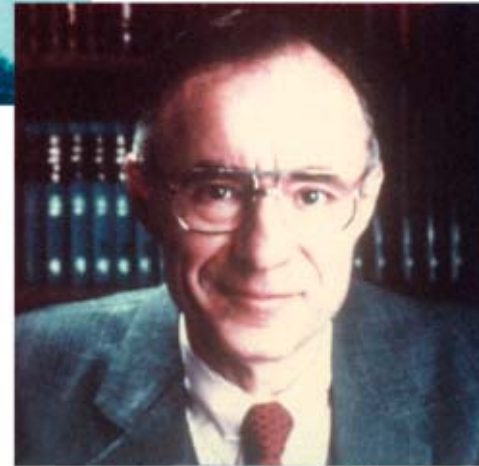
¿Que es el fondo de microondas?



Microwave Receiver



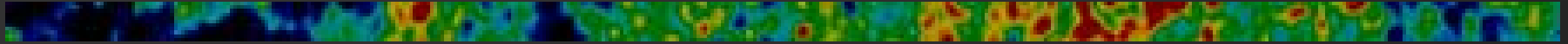
Robert Wilson



Arno Penzias

MAP990045

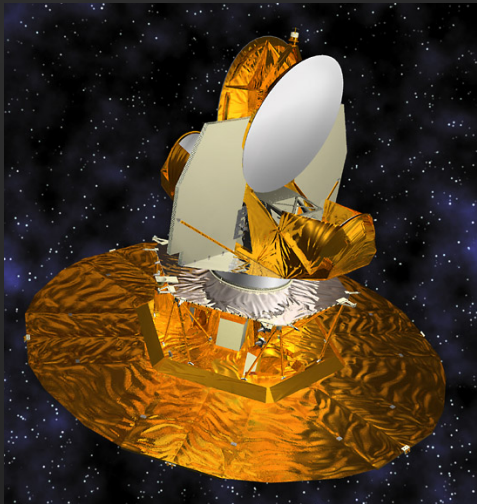
¿Que es el fondo de microondas?



- Podemos “ver” el fondo de microondas:

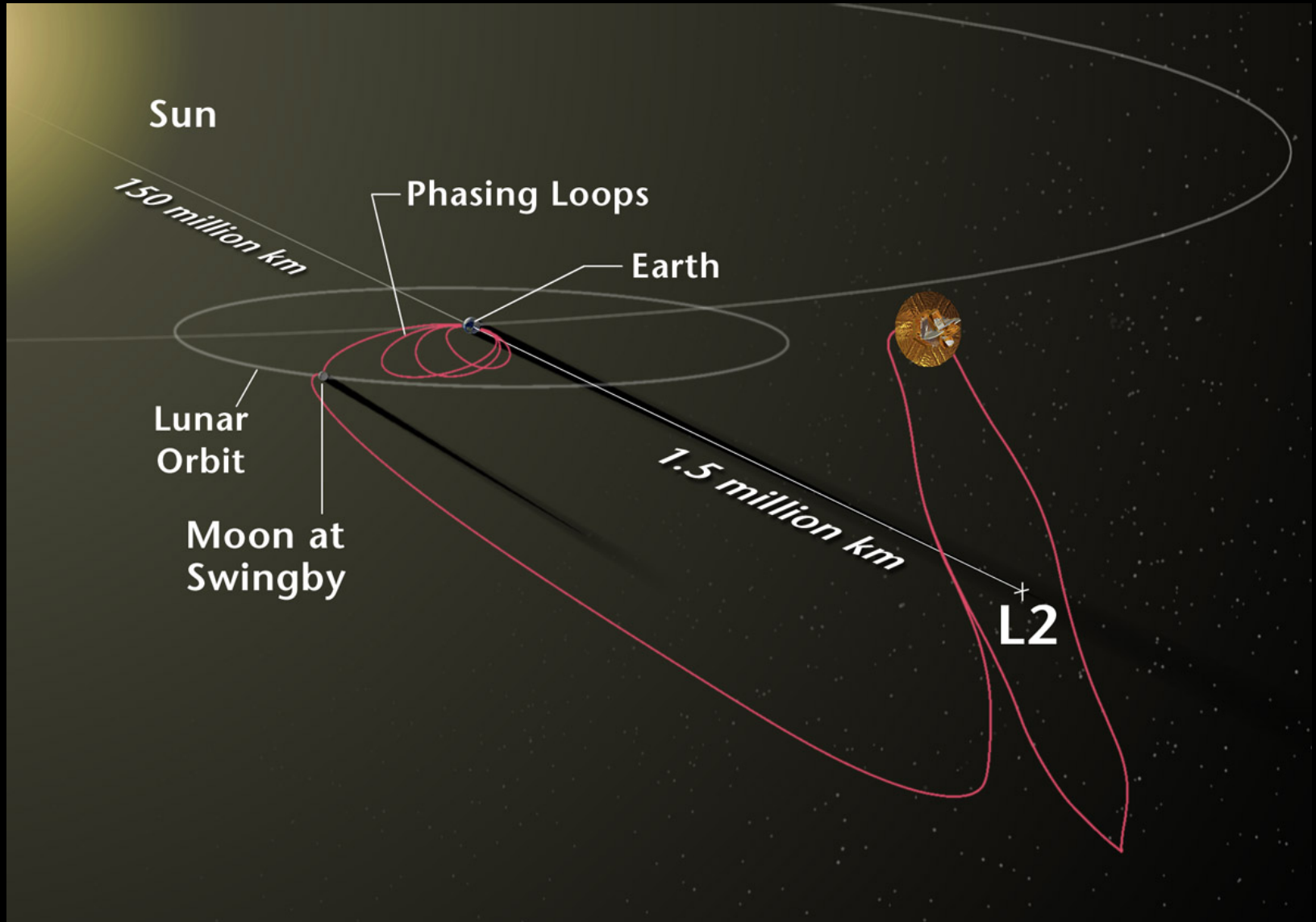
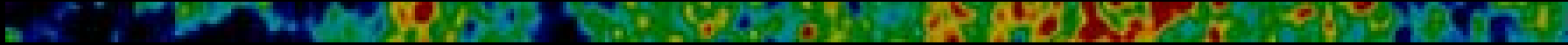


Alrededor del 1% de la “nieve” en la TV proviene del Fondo de Microondas.

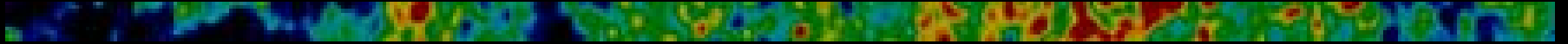


Los astrónomos utilizan antenas especialmente calibradas, en tierra, globos o satélites.

