



# Una mirada al cielo.

**Fernando Atrio-Barandela.**  
**Departamento de Física Fundamental.**  
**Universidad de Salamanca**  
**eml: atrio@usal.es**



# El cielo a simple vista.



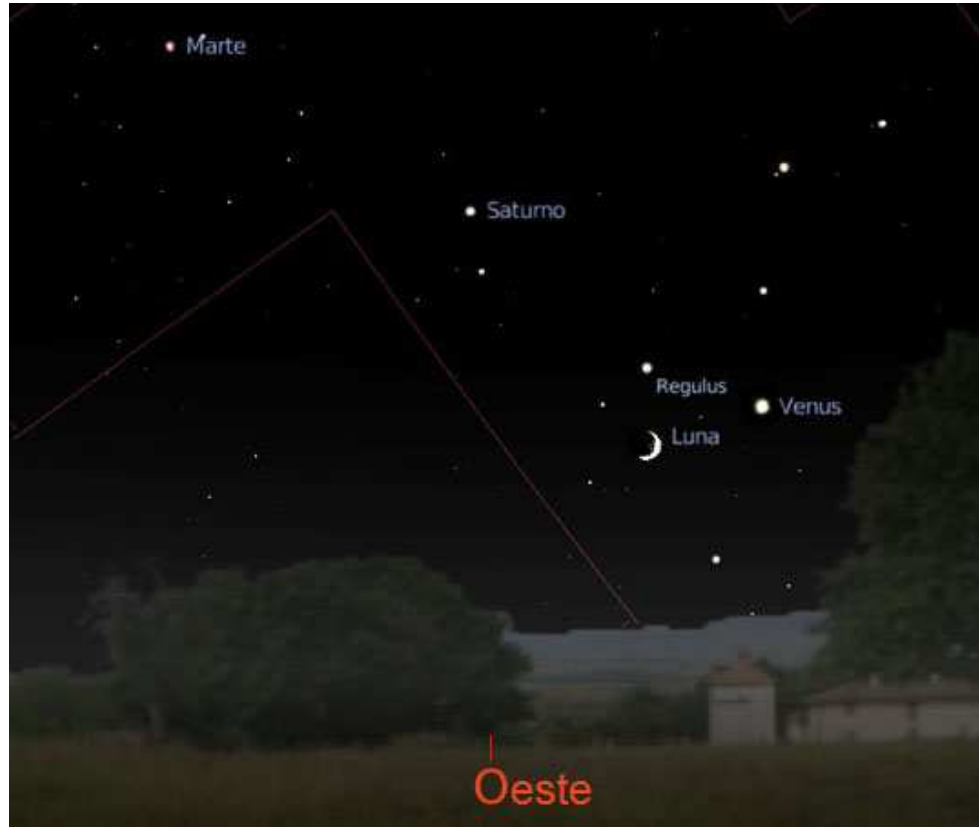
## El Cielo a simple vista.



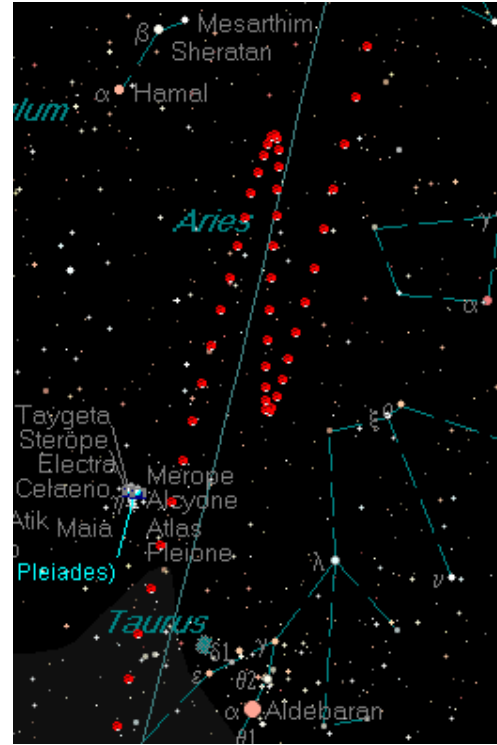
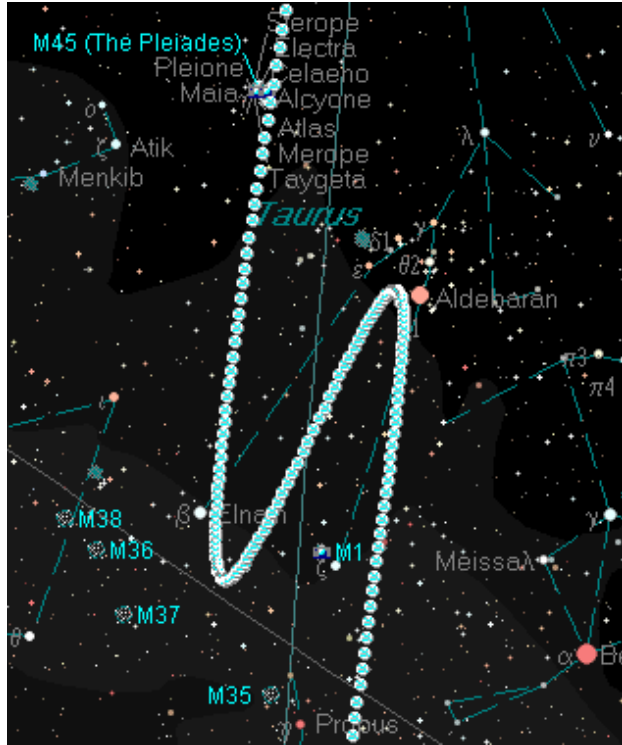
**Cielo Nocturno desde Cerro Tololo, Chile, con la vía Láctea y contaminación lumínica de las ciudades vecinas.**



## Estrellas fijas y estrellas errantes.



El sol, la luna y los planetas son los objetos más brillantes del cielo. Se mueven en una banda muy estrecha, llamada eclíptica.

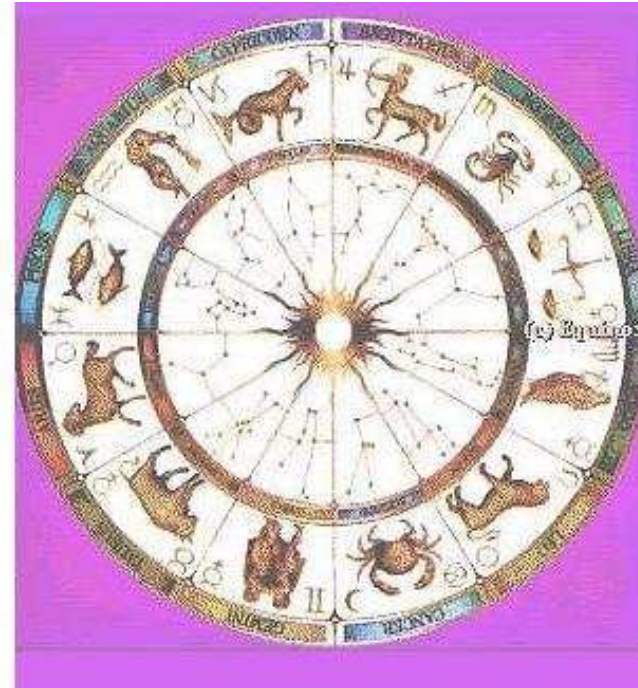
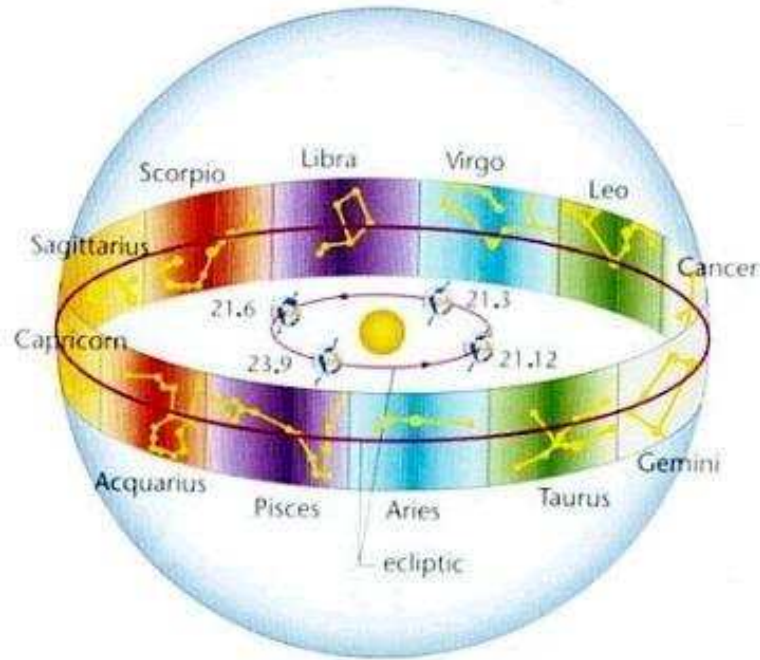


