

U  
2

Origen y evolución

**del universo**





A lo largo de milenios, la Humanidad ha vivido contemplando el cielo nocturno y haciéndose numerosas preguntas acerca de la naturaleza de los astros, de su movimiento y de su origen. Cada cultura ha dado respuestas distintas a estas preguntas. En los últimos siglos, el hombre ha proporcionado una explicación científica, que es heredera de la tradición cosmológica de la antigua Grecia, que nos ha abierto horizontes insospechados acerca del Universo. En esta unidad estudiaremos cómo ha sido esta aventura del pensamiento humano y la concepción actual del Universo

## ACTIVIDAD 1

Lee el siguiente texto y contesta las cuestiones

### Las primeras preguntas

A diferencia de las preguntas que nos hemos hecho nosotros, los primeros hombres se interrogaron y utilizaron los fenómenos celestes de una manera mucho más práctica. En concreto, los utilizaban como referencia para intentar predecir algunos acontecimientos con el fin de obtener mejores cosechas.

Así se preguntaban: ¿Cuándo hemos de plantar? ¿Cuándo llegarán las inundaciones? ¿Cuándo la época del granizo y de las fuertes tormentas? De esta manera, realizando observaciones minuciosas, pudieron construir rudimentarios relojes, un calendario lunar (30 días) y posteriormente un calendario solar (365 días) que les permitía predecir hasta cierto punto estos acontecimientos y salvar o mejorar las cosechas.

El Sol, la Luna o las estrellas constituyeron así sus primeros calendarios. Durante el día, podían ver las largas sombras de un objeto cómo modificaban su sentido y su tamaño. Tardaron muchos años en hacerlo, pero finalmente comprendieron que, según cuál fuese la longitud y dirección de la sombra, se podía afirmar, con bastante seguridad, el momento del día en que se encontraban (Fig. 1).

Si la posición de las sombras les indicaba la duración y el momento del día, las fases de la Luna les permitió representarse periodos mayores: el mes (Fig. 2).

Sin embargo, el calendario lunar se mostró insuficiente dado que necesitaban predecir las estaciones y las épocas de siembra y de recolección. Día tras día, los sacerdotes sumerios anotando las posiciones de la salida y de la puesta del Sol a lo largo de las estaciones, así como los grupos de estrellas que brillaban cuando el Sol se había ocultado, obtuvieron un cúmulo de datos con los cuales llegaron a medir la duración del año con un error menor de dos horas.

Otra necesidad básica que tenían los hombres era la de buscar referencias espaciales para orientarse, para saber dónde estaban las fuentes de alimentación: caza, frutos, agua, así como los peligros potenciales como los que representaban los animales predadores. Así, observando día a día la marcha del Sol, descubrieron que siempre aparecía aproximadamente por el mismo lugar, y se ponía, también aproximadamente, en el mismo punto del horizonte.

Los habitantes del hemisferio Norte del planeta comenzaron a apreciar cómo grupos de

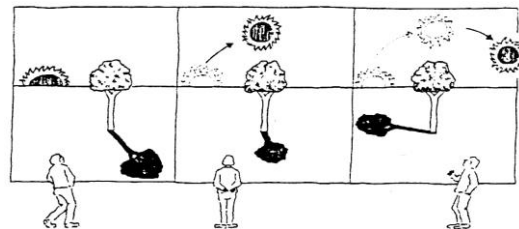


Fig. 1. La posición de las sombras funciona como reloj diario y permite orientarse.  
Fuente: Averbuj, Ed. De la Torre

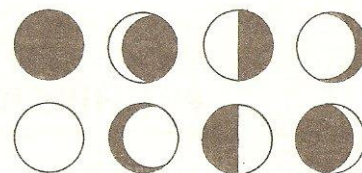


Fig. 2. Fases lunares.  
Fuente: Averbuj, Ed. De la Torre

estrellas que se presentaban todas las noches en igual disposición (constelaciones), giran en torno a un punto fijo que coincide con la estrella polar. Esta estrella señala el Norte, de manera que siguiendo su dirección, les era sencillo orientarse aún en los parajes más desconocidos.

Fruto de esta observación tan minuciosa, descubrieron cinco "estrellas" que se movían independientemente de las demás (estrellas fijas) en el cielo. Estas "estrellas móviles" constituyen los cinco planetas que pueden observarse a simple vista: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.

Fueron los babilonios los que describieron doce constelaciones que las asociaron a ciertas figuras a las que dieron un nombre y que todavía hoy constituyen el Zodíaco (Fig. 3). Poco a poco, la observación astronómica, además de servir para predecir las estaciones, se convirtió en manos de los sacerdotes en una herramienta para predecir la influencia de los astros en la vida de cualquier persona (horóscopos). De esta manera la Astronomía y la Astrología constituyeron disciplinas parejas, hasta el siglo XVI.

¿Cuándo comenzaron los hombres a realizar preguntas desinteresadas, como las que nosotros nos hemos hecho?: ¿Qué son los astros?, ¿De qué se componen? ¿De qué tamaño es el Universo? ¿Qué lugar ocupa la Tierra en el Universo?, ¿Por qué se mueven algunas estrellas?, etc.

Realmente no lo sabemos, pues desgraciadamente los testimonios escritos son escasos hasta la época griega. Ahora bien, casi todas las civilizaciones han intentado dar un sentido a la vida y al Universo. Estas primeras explicaciones se denominan mitos. Los mitos se caracterizan por ser explicaciones en las que juegan un papel primordial los dioses u otras fuerzas, por lo que no se pueden contrastar; tan solo es cuestión de creer o no en ellas. Así los Brabmines indios, hace ya unos miles de años, pensaban que el universo estaba sostenido por un elefante que a su vez se apoyaba sobre el caparazón de una tortuga.

Sin embargo, alrededor del año 500 a.d.C. los pensadores griegos comenzaron a dar explicaciones de signo diferente, ya que descartaban a los dioses y otras fuerzas mágicas. Dos son los grandes tipos de interrogantes que surgieron en esta época y que todavía nos tienen ocupados:

1. ¿Cuál es la posición de la Tierra en el Universo?
2. ¿De qué se componen los astros?

### Cuestión 1

¿Qué es un mito? ¿Hay algún mito antiguo que se mantenga en la actualidad?