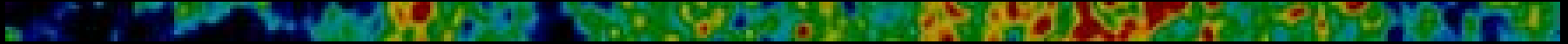
¿Que es el fondo de microondas?



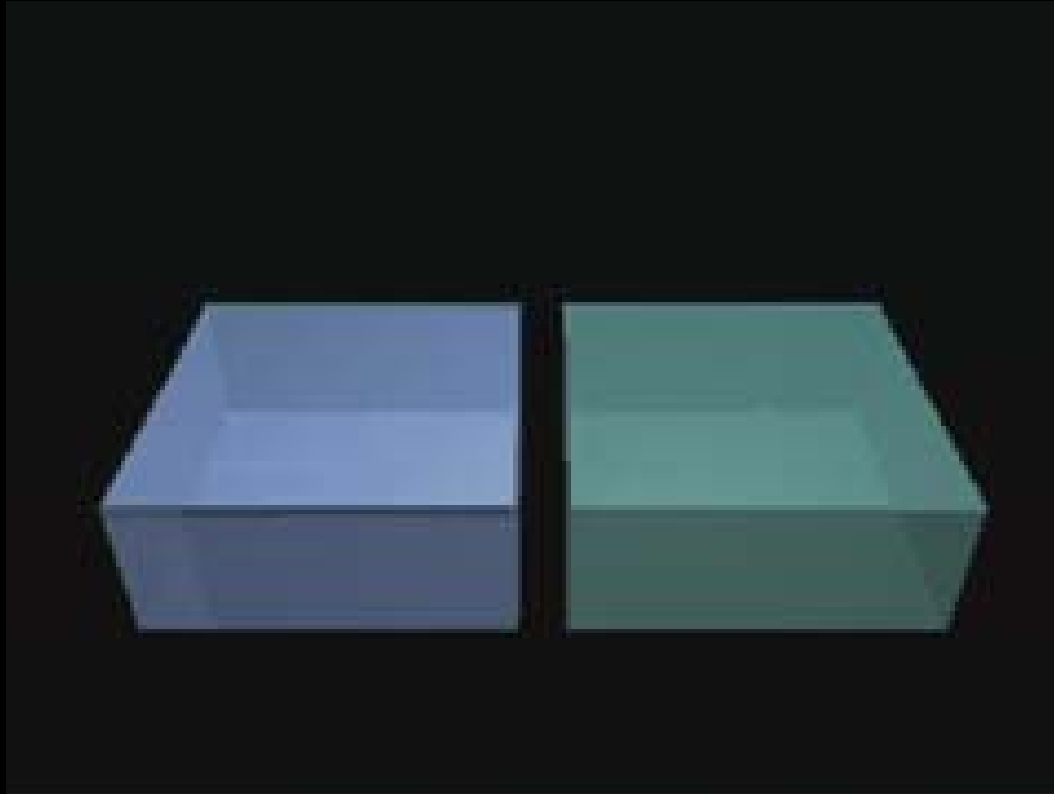
¿Que es el fondo de microondas?



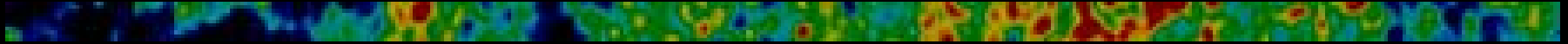
¿Que es el fondo de microondas?



- El fondo de microondas da información acerca del **contenido** del Universo



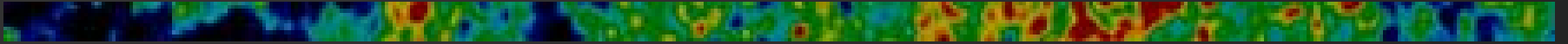
¿Que es el fondo de microondas?



- El fondo de microondas da información acerca de la **geometría** del Universo



¿De que esta hecho el Universo?

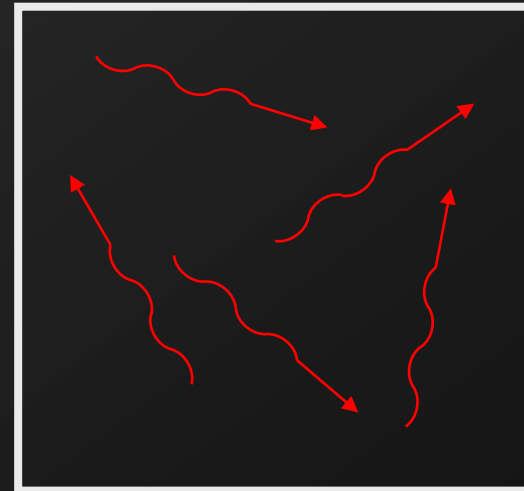
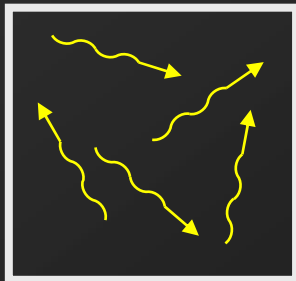


- Un inventario del Universo:

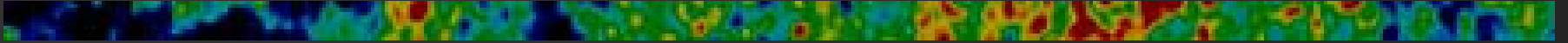
- Radiación: fotones 

- + Es importante en el **Universo temprano**

- + Su densidad disminuye rápidamente



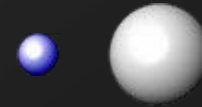
¿De que esta hecho el Universo?



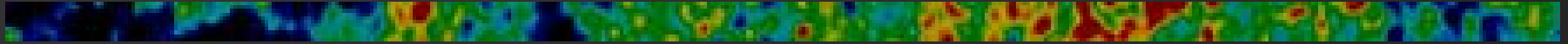
- Un inventario del Universo:

- Radiación: fotones 

- Materia ordinaria: protones, electrones, etc



¿De que esta hecho el Universo?



- Un inventario del Universo:

- Radiación: fotones 

- Materia ordinaria: protones, electrones, etc. 

- Materia Oscura: 

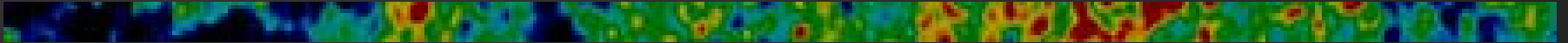
- + La mayor parte de la materia es **oscura**.