**Movimiento de Marte en el cielo, en la época en que este planeta alcanza su máximo brillo.**

**Para los griegos, planeta significa errante, que se mueve entre las estrellas fijas.**



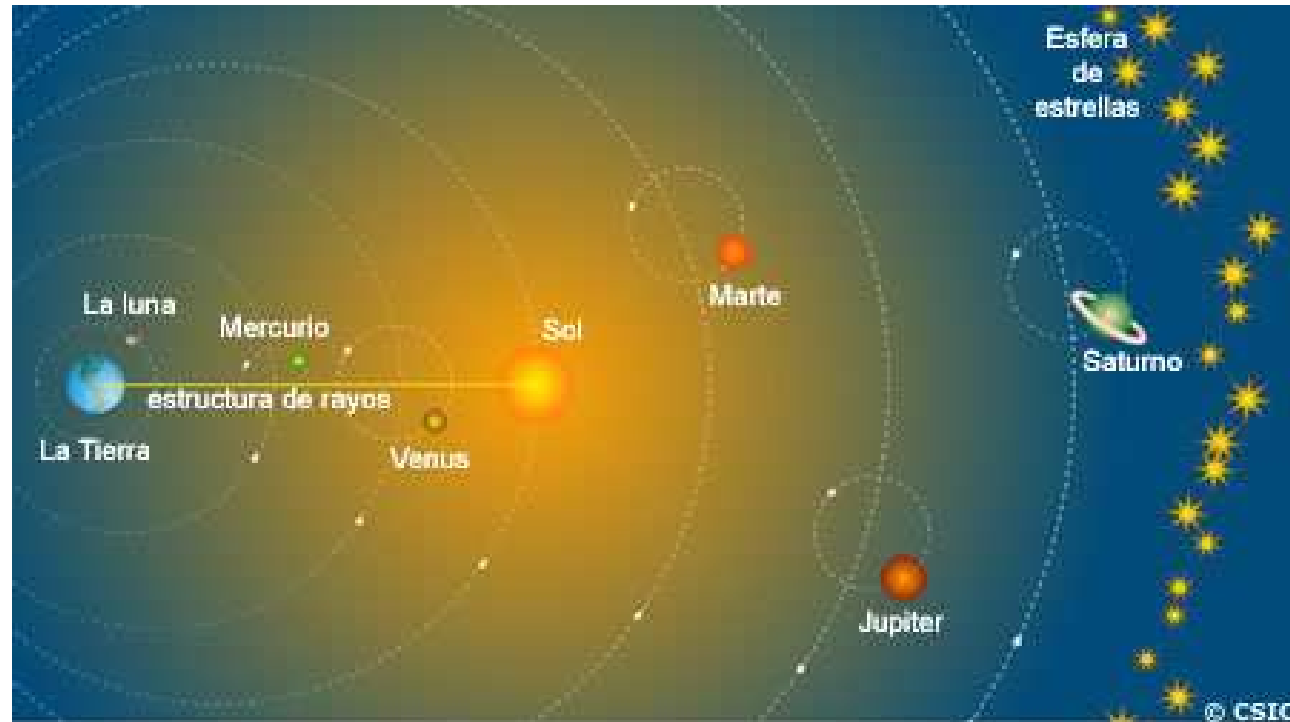
## Los planetas en el cielo.



Las constelaciones por las que pasa el sol a lo largo del año constituyen el Zodíaco (hay 14). **Sirve para determinar las estaciones.**



## El sistema Ptolemaico.



**La tierra ocupa el centro del universo y todos los astros describen círculos a su alrededor. Los planetas describen epiciclos alrededor de la órbita.**

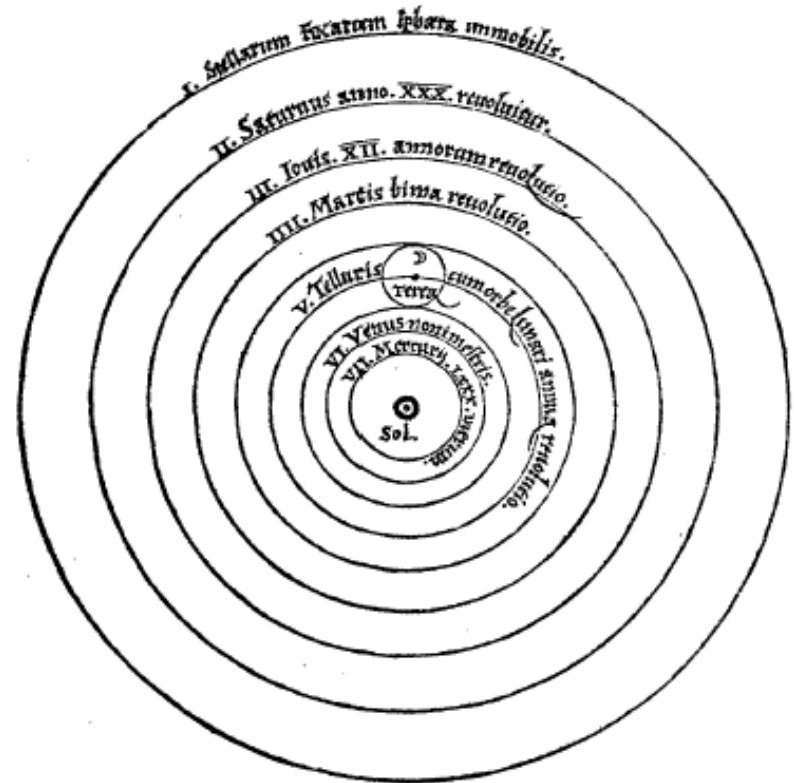


## El sistema Copernicano.



Nicolás Copérnico.

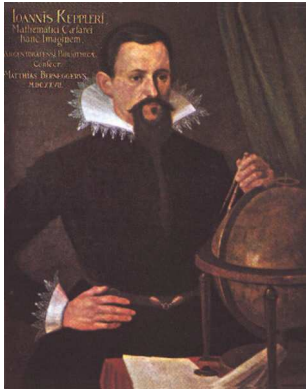
Para simplificar los cálculos necesarios para la reforma del Calendario Juliano, propuso que todos los planetas, la Tierra incluida, daban vueltas alrededor del Sol.







## Kepler y el movimiento de los planetas.



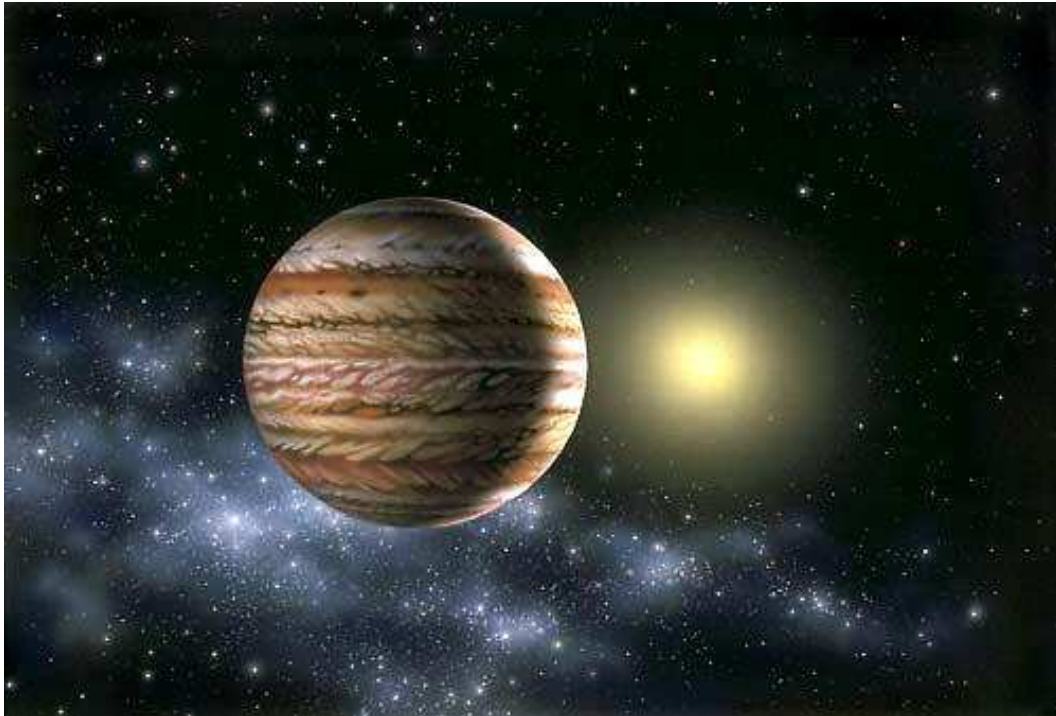
Johannes Kepler

Elaboró las primeras leyes que describían el movimiento planetario. Prueba que los planetas no se mueven sobre órbitas circulares, sino sobre elipses, con el sol en uno de los focos.





## Un planeta es ...



- (A) No brillan con luz propia.
- (B) Dan vueltas alrededor de una estrella y no alrededor de otro planeta.
- (C) Son redondos.
- (D) Han limpiado su órbita de otros objetos.