### Cuestión 2

Realiza una tabla con las fases del método científico y analiza si la Astrología es una ciencia o una pseudociencia. (Ten en cuenta que una pseudociencia se puede contrastar pero los seguidores hacen caso omiso de dicha contrastación)

La pregunta inicial es: ¿influyen las estrellas en el carácter y destino de las personas?

### Cuestión 3

¿Por qué la estrella Polar se mantiene fija, mientras que las otras se mueven conjuntamente a lo largo de la noche?

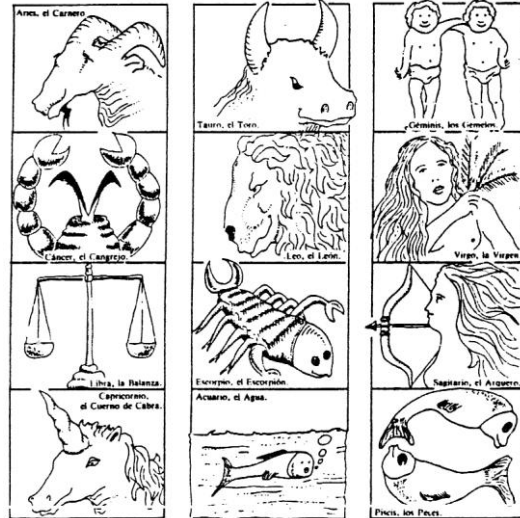


Fig. 3. Los signos del Zodíaco. Fuente: Averbuj, Ed. De la Torre

## ACTIVIDAD 2

Visualización del vídeo de Cosmos: El espinazo de la noche

### Cuestión 4

¿Cuáles fueron las características del pensamiento jónico?

### Cuestión 5

¿Qué observación con el "ladrón de agua" o clepsidra permitió acercarse a la idea de que la materia está hecha de átomos?

### Cuestión 6

¿Cuál fue la influencia de los pitagóricos en la evolución del pensamiento científico de la época?

### Cuestión 7

¿En qué siglo se retomó la tradición jónica de hacer ciencia utilizando no solamente el razonamiento sino la observación y experimentación?

### Cuestión 8

¿Cómo se las apañó Huygens para averiguar lo lejanas que están las estrellas?

## ACTIVIDAD 3

Lee el siguiente texto y contesta a las cuestiones

### **En busca del centro del Universo**

*Tales de Mileto fue la primera persona que intentó sustituir las imágenes sobrenaturales, míticas, por otras más racionales. Imaginó que la Tierra era un disco plano, que se encontraba en el centro del Universo, flotando sobre agua y con un cielo a su alrededor que, según él, no era más que agua evaporada. Era una explicación muy incipiente, pero en la que sólo había elementos naturales, no sobrenaturales.*

*Después algunas observaciones como la desaparición paulatina de un barco en el horizonte o la silueta de la Tierra proyectada en la Luna durante un eclipse, permitieron a los filósofos griegos concluir que la Tierra es redonda. A partir de aquí y del movimiento del Sol, de la Luna y de los demás cuerpos celestes, se formuló el modelo Geocéntrico, cuyo máximo representante fue Ptolomeo. En él, la Tierra ocupa el centro de un Universo esférico y en torno a ella giran los astros en dos esferas rígidas e invisibles. Una de las esferas corresponde a las estrellas fijas (las que se mueven simultáneamente sin cambiar de posición) y la otra a la esfera de las estrellas móviles (la de los planetas, el Sol y la Luna).*

*Este modelo fue cuestionado por otro sabio griego, llamado Aristarco de Samos. Aristarco sostuvo una idea revolucionaria: el centro del Universo no lo ocupaba la Tierra sino el Sol (modelo Heliocéntrico). Sin embargo, su modelo prácticamente pasó inadvertido quedando establecido el Modelo Geocéntrico.*

*El universo de la Edad Media era pues el Geocéntrico, aunque preñado de tintes y matices teológicos y eclesiásticos. Como puede observarse en un dibujo de la época (Fig 4), en él*



Fig. 4. El Universo de las esferas rígidas de la Edad Media



figuran las esferas que sostenían el Sol y la Luna, las de los planetas y, por encima de todo ello, la gran esfera de las estrellas fijas, o bóveda celeste y como contrapartida, el inframundo, el infierno.

En los siglos XVI y XVII, aparecieron una serie de hombres: Giordano Bruno, Copérnico, Kepler, Galileo, Newton, etc., que desarrollaron e implantaron el método científico de conocimiento, revolucionando la astronomía con el triunfo de la teoría Heliocéntrica.

Quien primeramente volvió a mencionar la validez del modelo Heliocéntrico fue Copérnico. Bruno afirmó que el Sol es una simple estrella más; las estrellas no son más que soles que se encuentran muy lejos. Algunas ideas científicas han tenido y tienen mucha influencia social. Bruno fue quemado en la hoguera por ésta y otras afirmaciones. A la gente le habían enseñado que el Sol era un gran fuego creado por Dios para calentar la Tierra. Ahora era una estrella más, el Universo tenía que ser muy grande si el resto de estrellas son soles, en otros soles podría haber planetas con gente, Si fuera así, ¿habría ido Jesús también a salvarlos? No era de extrañar que la Iglesia se opusiera a la ciencia y condenara a los científicos.

Poco a poco el modelo Heliocéntrico fue imponiéndose al Geocéntrico. Explicaba de forma más simple y precisa el movimiento de los astros, siendo capaz de hacer predicciones más fiables. También explicaba mejor la duración de las estaciones del año según la latitud en la que se encuentran las distintas regiones.

Sin embargo, hasta Galileo no se dispuso de pruebas. Galileo utilizó el telescopio para observar el cielo nocturno. Argumentó que el hecho de que con el telescopio no aumentara el tamaño de las estrellas fijas, era debido a que se encontraban a una gran distancia, tal como sostuvo Bruno y, en su tiempo, Aristarco. Además, gracias a su paciente observación con el telescopio, Galileo descubrió varios satélites de Júpiter que daban vueltas en torno al planeta (aparecían y desaparecían periódicamente), sin que hubiera esfera rígida alguna que se lo impidiera. Por lo tanto, esta observación de Galileo echó por tierra la hipótesis Geocéntrica: no todos los astros daban vueltas en torno a la Tierra puesto que Júpiter tenía satélites y no había esferas rígidas sino que todos los astros estaban suspendidos en el espacio.