- + **No emite radiación**, solo interactúa **gravitacionalmente**.

- + **Disminuye** la tasa de expansión del Universo

Es uno de los principales problemas de la cosmología!!!

¿De que esta hecho el Universo?



- Un inventario del Universo:

- Radiación: fotones 

- Materia ordinaria: protones, electrones, etc. 

- Materia Oscura: 

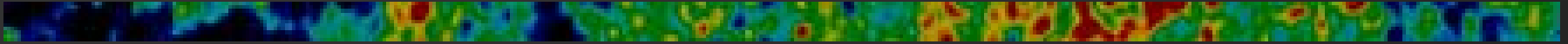
- Energía Oscura:

- + Es el **mayor problema** en cosmología!

- + Sabemos que existe pero no conocemos su naturaleza

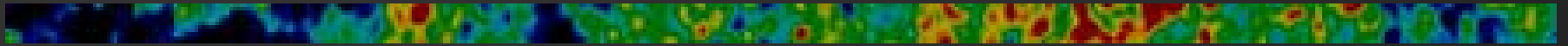
- + **Acelera** la expansión del Universo

¿De que esta hecho el Universo?

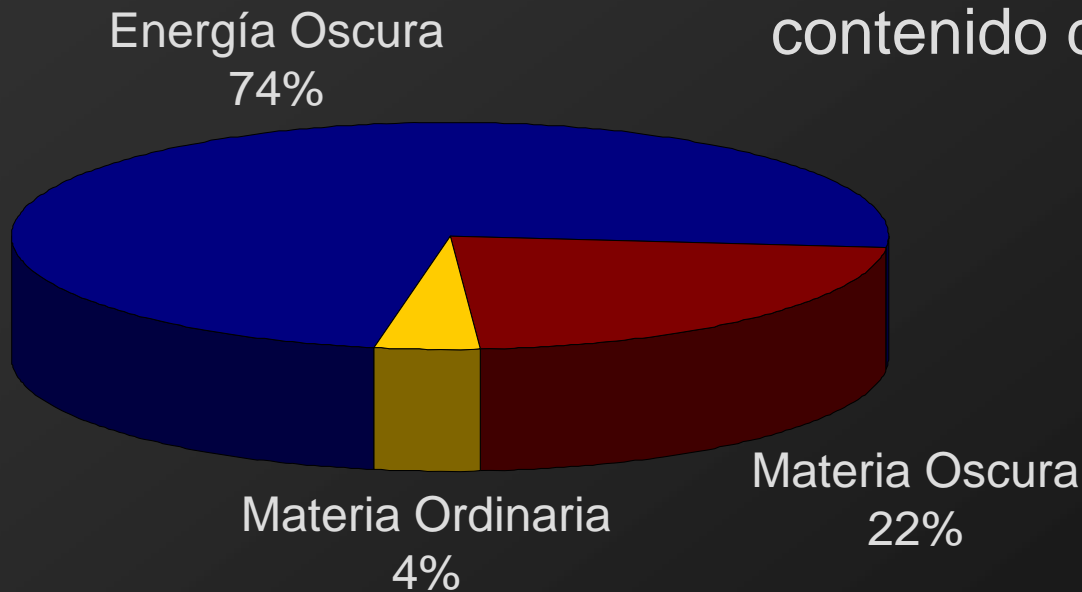


- Existen numerosos modelos de energía oscura:
 - **Energía de vacío:** (o constante cosmológica)
 - + Propuesto por Einstein para obtener un Universo estático.
 - + Su densidad es **constante**
 - **Quintescencia:**
 - + Su densidad **disminuye**
 - **Energía fantasma:**
 - + Su densidad **aumenta**

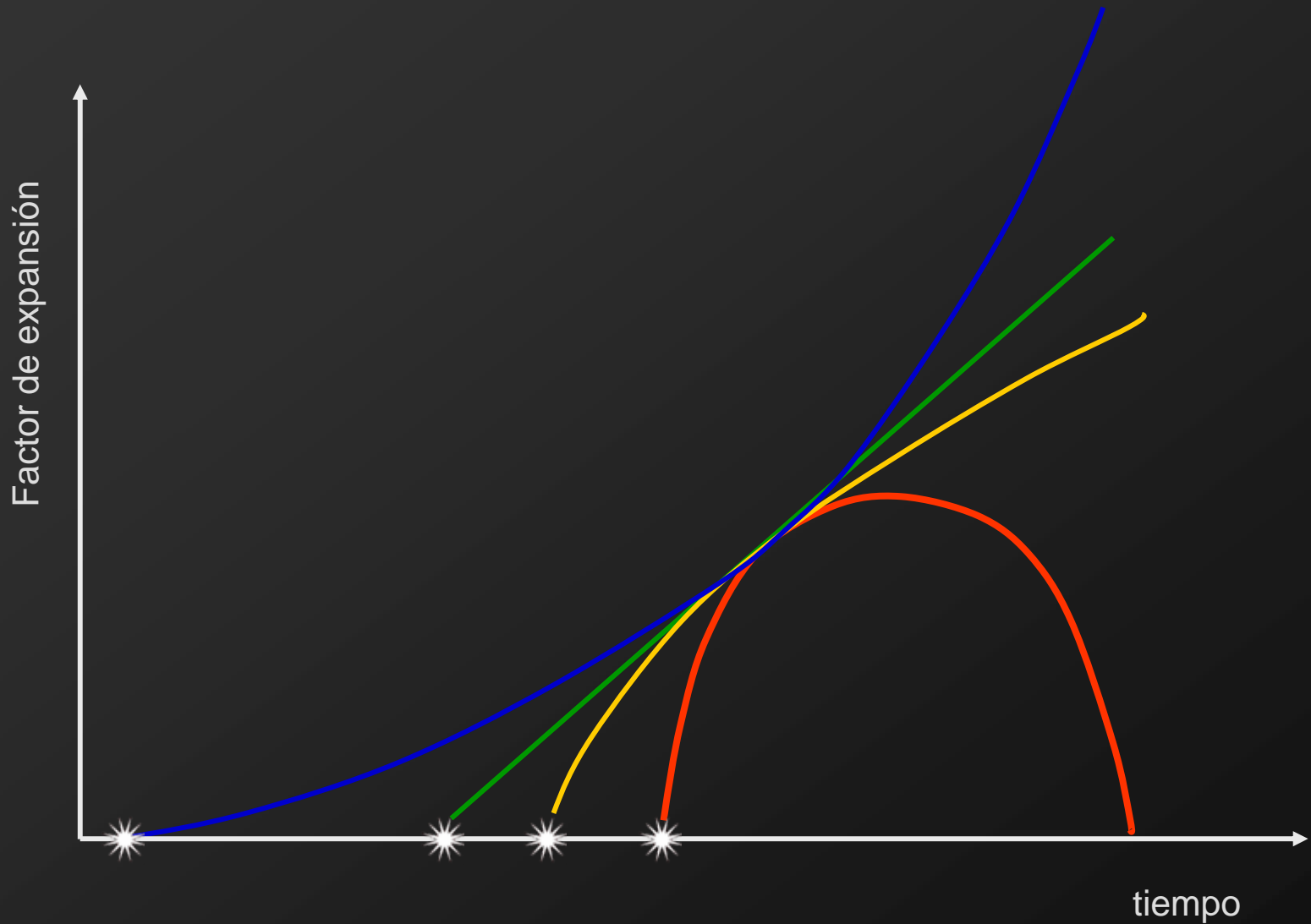
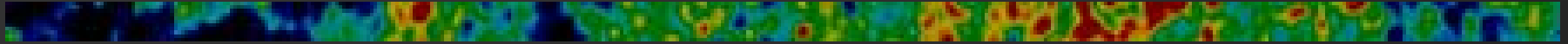
¿De que esta hecho el Universo?