⇒ **Plutón NO es un planeta.**

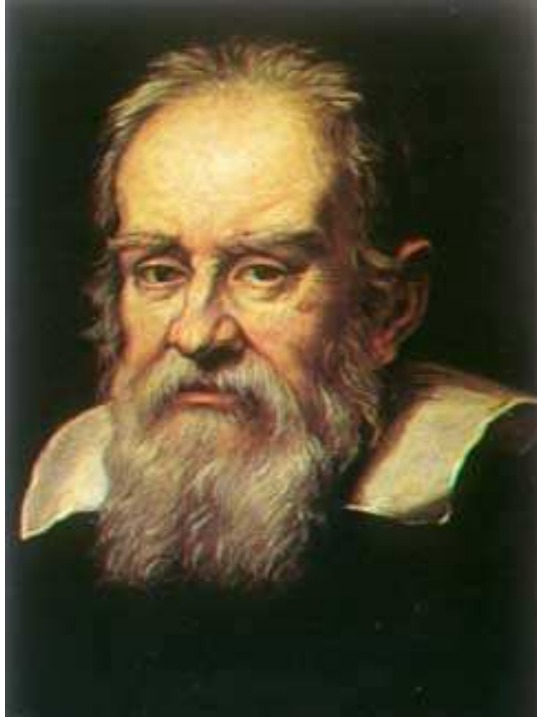


# Galileo: ¿Cómo se ve el cielo a través de un telescopio?.



## Galileo, el primer astrónomo moderno.

Retrato de Galileo.



Dos telescopios  
construidos  
por Galileo.  
Museo de la  
Ciencia de  
Florencia.



## Descubrimientos de Galileo.



**Fases de Venus: Galileo las observó por primera vez en marzo de 1609. Apoyan la teoría del movimiento de los planetas alrededor del sol.**



**Manchas solares:  
Galileo descubrió la manera de  
proyectar la imagen del sol en una  
pantalla. Descubrió que las manchas  
solares estaban asociadas al sol y no  
eran un fenómeno atmosférico:**

**¡¡Los cielos eran corruptibles!!.**



**Galileo quiso utilizar las lunas de Júpiter para medir la posición de un barco en altamar con respecto a un meridiano.**



## Römer y la velocidad de la luz.



Ole Römer.

Los tránsitos de las lunas de Júpiter podían permitir calcular la longitud de un barco en altamar y favorecer la navegación transoceánica. La Ciencia se hace imprescindible para la economía.



Descubrió que los tránsitos de IO por delante de Júpiter se retrasaban durante la mitad de la órbita de la tierra y se adelantaban en la otra mitad. Su explicación era que la velocidad de la luz era finita.





## Newton y la Ley de la gravitación universal.



Newton en 1702, retrato de G. Kneller

Propuso la ley de la Gravitación Universal que dió una explicación al movimiento de los planetas.

$$\vec{F} = G \frac{Mm}{r^2} \hat{e}_r$$

Primera ley con carácter universal. Era válida en todo el Universo.



# Telescopios.



## Telescopios Españoles.



**Telescopios en el Roque de los Muchachos, en La Palma. Los telescopios se colocan en montañas altas donde la atmósfera sea muy transparente.**

**Es el observatorio español más importante, junto a los observatorios del Teide y Calar Alto.**



## Telescopios ópticos: Keck I y II.



**Telescopios ópticos idénticos: Keck I y II, situados en Mauna Kea, Hawaii.**

**Los espejos tienen 10m de diámetro.**



## Telescopio Hubble.



Telescopio espacial Hubble. El espejo tiene 2.2m de diámetro. Desde el espacio se evitan todas las distorsiones de la atmósfera.



## Radio telescopios.



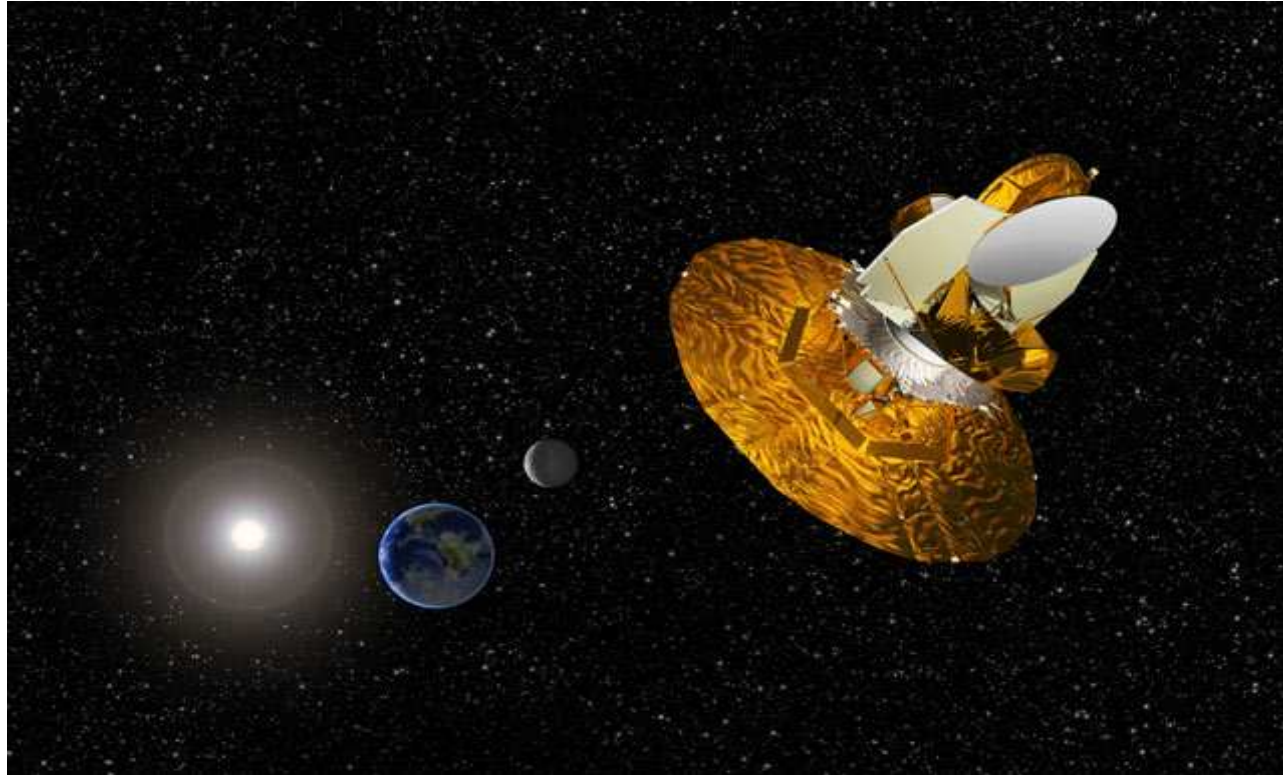
**Radio telescopio de Arecibo en Puerto Rico, de 300m de diámetro.**