Por defender estas ideas que iban en contra de la doctrina eclesíastica, Galileo casi siguió la misma suerte que Bruno; evitó la muerte retractándose públicamente de sus ideas.

¿Cómo podían sostenerse en el vacío sin caerse? A esta gran pregunta nadie supo dar respuesta hasta Newton. Newton postuló la existencia de la fuerza centrífuga que tienen los astros cuando dan vueltas (los efectos de la fuerza centrífuga los puedes sentir cuando vas en coche en una curva cerrada) que se contraponen a la fuerza gravitatoria. Todavía hoy las ideas de Newton se utilizan para poner satélites artificiales en órbita y para navegar por el espacio aprovechando la fuerza de gravitación de otros planetas.

Una vez que quedó establecido el Modelo Heliocéntrico, los científicos se dedicaron a escrutar la profundidad del Universo mediante el perfeccionamiento de los telescopios y el desarrollo de nuevas tecnologías.

En el siglo XVIII, Herschel perfeccionó los telescopios y pudo hacer un descubrimiento de gran relevancia: algunos de los puntos que a simple vista u observándolos con telescopios antiguos aparecían como estrellas, eran en realidad enjambres de millones de estrellas a las que se les llamó galaxias. Nuestro sol mismo pertenecía a una galaxia, la Vía Láctea.

Los astrónomos quedaron sorprendidos de las enormes distancias que nos separan de las estrellas, de modo que tuvieron que inventar una unidad mucho mayor que el kilómetro si no querían pasarse el día poniendo ceros. La nueva unidad que inventaron es el año-luz, que es la distancia que recorre la luz (su velocidad es de 300.000 km/s) en un año. Con los telescopios modernos, especialmente el telescopio Hubble (Fig. 5) situado en órbita, es posible apreciar galaxias que están en los límites del universo observable, a más de 10.000 millones de años-luz.



Fig. 5 Telescopio Hubble en órbita. Fuente: CMC. Ed. Bruño

Hasta el siglo XX, se pensaba que el Universo era estático, es decir, fuera lo grande

que fuera, permanecía inmóvil. A raíz de la Teoría de la Relatividad de Einstein, dos científicos, Lemaitre y Friedmann, plantean un modelo de Universo dinámico, afirmando que el Universo se encuentra en expansión y que se formó a partir de una Gran Explosión o Big Bang.

Esta hipótesis, que inicialmente fue bastante rechazada, es ahora aceptada por la mayoría de los científicos. Ello se debe a que se han realizado dos predicciones a partir de ella que han sido corroboradas. La primera predicción es que ha de poderse probar que las galaxias se estén alejando unas de otras; la segunda es que debe existir una radiación residual o eco del mismo del Big Bang.

Empecemos por la primera. Hubble se dedicaba no sólo a observar por el telescopio sino a analizar la luz de las galaxias, mediante un espectroscopio o espectrómetro. Este aparato, que está incorporado a los buenos telescopios, difracta la luz mediante un prisma, obteniéndose un espectro de siete colores. Pero en los espectros no sólo aparecen los colores sino bandas transversales oscuras (Fig. 6). Éstas se producen porque la materia fría que hay en torno a las galaxias absorbe luz.

Analizando estas bandas oscuras, Hubble se percató de que se desplazaban hacia el rojo y de que este desplazamiento era tanto mayor cuanto más alejadas estaban las galaxias. Hubble cayó en la cuenta de que este desplazamiento hacia el rojo significa que las galaxias se alejan de la Tierra. Al igual que el sonido del motor de un coche se hace agudo cuando se acerca a nosotros y grave cuando se aleja, así el desplazamiento hacia el azul indica acercamiento y el rojo alejamiento. Esto se debe a que tanto el sonido como la luz son ondas y se achatan cuando se acercan y se alargan cuando se alejan (Fig. 7). Dado que el desplazamiento hacia el rojo indica alejamiento y que éste era el tipo de espectro de la inmensa mayoría de las galaxias analizadas, Hubble concluyó que el universo está en expansión (Fig 8).

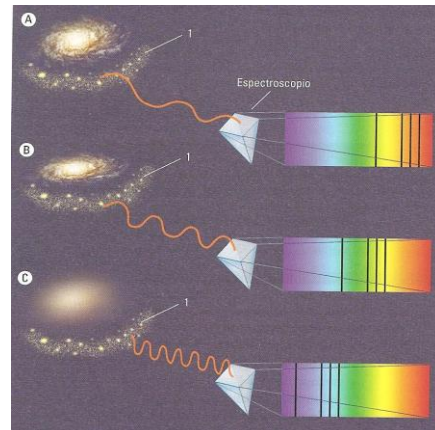


Fig. 6. La luz de las galaxias se puede analizar mediante espectroscopios. Las bandas oscuras son características de los elementos (por ej, sodio) que se encuentran en las nubes que rodean las galaxias. Su desplazamiento hacia el azul o hacia el rojo nos indica si se acercan o alejan.

Fuente: CMC. Ed. Bruño

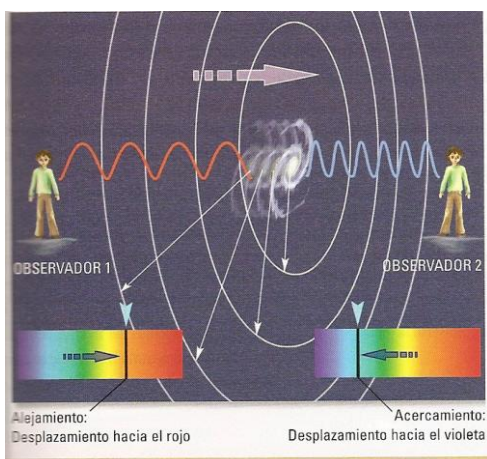


Fig 7. Las ondas de luz se achatan cuando se acercan, adquiriendo menor longitud de onda (color azul) y se alargan haciéndose de mayor longitud de onda cuando se alejan.