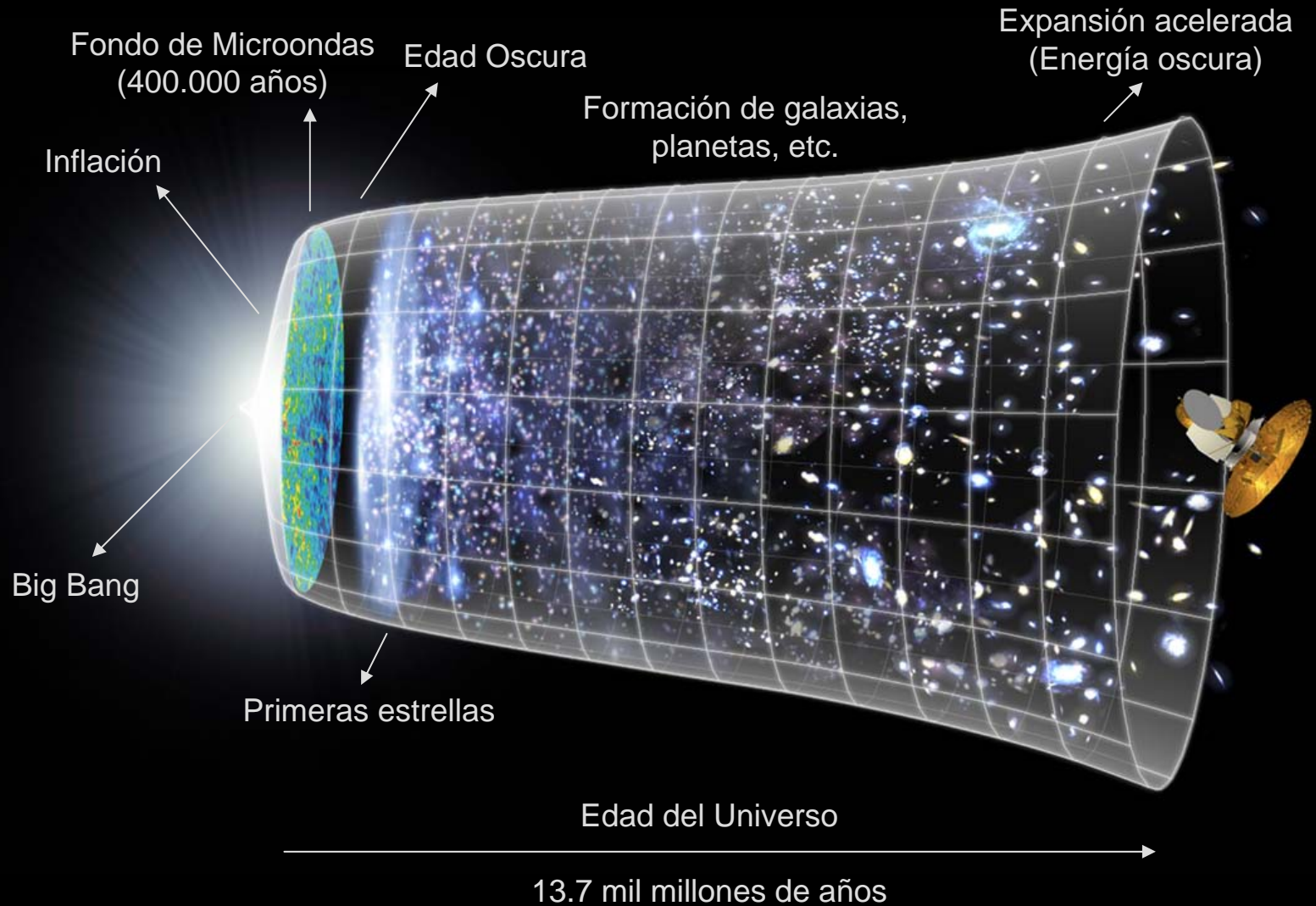
- El Universo esta dominado por **Energía oscura**
- Solo comprendemos el **4%** del contenido del Universo!.



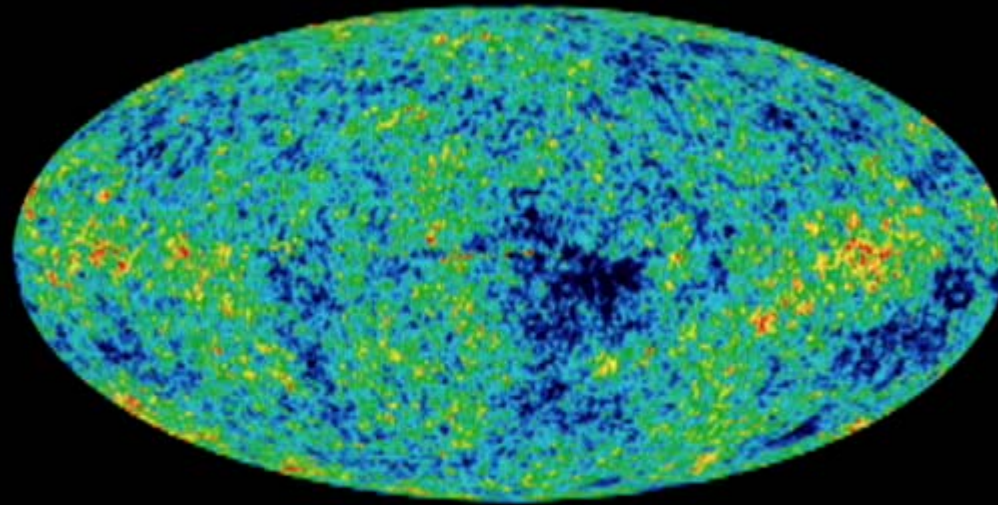
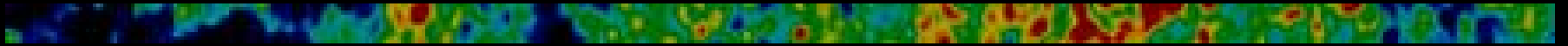
¿Cual es la historia del Universo?