**Radio Telescopio de Jodrell-Bank, Inglaterra. Antena de 40m de diámetro.**



## Satélites.



**WMAP: Radiotelescopio en un satélite, en órbita alrededor del sol.**

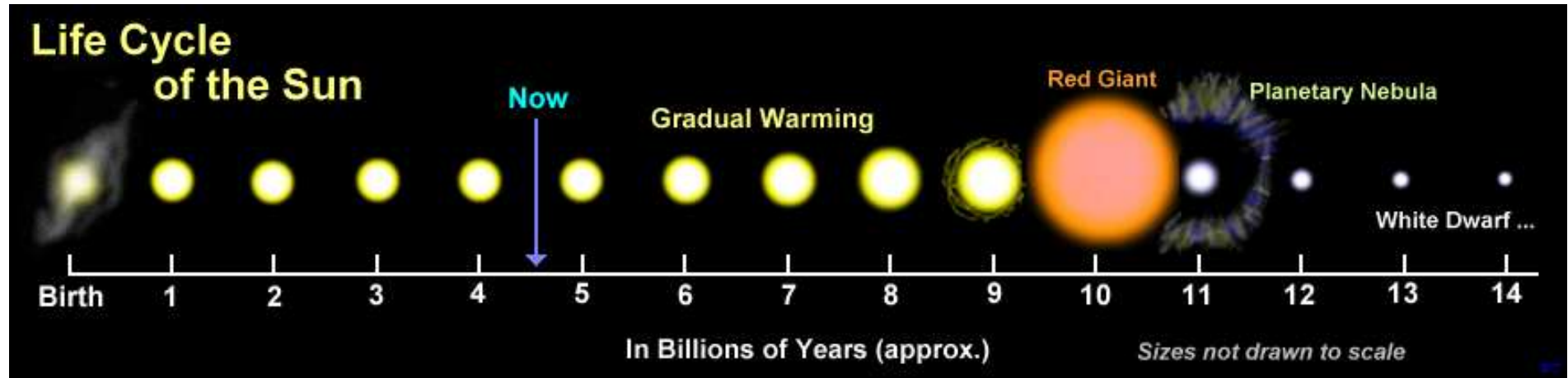


# ¿Qué sabemos de las Estrellas?.





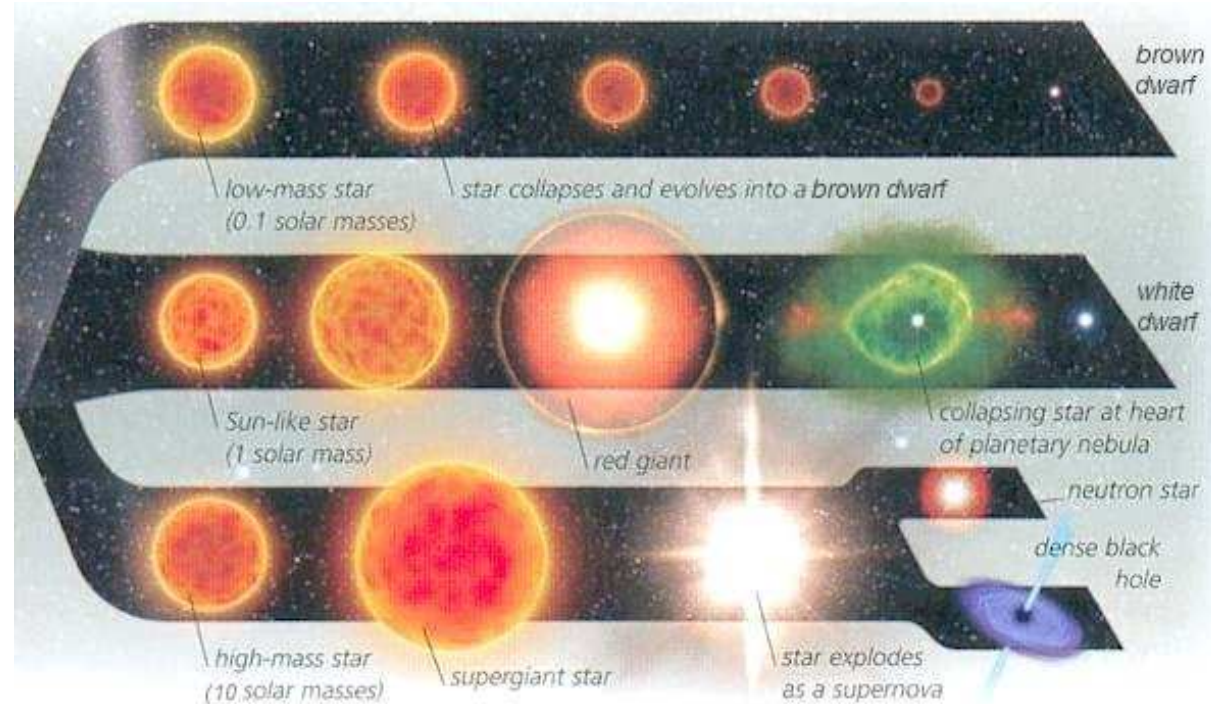
## El sol envejece.



**El sol brilla porque se producen reacciones nucleares en su interior. Cuando le combustible se agote, el sol se apagará.**



## La vida de las estrellas.



**Las estrellas evolucionan. Su longevidad depende de su masa. Cuanto más masivas, más brillantes y más pronto se consumen.**



## Estrellas delgadas de larga vida y muerte sosegada.

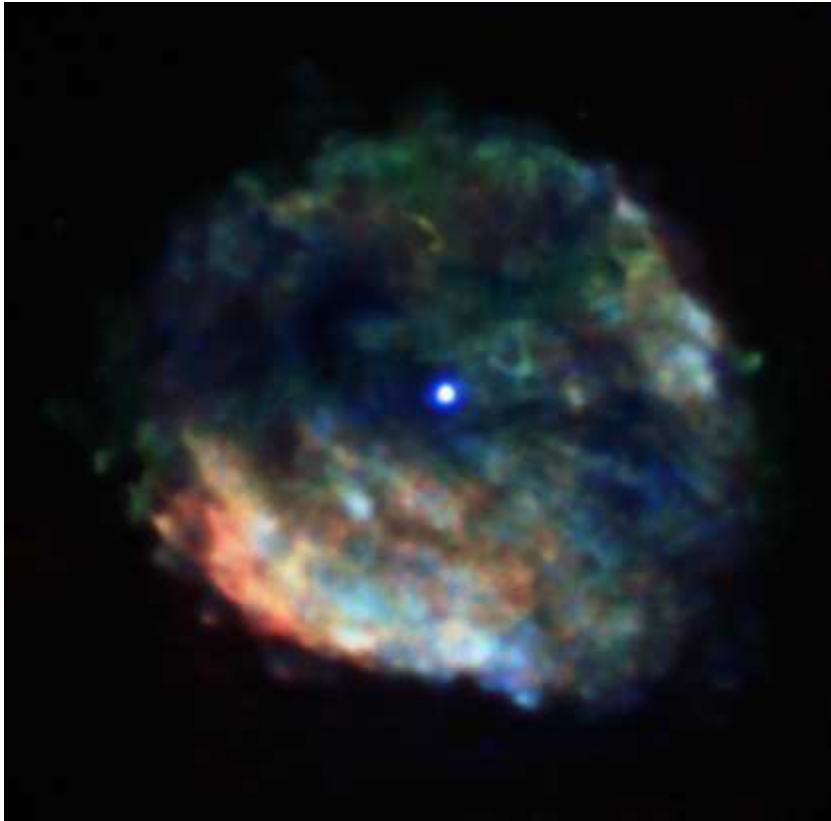


**Nebulosa Planetaria Helix, observada con el telescopio Hubble.**

**Estrellas como el sol consumen el H de su interior y se van apagando. En ese proceso, la estrella se expande hasta desprenderse de sus capas más exteriores. Se forma una enana blanca en el centro y una Nebulosa Planetaria en el exterior.**

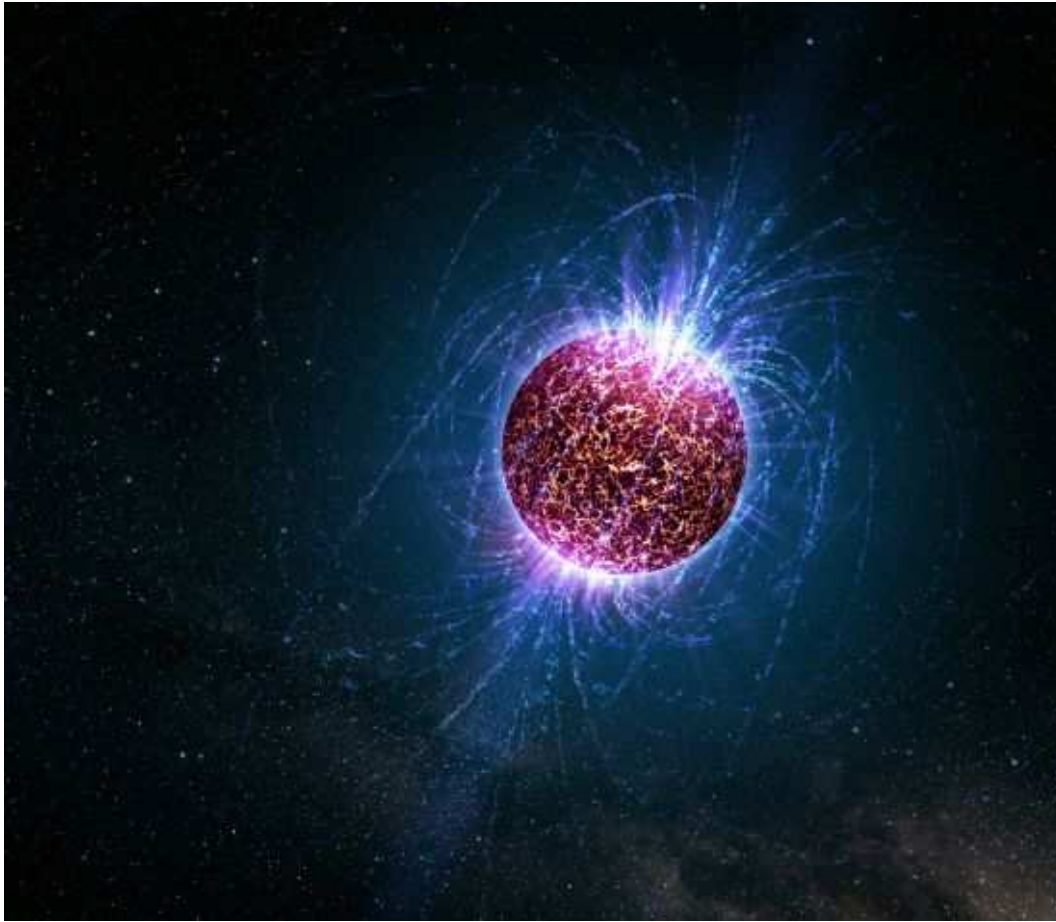


## Vida loca, muerte loca.



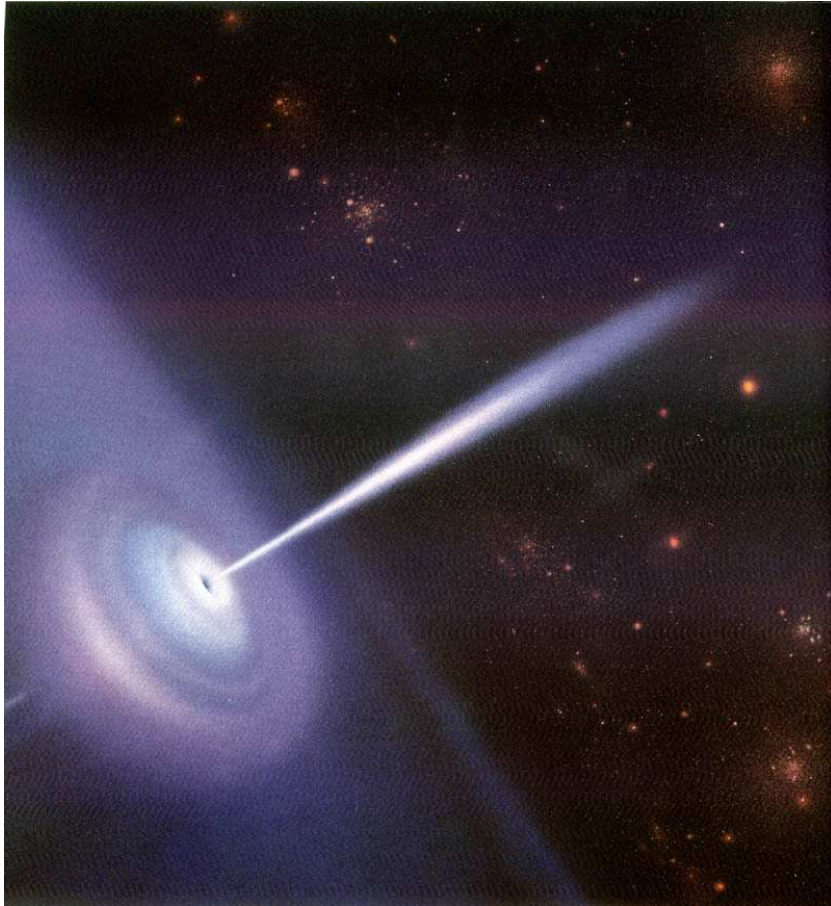
### Remanente de una Supernova.