Fuente: CMC. Ed. Bruño

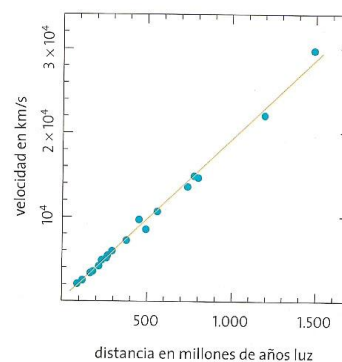


Fig 8. Representación gráfica obtenida a partir de los datos obtenidos por Hubble y otros investigadores. Fuente: CMC. Ed. Teide



La segunda predicción también ha sido corroborada. Un científico llamado Gamow afirmó que si había habido un Big Bang debería haber una radiación residual del tipo microondas de una temperatura de  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En 1964, Wilson y Penzias percibieron en una antena, radiotelescopio (Fig.9), un ruido de fondo correspondiente a una débil señal de microondas. Tras analizar cuidadosamente esta señal, llegaron a la conclusión de que correspondía a la que había predicho Gamow. Así pues, quedó establecido que esta radiación de fondo de microondas es el residuo del Big Bang (Fig 10). Cuando ves nieve en la pantalla de tu TV, un 5% del ruido corresponde a la radiación de fondo.



Fig. 9 Radiotelescopios escrutando el espacio profundo en busca de radiofuentes (cuasares y pulsares). Fuente: Rivalidades científicas. J.Levy. Paraninfo

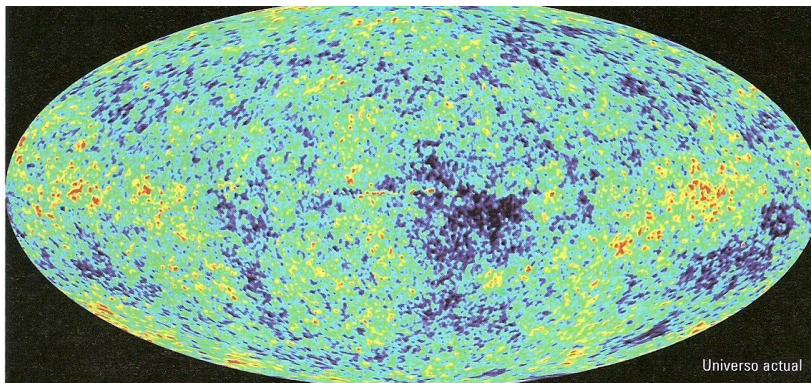


Fig 10. Mapa del Universo obtenido a partir de la radiación de fondo por el satélite WMAP . Fuente: NASA/WMAP/Dirham University

La expansión del Universo carece de centro; todas las galaxias se alejan entre sí. Para poder comprender esto, imaginemos un globo en el cual pintamos manchas separadas, como si fueran galaxias. Lo inflamos, el tejido de goma se expande y las galaxias se separan. Los puntos se separan entre sí, pero no hay un centro de expansión.

Por lo tanto, el universo no es ni geocéntrico, ni heliocéntrico, carece de centro. Las galaxias más alejadas se encuentran a unos 13.700 millones de años-luz y de los centenares de millones existentes, nosotros nos encontramos en una de ellas, la Vía Láctea, que posee unos 100.000 años-luz de diámetro y tiene forma espiral. El Sistema Solar se encuentra en el extrarradio, en un brazo de la galaxia.

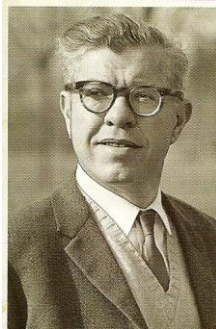


Fig. 11. El astrónomo inglés Fred Hoyle

#### DOCUMENTO 1

##### Un modelo de Universo rival

Un modelo de Universo que surgió en el siglo XX alternativo al del Big-Bang, fue el denominado Modelo Estacionario, propuesto por el astrónomo inglés Fred Hoyle. El Modelo Estacionario afirma que el Universo es eterno, es decir, siempre tiene la misma densidad y aspecto. También admite la expansión pero en lugar de sostener que se debe a una explosión inicial, defiende que hay una creación continua de materia y energía de la nada por mecanismos desconocidos que hace que a pesar de la expansión siempre tenga la misma densidad. Tras años de investigación, nunca se ha observado ni comprobado experimentalmente que existan tales mecanismos. Además, se ha observado que existe una radiación de fondo que no es capaz de explicar este modelo y sí el del Big-Bang.



**Cuestión 9**

¿Qué ventajas tuvo el modelo Heliocéntrico frente al Geocéntrico?

**Cuestión 10**

¿Qué evidencia presentó Galileo para echar por tierra la hipótesis de las esferas rígidas del modelo Geocéntrico?

**Cuestión 11**

La hipótesis de las esferas rígidas nació porque no se podía concebir en aquella época que los astros flotaran en el cielo. ¿Quién presentó otra hipótesis en lugar de la de las esferas rígidas? Indica esta hipótesis

**Cuestión 12**

¿Qué datos permitieron desechar también el modelo Heliocéntrico?

**Cuestión 13**

La estrella más cercana al Sol es Alfa Centauro, se encuentra a 4,5 años-luz. Imaginemos que construimos una nave que viaja a la décima parte de la velocidad de la luz, es decir, a 30.000 km/seg (las naves actuales más rápidas van a 12 km/s). ¿Cuántos años tardarían en llegar los astronautas a esa estrella?

**Cuestión 14**

¿Cuánto tiempo tardaría nuestra nave en atravesar la Vía Láctea?

**Cuestión 15**

Fíjate en la figura 8. ¿Qué información se puede extraer de esta gráfica?

**Cuestión 16**

Utiliza la gráfica anterior, para calcular la distancia de las galaxias que alcanzan una velocidad de escape igual a  $c$ . ¿Por qué se denomina a esta distancia el límite del universo observable?

**Cuestión 17**

Completa la siguiente tabla correspondiente a la teoría del Big-Bang

FASES MÉTODO CIENTÍFICO	PRIMER CICLO
Planteamiento del problema	¿Cómo se ha formado el Universo? (1) ¿Cómo ha evolucionado? (2)
Formulación de hipótesis y predicciones	
Contrastación	
Datos	
Conclusiones	

**Cuestión 18**

Lee el documento 1 (pág.32) y realiza una tabla similar a la anterior con el Modelo Estacionario.