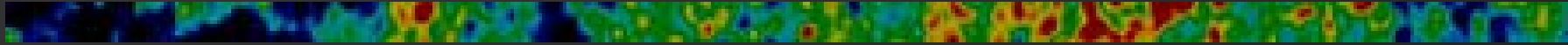
¿Cual es la historia del Universo?



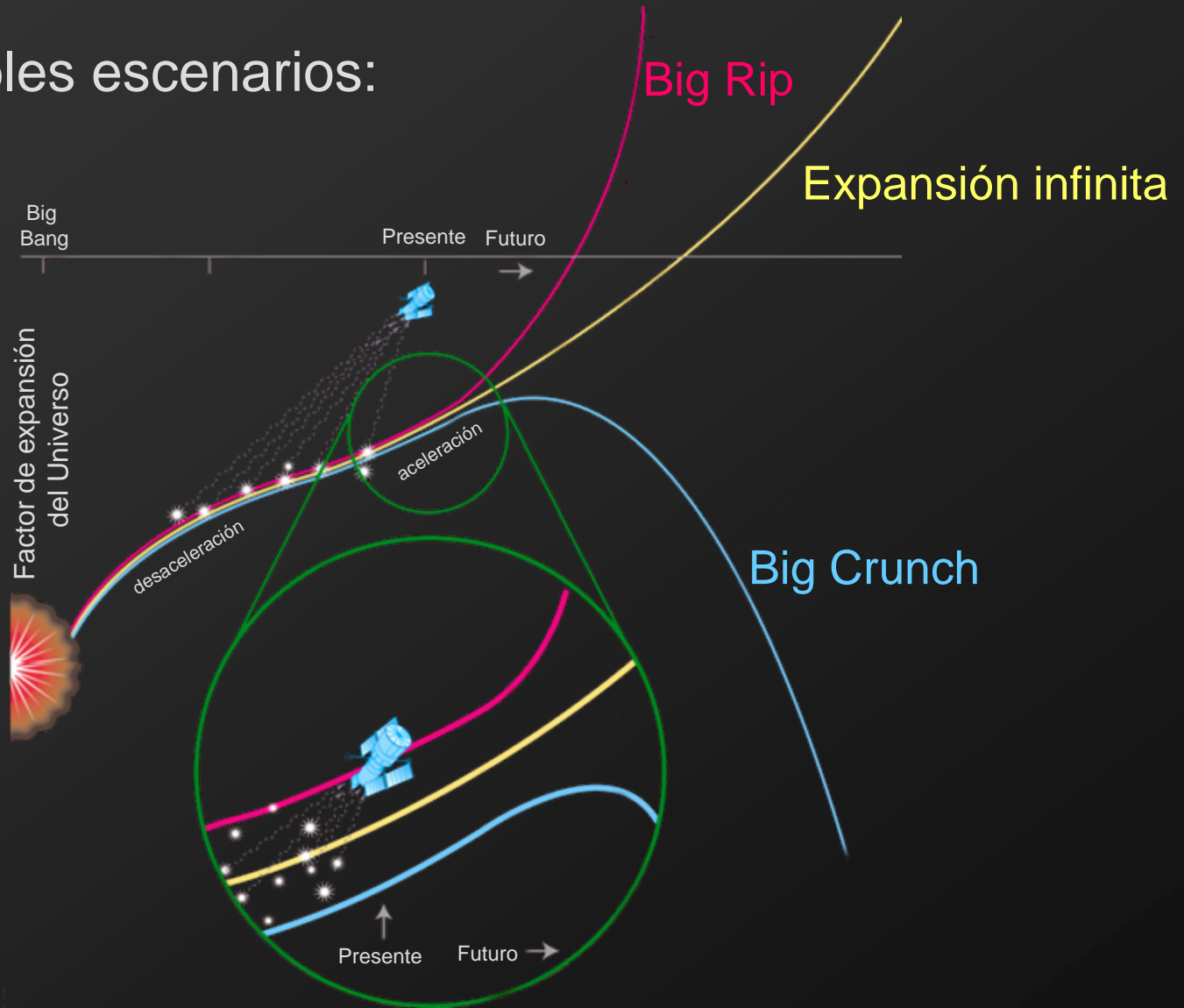
¿Cual es la historia del Universo?



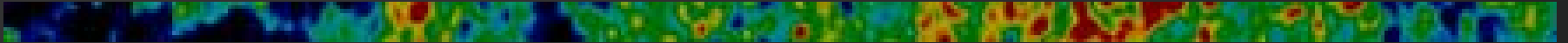
¿Cual es el destino del Universo?



Tres posibles escenarios:

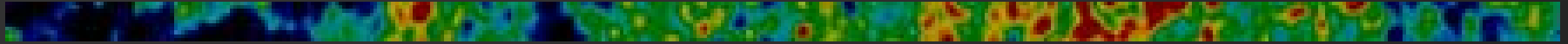


¿Existen otros Universos?