Las estrellas masivas se consumen mucho más deprisa que las estrellas menos masivas. En sólo UN SEGUNDO, la estrella colapsa y explota como una SUPERNOVA. La estrella ella sólo brilla tanto como  $10^{11}$  soles.



El resultado de una supernova es una **ESTRELLA DE NEUTRONES**. Toda la masa del sol, que se tiene un radio de 700,000 km, tiene ahora sólo 10km. Una cucharada de café de material pesa como el Everest.

LGM-1



El resultado de una explosión de supernova también puede ser un...

**AGUJERO NEGRO**



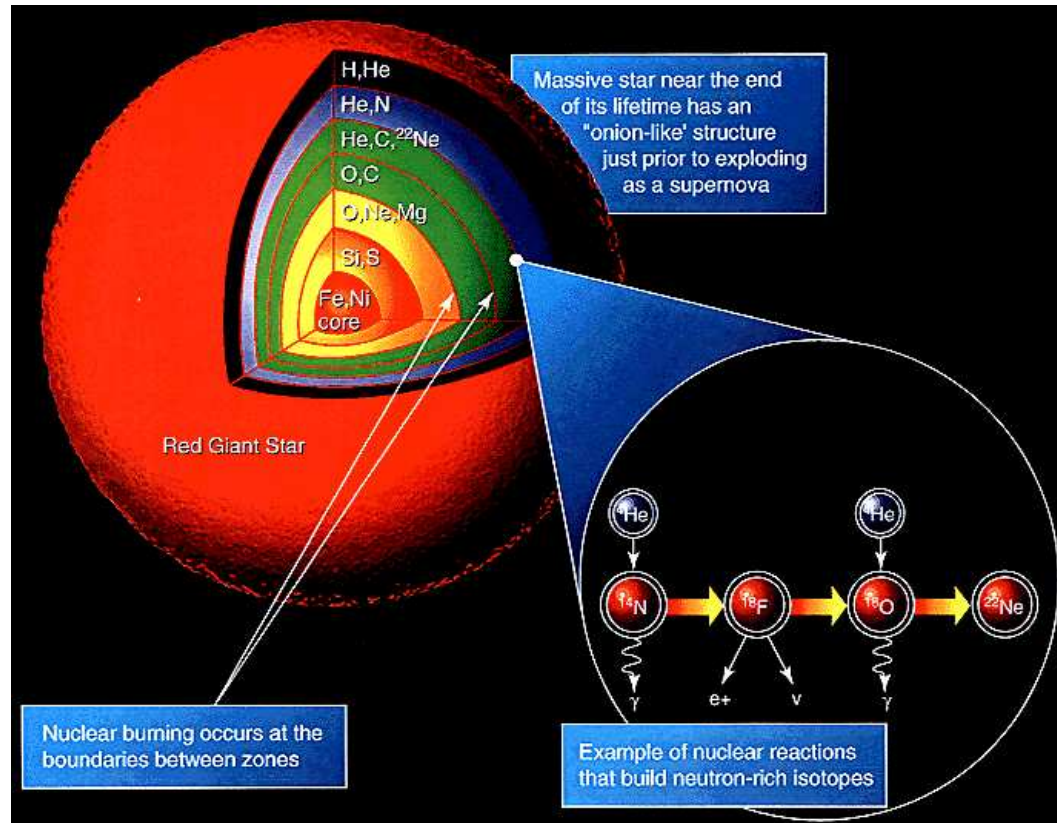
# Polvo de Estrellas.

hydrogen 1 <b>H</b> 1.0079																	helium 2 <b>He</b> 4.0026	
lithium 3 <b>Li</b> 6.941	beryllium 4 <b>Be</b> 9.0122											boron 5 <b>B</b> 10.811	carbon 6 <b>C</b> 12.011	nitrogen 7 <b>N</b> 14.007	oxygen 8 <b>O</b> 15.999	fluorine 9 <b>F</b> 18.998	neon 10 <b>Ne</b> 20.180	
sodium 11 <b>Na</b> 22.990	magnesium 12 <b>Mg</b> 24.305											aluminium 13 <b>Al</b> 26.982	silicon 14 <b>Si</b> 28.086	phosphorus 15 <b>P</b> 30.974	sulfur 16 <b>S</b> 32.065	chlorine 17 <b>Cl</b> 35.453	argon 18 <b>Ar</b> 39.948	
potassium 19 <b>K</b> 39.098	calcium 20 <b>Ca</b> 40.078	scandium 21 <b>Sc</b> 44.956	titanium 22 <b>Ti</b> 47.867	vanadium 23 <b>V</b> 50.942	chromium 24 <b>Cr</b> 51.996	manganese 25 <b>Mn</b> 54.938	iron 26 <b>Fe</b> 55.845	cobalt 27 <b>Co</b> 58.933	nickel 28 <b>Ni</b> 58.693	copper 29 <b>Cu</b> 63.546	zinc 30 <b>Zn</b> 65.39	gallium 31 <b>Ga</b> 69.723	germanium 32 <b>Ge</b> 72.61	arsenic 33 <b>As</b> 74.922	selenium 34 <b>Se</b> 78.96	bromine 35 <b>Br</b> 79.904	krypton 36 <b>Kr</b> 83.80	
rubidium 37 <b>Rb</b> 85.468	strontium 38 <b>Sr</b> 87.62	yttrium 39 <b>Y</b> 88.906	zirconium 40 <b>Zr</b> 91.224	niobium 41 <b>Nb</b> 92.906	molybdenum 42 <b>Mo</b> 95.94	technetium 43 <b>Tc</b> [98]	ruthenium 44 <b>Ru</b> 101.07	rhodium 45 <b>Rh</b> 102.91	palladium 46 <b>Pd</b> 106.42	silver 47 <b>Ag</b> 107.87	cadmium 48 <b>Cd</b> 112.41	indium 49 <b>In</b> 114.82	tin 50 <b>Sn</b> 118.71	antimony 51 <b>Sb</b> 121.76	tellurium 52 <b>Te</b> 127.60	iodine 53 <b>I</b> 126.90	xenon 54 <b>Xe</b> 131.29	
caesium 55 <b>Cs</b> 132.91	barium 56 <b>Ba</b> 137.33	57-70 *	lutetium 71 <b>Lu</b> 174.97	hafnium 72 <b>Hf</b> 178.49	tantalum 73 <b>Ta</b> 180.95	tungsten 74 <b>W</b> 183.84	rhenium 75 <b>Re</b> 186.21	osmium 76 <b>Os</b> 190.23	iridium 77 <b>Ir</b> 192.22	platinum 78 <b>Pt</b> 195.08	gold 79 <b>Au</b> 196.97	mercury 80 <b>Hg</b> 200.59	thallium 81 <b>Tl</b> 204.38	lead 82 <b>Pb</b> 207.2	bismuth 83 <b>Bi</b> 208.98	polonium 84 <b>Po</b> [209]	astatine 85 <b>At</b> [210]	radon 86 <b>Rn</b> [222]
francium 87 <b>Fr</b> [223]	radium 88 <b>Ra</b> [226]	89-102 * *	lawrencium 103 <b>Lr</b> [262]	rutherfordium 104 <b>Rf</b> [261]	dubnium 105 <b>Db</b> [262]	seaborgium 106 <b>Sg</b> [269]	bohrium 107 <b>Bh</b> [264]	hassium 108 <b>Hs</b> [269]	meitnerium 109 <b>Mt</b> [268]	ununilium 110 <b>Uun</b> [271]	unununium 111 <b>Uuu</b> [272]	ununbium 112 <b>Uub</b> [277]	ununquadium 114 <b>Uuq</b> [289]					

\* Lanthanide series

lanthanum 57 <b>La</b> 138.91	cerium 58 <b>Ce</b> 140.12	praseodymium 59 <b>Pr</b> 140.91	neodymium 60 <b>Nd</b> 144.24	promethium 61 <b>Pm</b> [145]	samarium 62 <b>Sm</b> 150.36	europium 63 <b>Eu</b> 151.96	gadolinium 64 <b>Gd</b> 157.25	terbium 65 <b>Tb</b> 158.93	dysprosium 66 <b>Dy</b> 162.50	holmium 67 <b>Ho</b> 164.93	erbium 68 <b>Er</b> 167.26	thulium 69 <b>Tm</b> 168.93	ytterbium 70 <b>Yb</b> 173.04
actinium 89 <b>Ac</b> [227]	thorium 90 <b>Th</b> 232.04	protactinium 91 <b>Pa</b> 231.04	uranium 92 <b>U</b> 238.03	neptunium 93 <b>Np</b> [237]	plutonium 94 <b>Pu</b> [244]	americium 95 <b>Am</b> [243]	curium 96 <b>Cm</b> [247]	berkelium 97 <b>Bk</b> [247]	californium 98 <b>Cf</b> [251]	einsteinium 99 <b>Es</b> [252]	fermium 100 <b>Fm</b> [257]	mendelevium 101 <b>Md</b> [258]	nobelium 102 <b>No</b> [259]

Todos los elementos químicos a partir de C tienen su origen en estrellas.