**Cuestión 19**

La nave automática Voyager 1 lleva 33 años viajando por el Sistema Solar. Pasó cerca de Júpiter y Saturno en 1979 y 1980, respectivamente. Ahora ha llegado a una zona, a 17.381 millones de kilómetros de la Tierra. Los científicos afirman que va camino de salir definitivamente del Sistema Solar, dentro de unos cuatro años. La nave de la NASA viaja a una velocidad de 61.000 kilómetros por hora.

- a) Realiza los cálculos necesarios para hallar la velocidad de la nave. ¿Coincide con 61.000 km/h?
- b) ¿Cuánto tiempo tardaría en llegar una señal de radio desde la nave a la Tierra?



Fig. 12. Nave Voyager  
Fuente: tengonoticias.com

**Cuestión 20**

Recuerda la influencia que tuvo en la sociedad una idea tan simple como la de Bruno: “Las estrellas son soles lejanos”. ¿Cuál crees que puede ser la influencia en nuestra sociedad de la idea de un Universo gigantesco, donde la Tierra, nuestra nave espacial, no es más que un planeta incomunicado perteneciente a una galaxia de miles de millones de soles, que, a su vez, no es más que una entre miles de millones de ellas, separadas por un inmenso vacío?

**ACTIVIDAD 4**

Lee el texto siguiente y contesta a las cuestiones

**Origen y evolución del Universo**

*Después de los éxitos de la hipótesis del Big Bang, ésta se ha convertido en la teoría más aceptada por los científicos, aunque, como veremos, todavía no es una teoría totalmente asentada, tiene dificultades para explicar recientes descubrimientos.*

*Según la teoría del Big Bang, toda la energía actual estuvo concentrada en un punto menor que un átomo y explotó, originándose una dispersión de energía. A medida que se expandía y se enfriaba, parte de la energía se transformó en materia (Fig. 13) (según la ecuación de Einstein,  $E=mc^2$ ).*

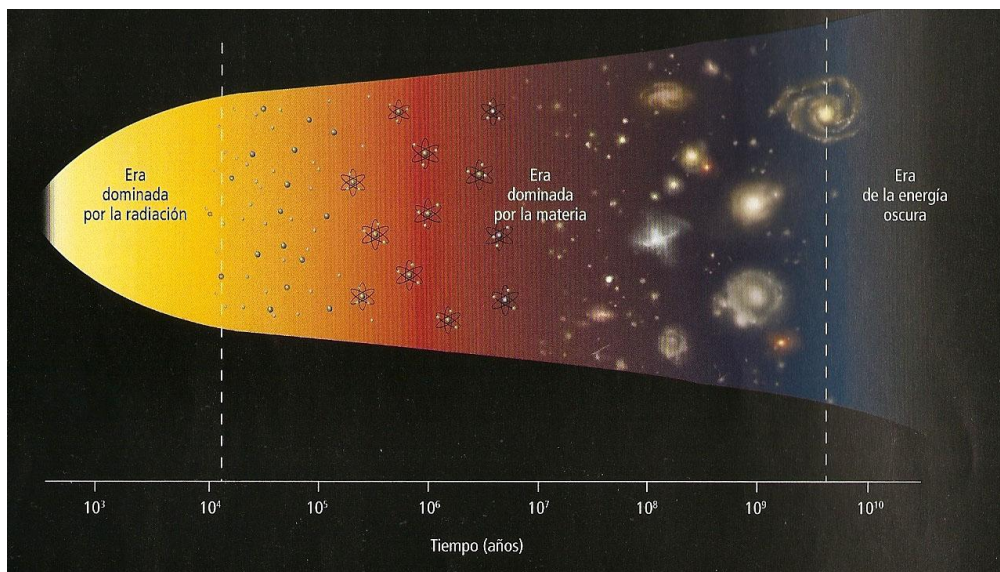


Fig 13. El Big- Bang. Origen y evolución del Universo. Hubo una era en la que sólo hubo radiación, a en la que se formaron las partículas subatómicas, más tarde los átomos de H, He y Li y con ellos se pudieron formar las estructuras que observamos: galaxias y sistemas solares. Fuente: Investigación y Ciencia, Temas 51.

Primero se formaron las partículas de materia más pequeñas, después éstas se asociaron y formaron las partículas subatómicas mayores, protones y neutrones. Todo esto ocurrió en menos de un segundo. Posteriormente, a medida que proseguía la expansión y se enfriaba más el Universo pudieron formarse algunos átomos<sup>1</sup>, principalmente hidrógeno y pequeñas cantidades de helio y litio. El litio, que forma parte de la batería de de tu móvil, procede de esa época, casi tiene la misma edad que el Universo. Se cree que por entonces el Universo tenía una edad de un millón de años.

A partir de aquí, estos átomos se acercan por atracción gravitatoria, forman nubes de gases que se transformarán en galaxias con miles y miles de estrellas. El resto de los átomos se forma a partir del hidrógeno y del helio en los hornos estelares, mediante reacciones atómicas que tienen lugar en las estrellas.

Todos los átomos de la materia de nuestro planeta proceden de estrellas que ya se han extinguido, incluidos los de tu cuerpo. Los átomos se enlazan entre sí y forman miles y miles de moléculas distintas. Los átomos y las moléculas forman toda la enorme diversidad de materiales que hay en nuestro planeta y en el Universo.

¿Cómo saben los científicos que las partículas subatómicas y los átomos se formaron y se forman así?

Así como la expansión del Universo se ha confirmado mediante la observación del desplazamiento hacia el rojo y la Gran explosión por la observación de un rescoldo de radiación de microondas, la hipótesis acerca de la formación de partículas y átomos se ha contrastado mediante experimentación, destruyendo átomos y partículas. Construyendo aceleradores de partículas cada vez más potentes, se hacen chocar átomos y partículas con el objeto de obtener energía muy concentrada (según la ecuación  $E=mc^2$ ), que reproduce durante una fracción de segundo la energía que había en los primeros instantes del Big-Bang. En estas condiciones, aparecen fotografías de los rastros que dejan partículas subatómicas nuevas (Fig 14) que enseguida se desvanecen convirtiéndose en energía que se disipa rápidamente. Así se han detectado más de cien partículas subatómicas nuevas.