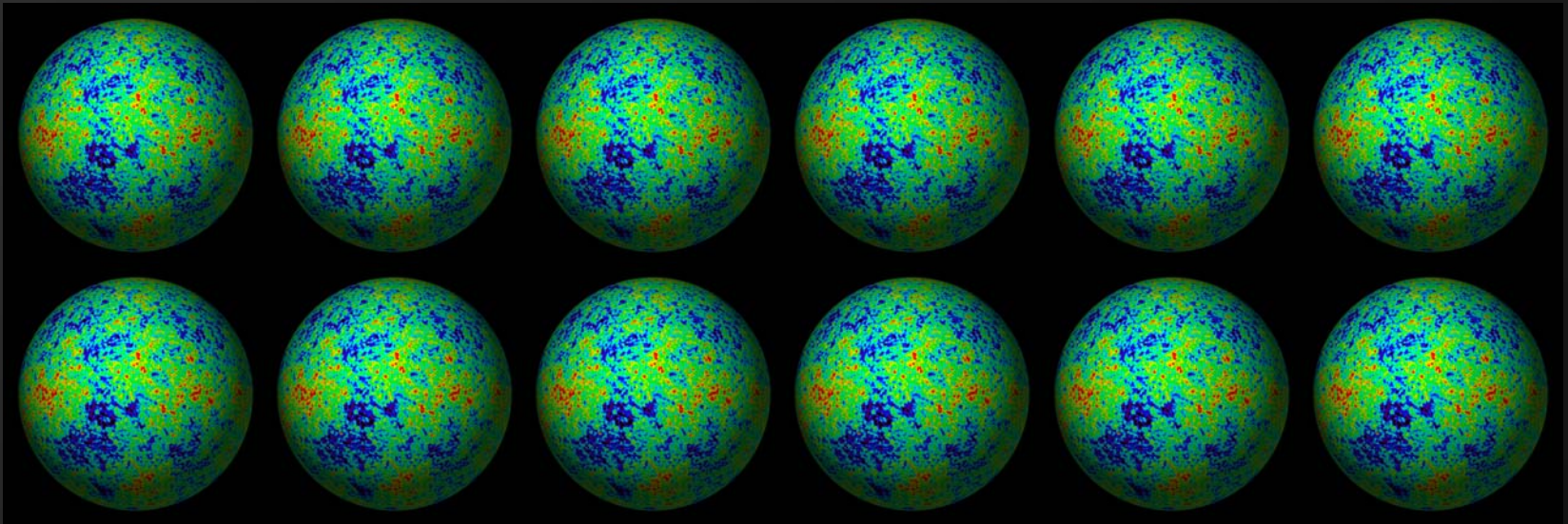


- La existencia de **otros Universos** es un tema actual en la cosmología.
- Existen teorías que plantean la existencia de un **Multiverso**
- Una **teoría** corresponde a la **física** si es corroborable experimentalmente, de lo contrario, a la **metafísica**.
- La frontera entre la **física** y la **metafísica** ha variado con la historia.

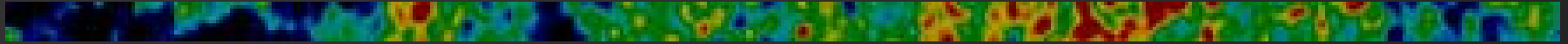
¿Existen otros Universos?



- La mayor distancia observable es la distancia que ha recorrido la luz desde el Big Bang. Define el **Universo Observable**.
- Si el Universo es infinito existen **infinitas** regiones similares.

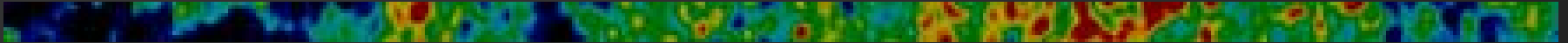


¿Existen otros Universos?



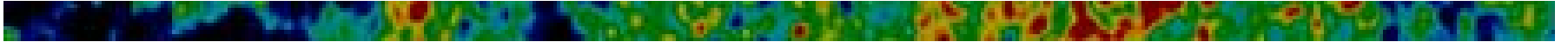
- La descripción física del mundo se realiza en dos pasos
 - **Condiciones iniciales**: el estado **inicial** de un sistema
 - **Leyes físicas**: describen la **evolución** a partir de las condiciones iniciales
- Si la física es **determinista** (clásica), las **condiciones iniciales** determinan la historia del sistema.

¿Existen otros Universos?



- Las condiciones iniciales en el Universo son determinadas por **fenómenos cuánticos** durante la inflación.
- Existe un numero **finito** de condiciones iniciales posibles.
- Como el Universo es **infinito**, cada una se debe repetir infinitas veces.
- Bajo las mismas leyes de la física, producen las **mismas historias**.

¿Existen otros Universos?