Las estrellas gigantes consumen gran cantidad de recursos y queman todos los materiales posibles, fusionando núcleos ligeros en núcleos más pesados. Este material es expulsado al medio interestelar en las explosiones de supernova.

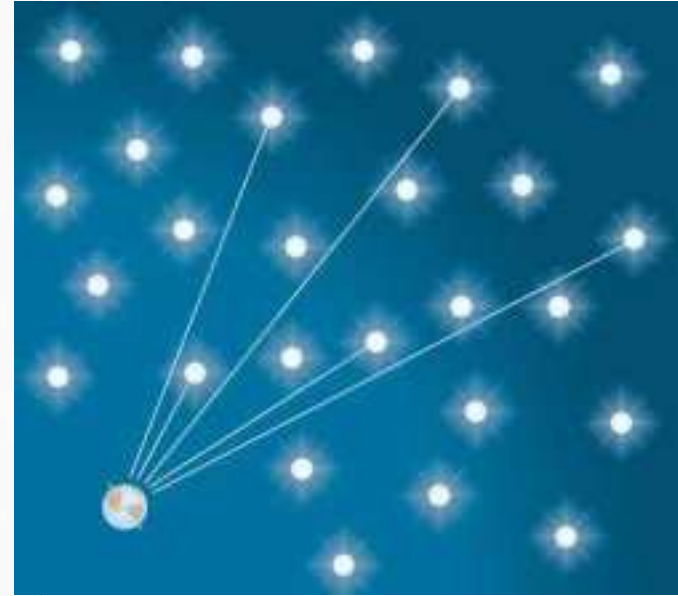




# El Universo.



## ¿Por qué el Universo es oscuro?.



**Si el Universo está cubierto de estrellas en todas direcciones, en todas direcciones deberíamos ver la luz de una estrella.**



PARADOJA DE OLBERS:

**¡¡El cielo de noche NO PUEDE SER OSCURO!!.**

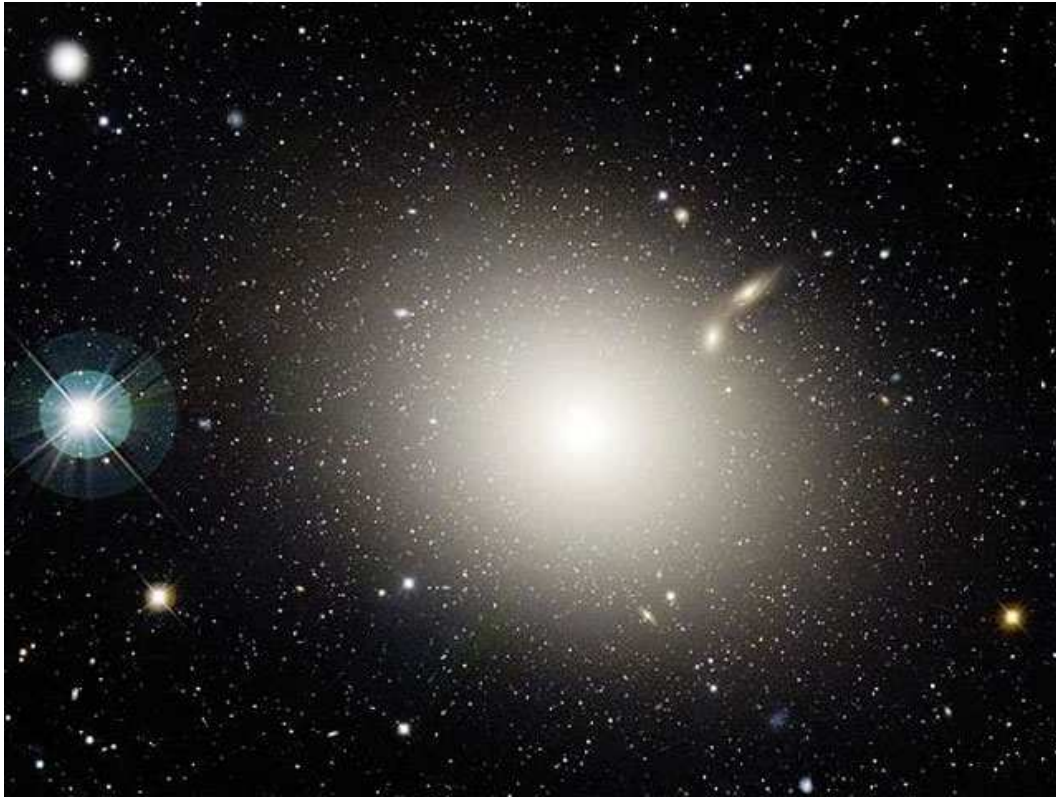


## Galaxias.



**Solución equivocada: las estrellas no se distribuyen homogéneamente, se agrupan en Galaxias.**

**Galaxia espiral. Imagen obtenida con el telescopio Hubble.**

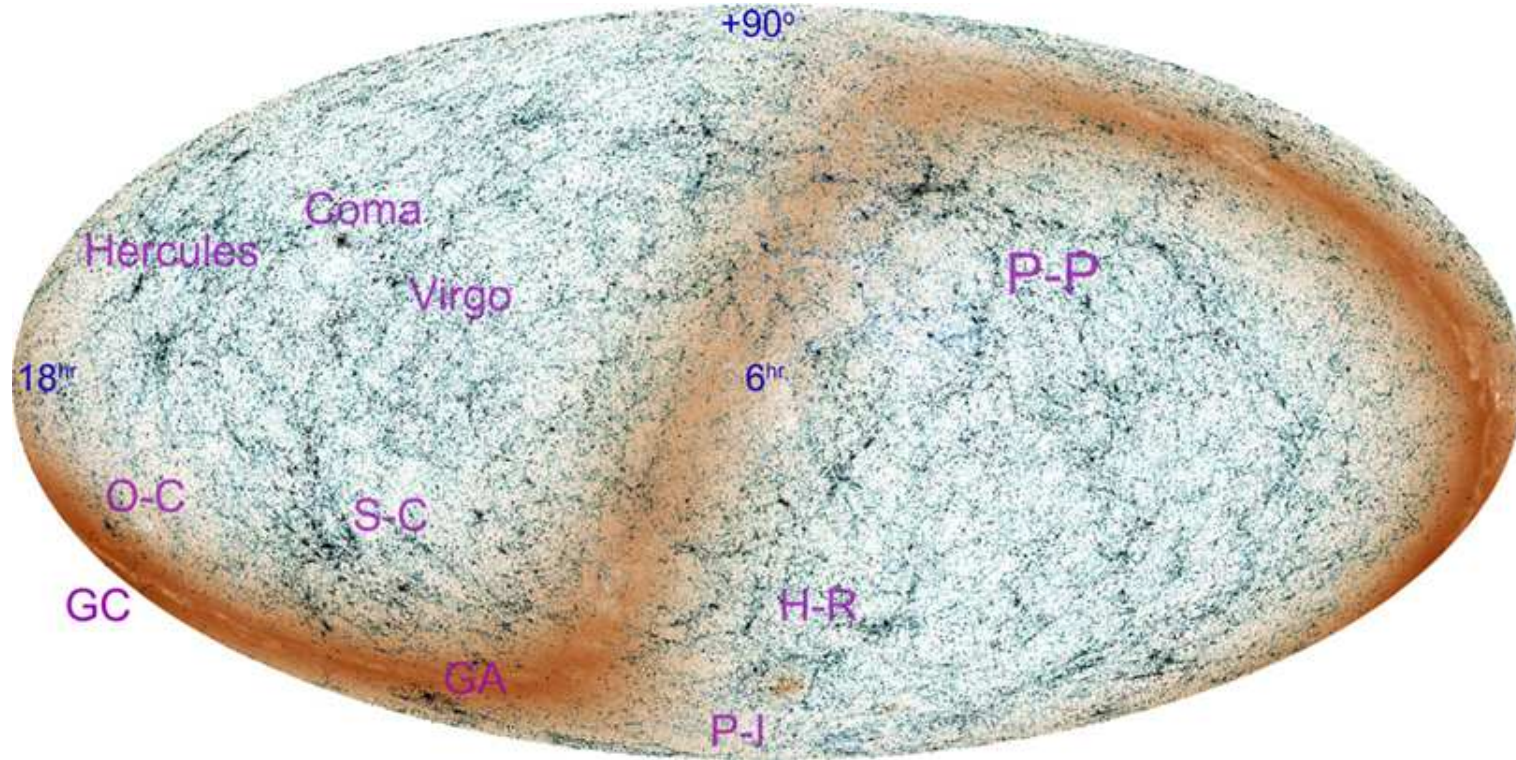


**Las galaxias se agrupan en Cúmulos de galaxias.**

**Cúmulo de Virgo con la galaxia gigante M87 en su centro.**



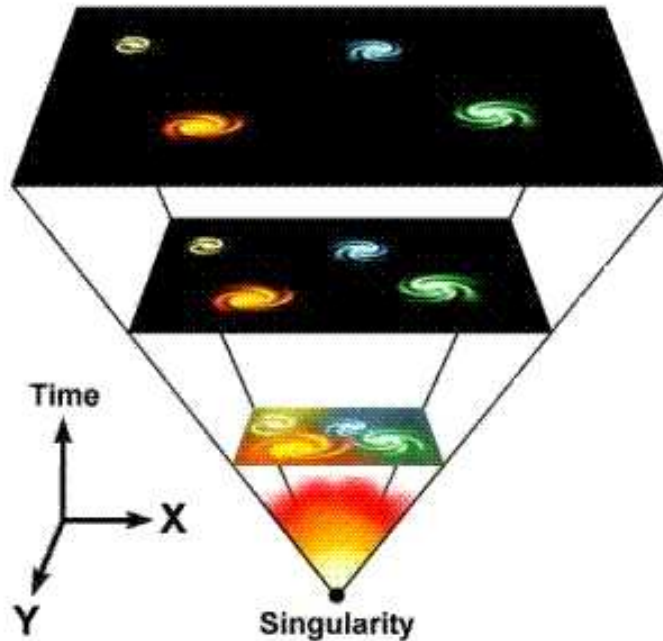
## El cielo profundo.



Los cúmulos se agrupan en supercúmulos. **Distribución de galaxias en el Universo local.**



## El Universo en Expansión.



Ley de Hubble.

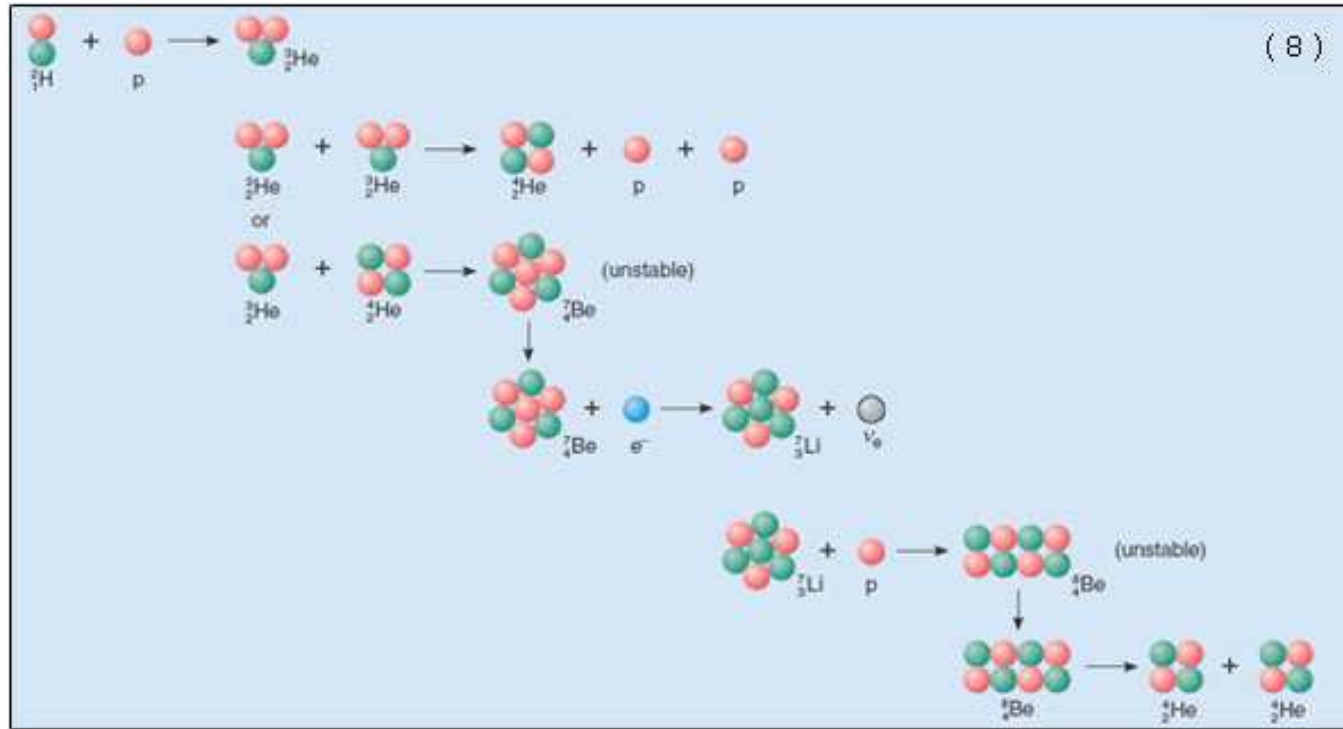
Las galaxias se alejan unas de otras. Las más distantes se alejan a mayor velocidad.

**SOLUCIÓN** de la paradoja de Olbers: el universo tiene una edad finita.

**¡¡El Universo tuvo un origen!!**



## El Universo como una estrella. Nucleosíntesis.



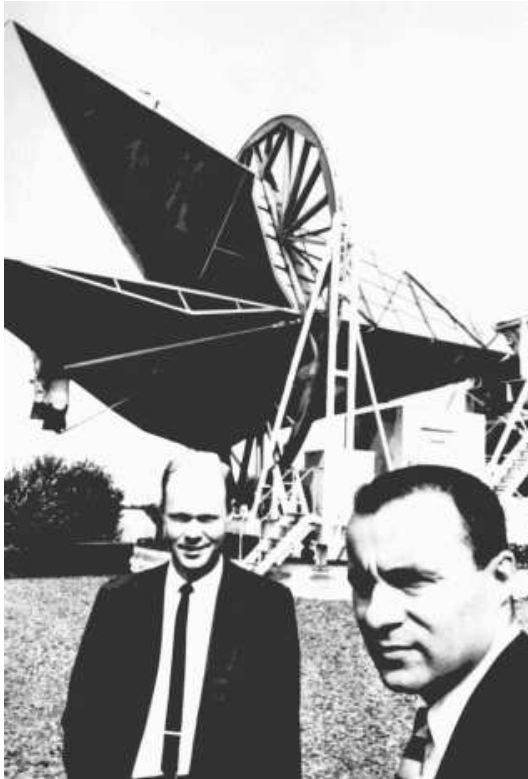
El universo primitivo es tan caliente como los interiores estelares y en ese momento se sintetizan los elementos químicos más ligeros:

He, Li, Be, B

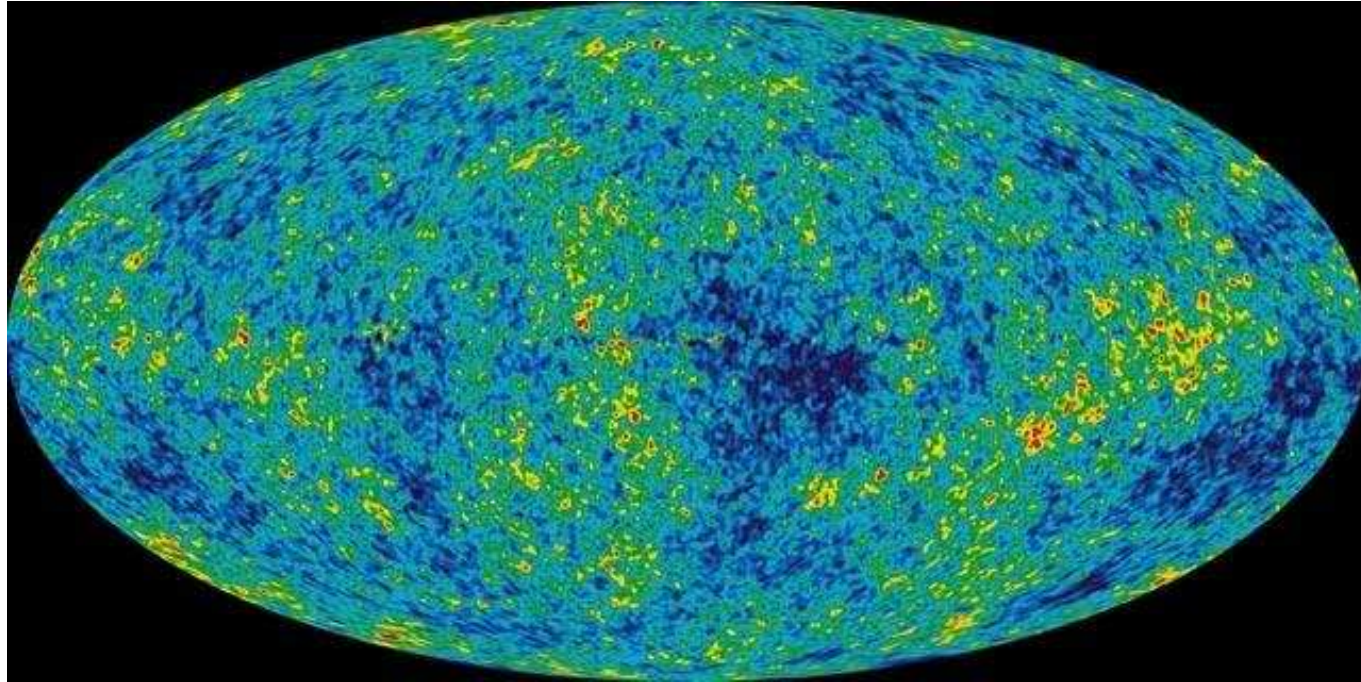




## El fondo cósmico de microondas.



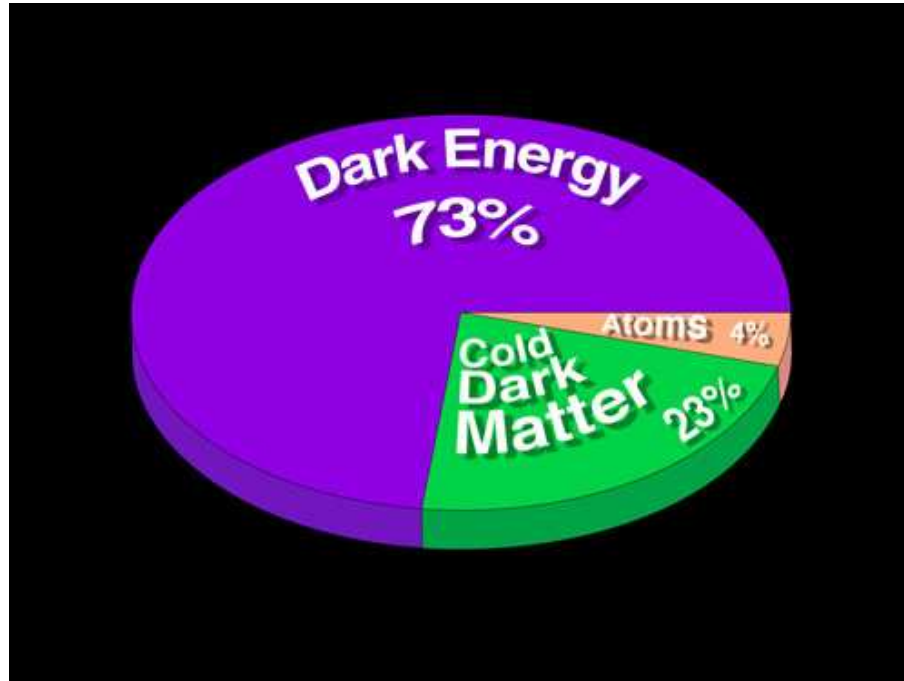
**Penzias y Wilson, de los laboratorios Bell, encontraron el eco de la Gran Explosión: el fondo cósmico de microondas.**



**Foto del Universo en el rango de las microondas. La temperatura del Universo es  $T = 2.73\text{K}$ , y fluctua en el cielo en una parte en cien mil.**



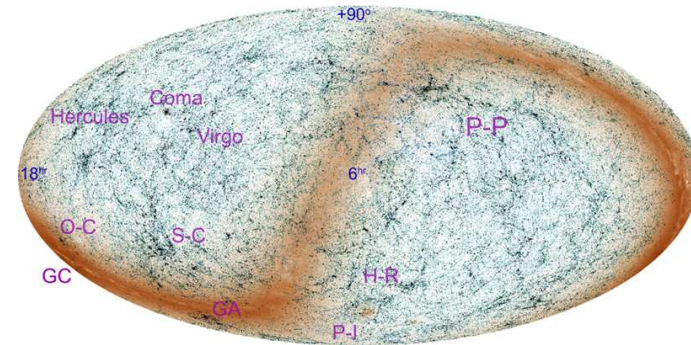
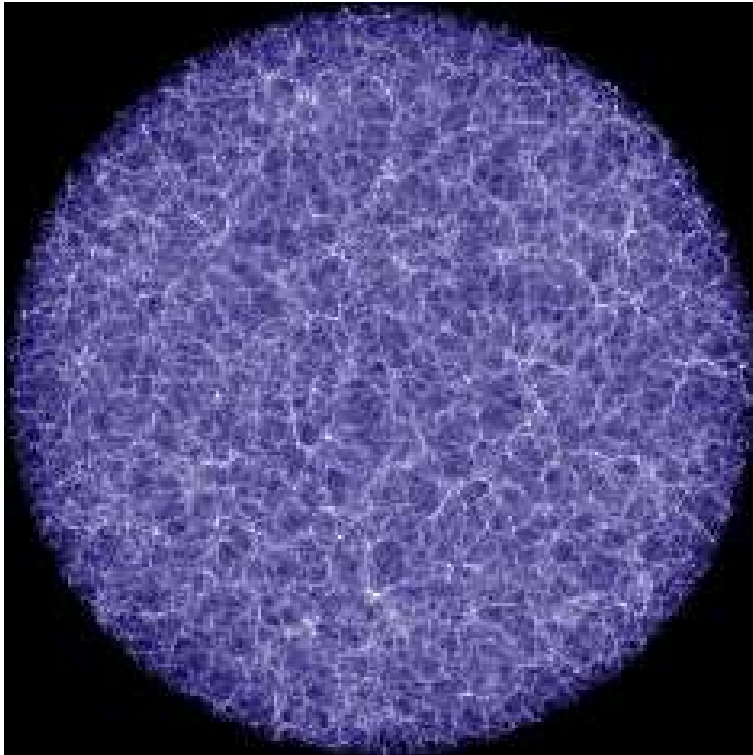
## ¿De qué está hecho el Universo?.



La foto anterior nos permitió establecer sólo conocemos un 4% de toda la materia que compone el Universo. No tenemos ni idea de qué está hecho el resto.



## El Universo en un ordenador.

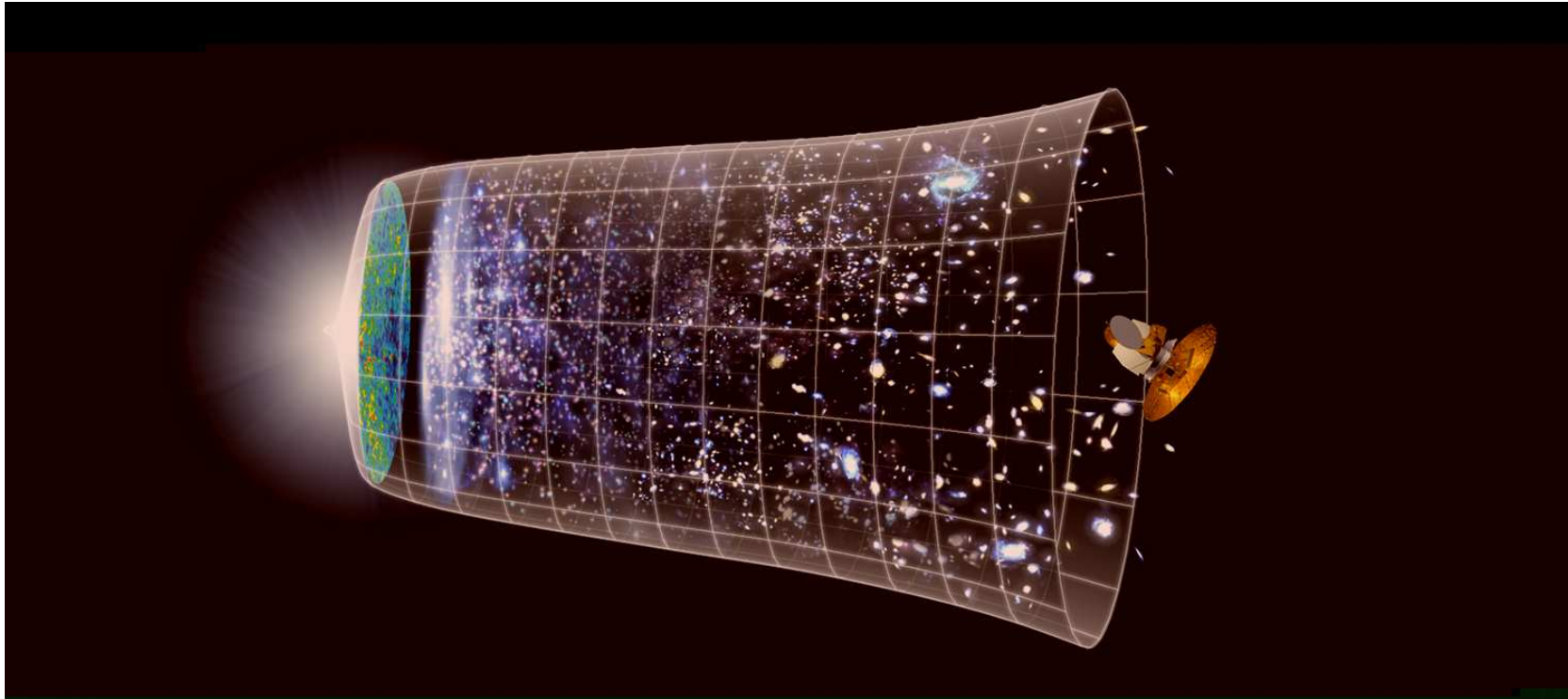


Queremos comprender el Universo, su estructura actual y qué fenómenos físicos determinaron su evolución.

Pongamos todo nuestro conocimiento en un ordenador, y ¡dejemosle calcular!



## El Cielo a simple vista.





# ¿Para qué sirve la Astronomía?.