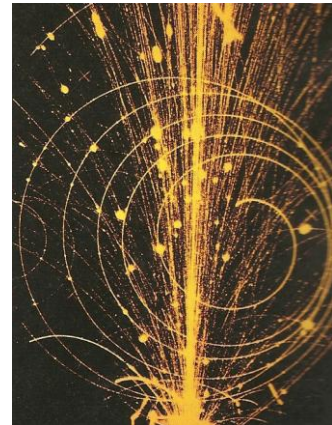


Fig. 14. Trayectorias de las partículas atómicas después de una colisión. Fuente: CMC.Ed. Bruño

¿Qué sabe la ciencia acerca del Bang, es decir, de la pequeñísima fracción de segundo en la que explotó el Universo?

Poca cosa, pero la teoría afirma que puede aparecer una nueva partícula que inunda el espacio y que es responsable de otorgar masa a las demás, la partícula de Higgs, y quizá nuevas dimensiones espaciales. Para corroborar estas ideas se ha construido el mayor acelerador de partículas, el LHC (Large Hadrons Collider, gran colisionador de hadrones<sup>2</sup>) (Figs. 15 y 16). En verano de 2012 se ha logrado detectar esta partícula en el LHC.

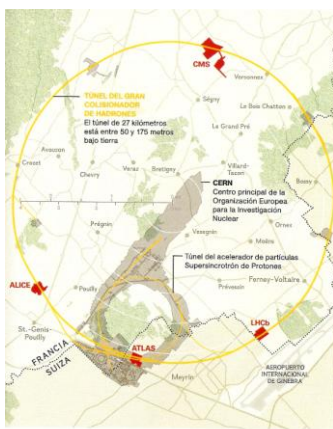


Fig 15. Anillo de 27 km del LHC

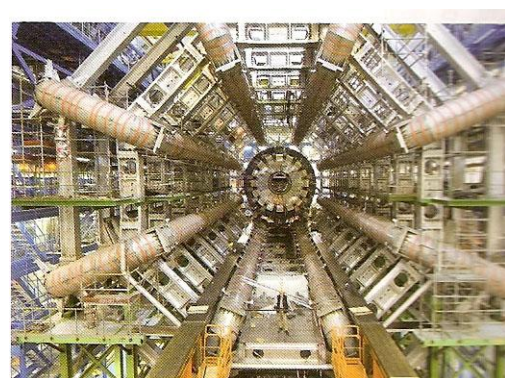


Fig. 16. Detector Atlas del LHC

<sup>1</sup> Para hacernos una idea del tamaño de un átomo, imagina que tenemos un papel de 1 cm y lo dividimos en diez partes. Obtendríamos papelitos de 1 mm. Volviendo a dividir uno de ellos entre diez, de décimas de milímetro, otra vez entre diez, de centésimas. Repitiendo esta operación cinco veces más, llegaríamos a la escala atómica.

<sup>2</sup> Hadrones: protones y neutrones



En este acelerador se intentan conseguir durante una pequeñísima fracción de segundo energías nunca antes logradas con la esperanza de que aparezca esta partícula y quizá también alguna evidencia de la existencia de más dimensiones que las que conocemos, las tres espaciales y la temporal.

Así mismo, a través de otros experimentos se intenta dar una respuesta a un nuevo interrogante. Según la teoría del Big-Bang, el futuro del Universo depende del juego de dos fuerzas, la fuerza debida a la velocidad de expansión y la gravedad que origina el conjunto de galaxias; si gana la gravedad, el Universo cesará su expansión y finalmente se contraerá, si vence la expansión a la gravedad, el universo se expandirá para siempre.

Los estudios para averiguar cual es la masa y, por lo tanto, la fuerza de gravitación del propio Universo han desembocado en una sorpresa: la existencia de materia oscura, o sea, de una materia que no refleja la luz, por lo tanto es invisible, pero que es el 30% de la materia y energía existente en el Universo (sólo el 5% corresponde a la materia y energía visibles, mientras que el resto, un 65% correspondería a una energía oscura) (Fig. 17). Aunque no se puede observar, los científicos detectan su presencia por los efectos que tiene sobre la rotación de las galaxias; el cálculo de la masa visible no explica la velocidad de rotación de las galaxias y, por eso, los científicos sospechan que existe una materia oscura en las mismas.

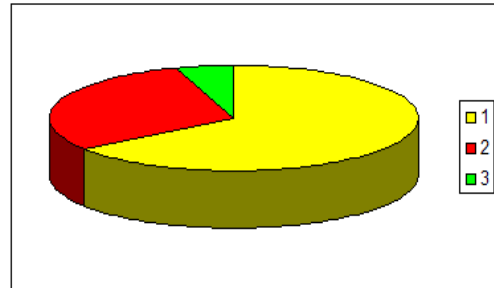


Fig. 17. Gráfico que representa el contenido del Universo: 5% de materia y energía visibles, 30% de materia oscura y

Otro tipo de estudios han establecido que la expansión del Universo se está acelerando, hecho que no explica la teoría del Big-Bang. ¿Cómo es posible entonces que el Universo se esté acelerando, según muestran los últimos datos?

Los científicos han propuesto una primera hipótesis para explicar este hecho: la aceleración de la expansión se produce porque existe una energía oscura, contraria a la gravedad, que expande el Universo. ¿Qué tipo de energía es ésta? ¿De dónde procede? ¿Dónde se encuentra? Nadie lo sabe, pero los científicos esperan obtener algunas respuestas de la energía y materia oscuras en los experimentos que se van a realizar en el LHC.

### Cuestión 21

Lee el Documento 2. ¿Por qué los científicos se han visto obligados a proponer la hipótesis del multiverso?

### Cuestión 22

A pesar de que la hipótesis del multiverso no ha sido todavía contrastada, ¿Crees que es una hipótesis científica, como la de la creación divina? ¿Por qué?

## DOCUMENTO 2

### CIENCIA Y RELIGIÓN: RELACIONES CONFLICTIVAS

En el siglo XIX, la ciencia sostenía que en el universo había galaxias y que era eterno y estático. Esta concepción no cuadraba con el relato del Génesis, pues allí se habla de un universo creado por Dios y de una edad limitada.