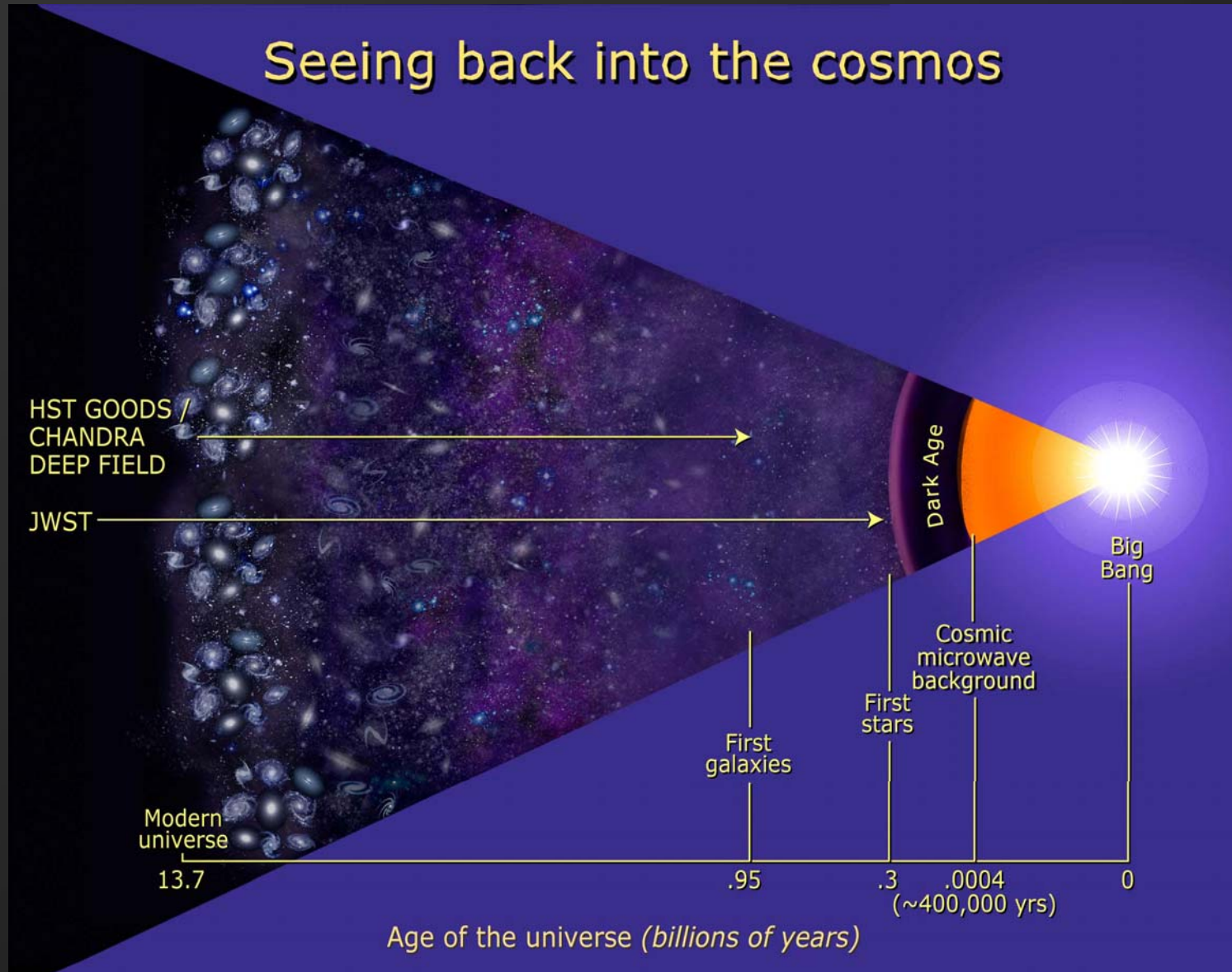


- Pensemos en las condiciones iniciales como canicas.
- Para cubrir un Universo infinito necesitamos infinitas canicas.
- Si las condiciones iniciales son finitas tenemos un número finito de tipos de canicas.

¿Existen otros Universos?

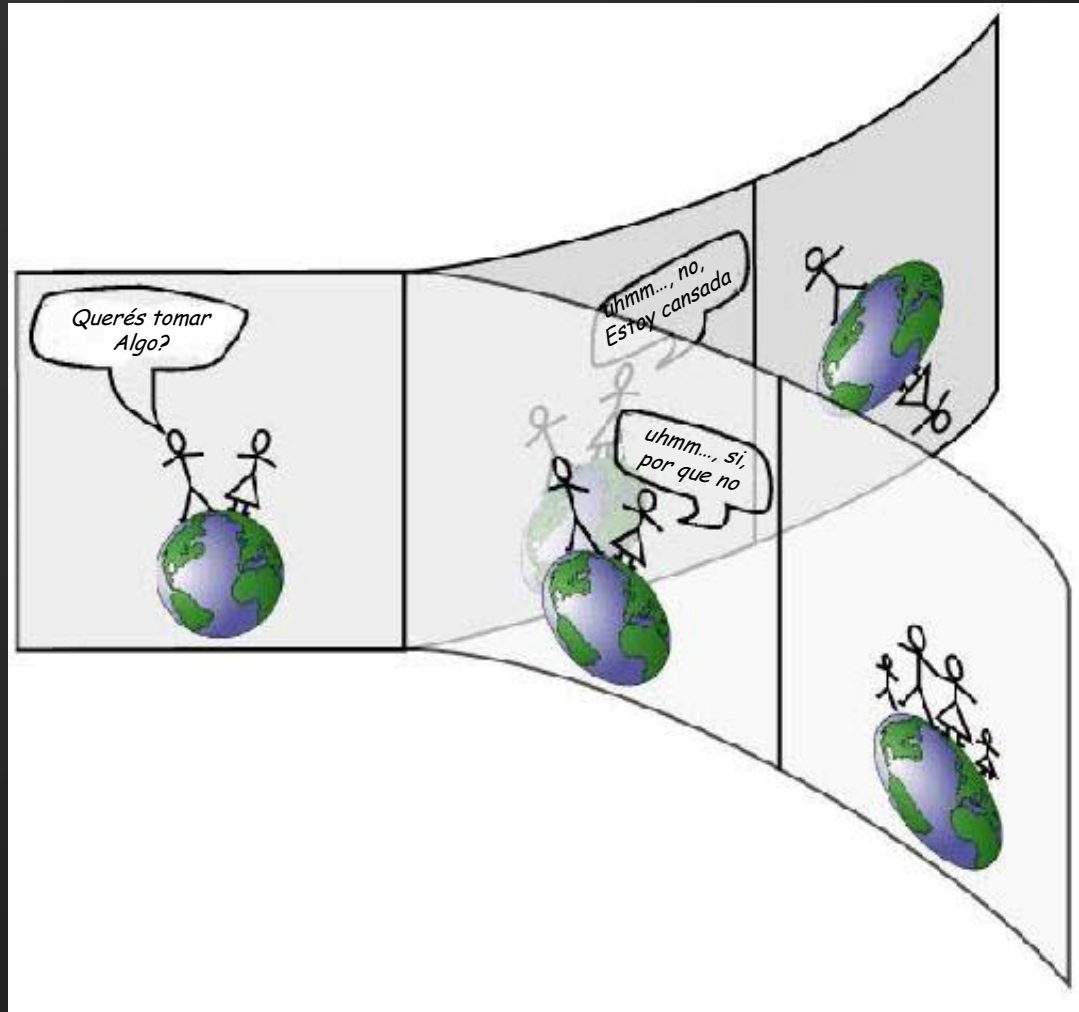


¿Existen otros Universos?