La teoría del Big-Bang fue aprovechada por el papa Pío XII para confirmar el mito del Génesis. El Universo había tenido un origen y tras ese acontecimiento seguramente estaba la mano de Dios.

Por el contrario, en la Unión Soviética (lo que ahora es a grandes rasgos Rusia) dominaba la ideología comunista. Ésta sostenía que el Universo no había sido creado por Dios, sino que era eterno, no había tenido comienzo, ni tampoco tendría final. Algunos científicos de la Unión Soviética tuvieron problemas por defender la Teoría del Big-Bang y emigraron a países occidentales.

Desaparecida la Unión Soviética, todavía ha permanecido latente el conflicto entre religión y ciencia.

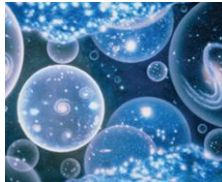


Fig. 18. Imagen del multiverso. Fuente: lacomunidad.elpais.com

Algunos intelectuales religiosos sostienen que si algunas constantes de la naturaleza (como por ejemplo, la masa del protón, la constante gravitatoria y otras) hubieran sido ligeramente diferentes, el Universo sería muy distinto y no habría ni átomos ni vida. Este es un problema serio al que tiene que dar respuesta la ciencia.

La hipótesis más extendida entre los científicos, aunque todavía no contrastada, es que no hay un Universo sino un multiverso; el nuestro es uno entre muchos. Estos otros poseen constantes diferentes, habrá algunos que no tengan vida y otros que la tengan. El problema es que hoy por hoy no hay manera de comunicarse con estos otros universos.



**Cuestión 23**

Termina de completar la siguiente tabla que recoge un resumen de la investigación sobre la formación de la materia en el Universo

FASES DEL MÉTODO CIENTÍFICO	PRIMER CICLO
Planteamiento del problema	¿Cómo se formó se formó la materia del Universo tras el Big-Bang?
Formulación de hipótesis y predicciones	Hipótesis: A medida que se enfría el Universo se forman partículas de materia a partir de la energía Predicciones:
Contrastación	
Datos	
Conclusiones	

**Cuestión 24**

El LHC es un experimento internacional con un coste superior a los 6.000 millones de euros. Como contrapartida, durante su construcción se han inventado nuevas tecnologías, la más importante es la Red WWW. Valora las ventajas e inconvenientes de este experimento

**Cuestión 25**

¿Crees que tendrán algún límite este tipo de investigaciones?

**Cuestión 26**

A lo largo de la unidad hemos visto algunas tecnologías científicas ¿Qué tipo de contrastación permite realizar cada una de ellas?

---

**ACTIVIDAD 5**


---

Lee el texto siguiente y contesta a las cuestiones

**¿Qué son las estrellas?**

*Las estrellas son soles que se encuentran muy lejanos. Se forman en nubes interestelares de gas (en su mayoría hidrógeno) y polvo. En estas nubes colosales, la atracción gravitatoria que se da entre las partículas produce una condensación de la nube de gas que hace que se caliente a medida que se contrae hasta alcanzar temperaturas de millones de grados que permiten el inicio de reacciones de fusión. Son las reacciones de fusión de los núcleos de hidrógeno las que permiten generar la enorme cantidad de energía (radiación) de las estrellas. Además de la energía la fusión de los núcleos de hidrógeno produce helio; este elemento también sufre nuevas reacciones de fusión nuclear originando otro tipo de átomos como el Carbono, Nitrógeno, Oxígeno, etc. Es en las estrellas donde se forman la mayoría de los elementos que luego van a formar parte de los planetas, satélites, cometas, y otros cuerpos celestes. La materia prima a partir de la cual se forman la constituye el Hidrógeno, el Helio y el Litio que se formaron durante el Big-Bang y posterior expansión del Universo.*

*¿Cómo sabemos de qué están hechas las estrellas? Mediante el análisis realizado por espectroscopios de masa. Cada elemento químico cuando está a una temperatura muy elevada emite un tipo de luz característico. Comparando estos espectros con los ensayos que*

se hacen en los laboratorios terrestres se puede deducir el tipo de elementos que hay en las estrellas.

Las estrellas cambian y evolucionan. Lo sabemos porque a través de fotómetros (aparatos que miden la luminosidad de una estrella o de una galaxia) detectamos estrellas de muy diferente luminosidad. La duración de la vida de una estrella y su final dependen de su masa.

Si tienen una masa similar a la del Sol, como es el caso de la mayoría de las estrellas de la Vía Láctea, entonces pueden fusionar hidrógeno durante unos 10.000 millones de años. A medida que la parte central de la estrella se queda sin hidrógeno, empieza la fusión en capas más externas. Como resultado de ello, la estrella se expande, aumenta su luminosidad y se convierte en una gigante roja. En esta fase, nuestro Sol adquirirá tal tamaño que engullirá nuestro planeta; pero para este evento todavía quedan 5.000 millones de años. Al final de esta etapa se fusionan otros elementos como el helio, el carbono, etc. generándose nuevos elementos. A medida que se agotan, la estrella pierde luminosidad y se va contrayendo al vencer la gravedad a la fuerza de expansión de la estrella. Esta fase se denomina enana blanca. Cuando la estrella se apaga definitivamente pasa a ser una enana negra.

Las estrellas que son grandes, o sea, que tienen una masa unas diez veces mayor que el Sol, tienen una vida mucho más corta, alrededor de unos dos o tres millones de años. La razón estriba en que al tener más hidrógeno, la temperatura es más elevada y las reacciones de fusión son mucho más rápidas. Cuando el hidrógeno del núcleo de la estrella se va agotando, las reacciones se transmiten a las capas más externas y la estrella estalla en una deflagración gigantesca denominada supernova (Fig. 19). Su luminosidad entonces es enorme, brillan tanto como millones de estrellas normales. Gran parte de la estrella se esparce por el espacio, pero queda un núcleo, un rescoldo de neutrones (estrella de neutrones) de una enorme masa y, en el caso de que esta masa sea extraordinariamente grande, se forma un agujero negro, situación en la que la luz que emite la estrella no puede salir de la misma debido a su enorme masa.

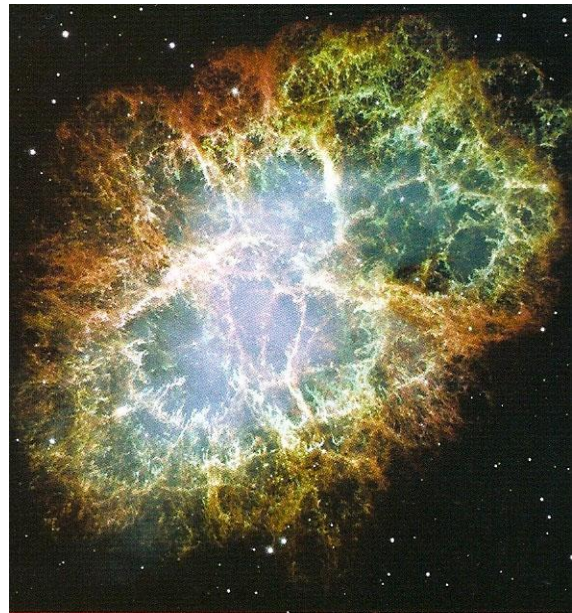


Fig. 19. Nebulosa Cangrejo, tal como se ve en la actualidad, originada por la explosión de una supernova hace aproximadamente 1000 años.

Fuente: cuerpos-celestes.blogspot.com

La materia dispersada por el espacio constituirá la materia interestelar a partir de la cual se formarán otras estrellas y planetas. Una nube interestelar comienza a girar sobre sí misma cada vez a más velocidad a medida que se va concentrando la materia. La mayor parte de la materia se concentra en el centro y forma la estrella y el resto permanece girando originando planetas por el choque de las partículas que quedan rotando alrededor de la estrella. Así se forman los sistemas solares.

### Cuestión 27

¿Cómo podemos saber qué elementos hay en las estrellas?

### Cuestión 28

El Sol es una estrella de segunda generación ¿Qué significa esta frase? ¿Los elementos que componen nuestro cuerpo proceden del Sol? Razónalo

### Cuestión 29

¿Cómo crees que se originan las nubes de gas y polvo interestelar que originan las estrellas?

### Cuestión 30

Busca información en Internet sobre el ITER. ¿Qué es? ¿Cuál es su objetivo? ¿Se trata de una tecnología científica?

## ACTIVIDAD 6

Lee el texto siguiente y contesta a las cuestiones

### A la caza de planetas extrasolares

**Giordano Bruno** (1548-1600) fue el primero en publicar acerca de la posibilidad de que si nos encontráramos en un sistema solar era más que razonable pensar que en el Universo, existiesen muchos sistemas solares con planetas. Esta hipótesis se convirtió en plausible cuando se descubrieron las enormes dimensiones de nuestra galaxia y de nuestro Universo.

La razón por la que no se han descubierto hasta 1995 exoplanetas reside en la enorme distancia a la que se encuentran. Hasta esa fecha no se pudo disponer de una tecnología capaz de descubrirlos. En la actualidad dos son los métodos utilizados para detectarlos:

El primero es el método del tránsito. Cuando el planeta pasa entre nosotros y la estrella, ésta sufre una disminución de su brillo durante cierto tiempo que se repite cíclicamente. Podemos averiguar no sólo el periodo orbital del planeta y su distancia a la estrella sino también su tamaño debido a la disminución mayor o menor de la luminosidad de la estrella.

Otro método muy usado también es el de la astrometría.

Si el planeta es muy grande (de tipo Júpiter o mayor) causa una atracción apreciable sobre la estrella, lo que hace que a la vez que el planeta gire, la estrella realice también un pequeño movimiento en forma de círculo o elipse siguiendo al planeta (Fig. 20). Tal movimiento puede ser registrado por telescopios potentes.

También puede ser detectado por espectrografía, analizando el espectro de la estrella. Con este método se puede calcular la masa del planeta pero tiene como inconveniente que el planeta tiene que ser gigante para poder ser detectado el efecto.

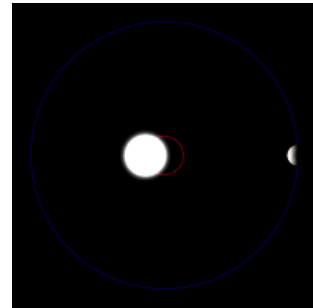


Fig. 20. Modelo de un planeta extrasolar alrededor de su estrella

#### Cuestión 31

¿En qué se basan los distintos métodos que permiten detectar exoplanetas

#### Cuestión 32

¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de los métodos de detección de exoplanetas?

#### Cuestión 33

¿Todos los planetas extrasolares detectados pertenecen a la Vía Láctea?

#### Cuestión 34

¿Qué tecnología ha permitido desarrollar el método del tránsito?

#### Cuestión 35

Se utiliza el método de la astrometría empleando un espectrógrafo, para detectar la presencia de un planeta gigante en torno a su estrella. El resultado es positivo, los análisis espectroscópicos muestran que la estrella posee cierto movimiento orbital debido a la influencia de la estrella gigante.

a) ¿Qué tipos de espectros A, B, C, permiten identificar este movimiento de la estrella?

b) ¿Se podría utilizar este método para el caso en que el planeta gigante girase en torno a una estrella según un plano vertical a nuestra línea de observación desde la Tierra? Razónalo.

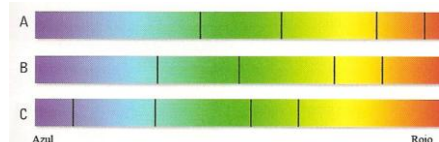


Fig. 21. Tres tipos de espectros

---

## ACTIVIDAD 7

---

Realiza un mapa conceptual paso a paso enlazando los conceptos agrupados entre barras: Universo, galaxias, estrellas, sistemas planetarios / radiación, luz visible, ondas de radio / mitos, modelos científicos, teoría del Big-Bang, Modelo Geocéntrico, Modelo Heliocéntrico / predicciones, separación de las galaxias, radiación de fondo, formación de materia / espectroscopio, radiotelescopio, aceleradores de partículas / espectro, desplazamiento hacia el rojo.