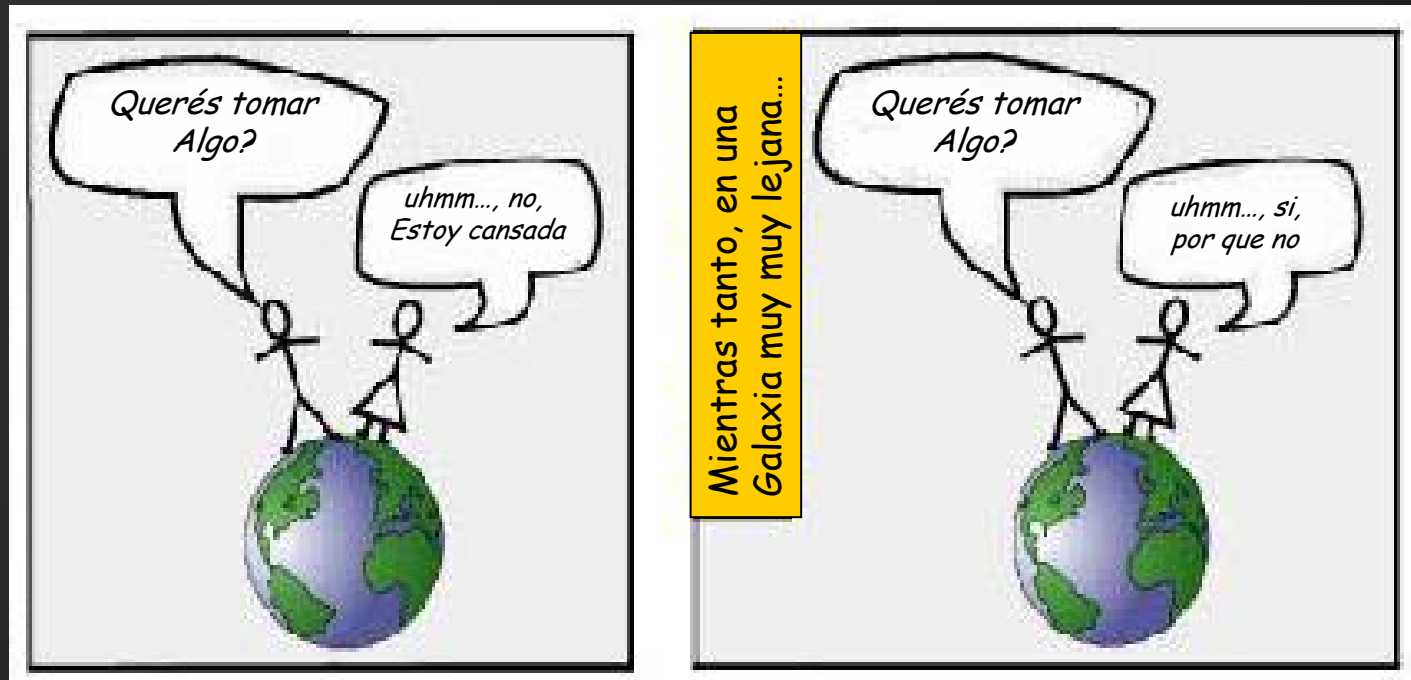
¿Existen otros Universos?

- La física es **probabilista**.

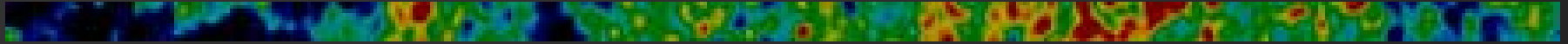


¿Existen otros Universos?

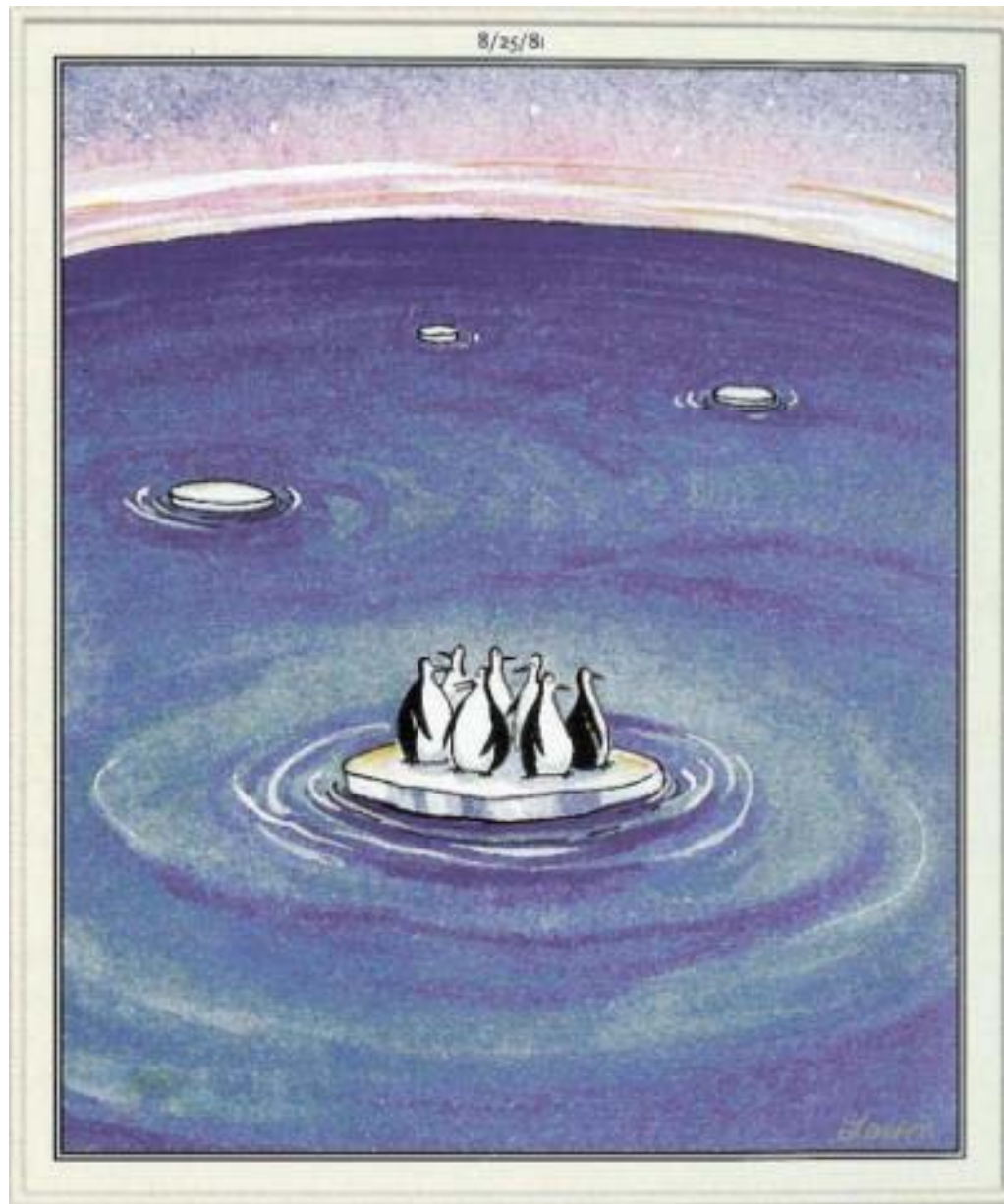
- Como cada condición inicial se repite infinitas veces, todos los resultados posibles se van a producir, **infinitas veces!!!**.



¿Existen otros Universos?



- El “Multiverso” es una **predicción** de la teoría cosmológica más aceptada en el momento.
- Enseña una lección: las teorías de Multiversos pueden ser contrastadas con las observaciones.
- Existen otras teorías de Multiversos, más complicadas y especulativas.



Por otro lado, y si no estamos solos en el Universo?