

Ciencias para  
**el Mundo**  
Contemporáneo



Guía de Recursos Didácticos

Francisco Martínez Navarro  
Juan Carlos Turégano García

# El origen *del* Universo

«Dos cosas llenan el ánimo de admiración y respeto, siempre nueva y crecientes cuanto con más frecuencia y aplicación se ocupa de ellas la reflexión: el cielo estrellado sobre mí y la ley moral en mí.»

Kant en *Crítica de la razón práctica*

## Introducción

Se estima que el Universo conocido contiene unos cien mil millones de galaxias y cada una de ellas tiene cientos de miles de estrellas. En una de esas galaxias, a la que llamamos Vía Láctea, se encuentra una estrella de tamaño y brillo medio a la que llamamos Sol. A su alrededor giran ocho planetas y otros cuerpos celestes formando una gran familia, el Sistema Solar. A uno de esos planetas lo denominamos Tierra, y en él, hace millones de años, apareció la vida. La evolución de esa vida para engendrar organismos cada vez más complejos. Mucho más tarde apareció el ser humano.

La Astronomía es la parte de la ciencia que estudia todo lo que se encuentra más allá de la atmósfera de la Tierra. Se ocupa tanto de la naturaleza de los objetos que pueblan el espacio, los astros, como de los procesos físicos y químicos que tienen lugar en ellos, de los movimientos y sus causas...

La Cosmología es la parte de la Astronomía cuyo objeto de estudio es el Universo en su totalidad.

La Cosmología se ocupa de proporcionarnos información sobre cómo es el Universo en la actualidad, cómo fue en el pasado, su origen y evolución, y cuál será su futuro. Llamamos Universo a todo aquello de lo cual nos llega alguna información y que es observable y medible. El Universo es el conjunto de toda la materia y de toda la energía que existe en un espacio determinado y que se están intercambiando constantemente una en otro, y nosotros constituimos una parte muy pequeña de esa materia y de esa energía. Todo lo que no es materia y energía es vacío cósmico.

En todas las épocas, la humanidad ha tratado de entender la naturaleza en su conjunto, el Universo, y de comprender su lugar en él. Desde los

orígenes de la civilización, todas las culturas han propuesto representaciones del Universo, de tipo mitológico o religioso primero, y desde un punto de vista científico después.

La ciencia actual tiene su propia interpretación de cómo es el Universo, una idea del cosmos basada en nuevas teorías científicas, y en investigaciones y descubrimientos astronómicos.

La visión que tenemos en la actualidad es la de un Universo gigantesco, ordenado y en continua evolución, con un origen y un pasado turbulentos y un futuro incierto.

Nuestro planeta Tierra, nuestro Sol, nuestra galaxia, todo lo que constituye nuestro entorno más inmediato no es más que una minúscula fracción en la inmensidad del cosmos.

El Universo contiene cientos de miles de millones de galaxias. Una de esas galaxias es la nuestra, llamada Vía Láctea. Contiene 300.000 millones de estrellas. Una de esas estrellas es nuestro Sol.

El Sol es una gigantesca bola de gas de la que provienen la luz y el calor necesarios para la vida. Es la estrella que se encuentra más cerca de nosotros. Cuando lo vemos en el cielo, su luz nos impide divisar el resto de los astros.

Millones de astros giran en torno al Sol; son los cuerpos planetarios. Los cuerpos planetarios mayores son los planetas y hay ocho. Los cuerpos planetarios menores son los planetas enanos, los satélites, los asteroides y los cometas.

Alrededor del Sol giran ocho planetas: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Según la distancia a la que se encuentran del Sol, los clasificamos en planetas interiores





El Gran Telescopio de Canarias, GRANTECAN (GTC), en el observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma

(los más cercanos al Sol, pequeños y rocosos) y en planetas exteriores (los más alejados del Sol, gigantescos y gaseosos).

El Sol, los ocho planetas que giran a su alrededor y otros astros menores forman el sistema solar

Recientemente, la Unión Astronómica Internacional ha determinado un grupo nuevo, los planetas enanos. En este grupo están Plutón, Eris y Ceres.

Los satélites son cuerpos celestes que giran en torno a los planetas. La Tierra tiene un satélite, la Luna. Marte tiene dos satélites pequeños, llamados Fobos y Deimos. Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno tienen una numerosa familia de satélites.

La observación del cielo a simple vista solo permitiría estudiar una pequeña parte del Universo. Por esta razón se desarrollaron aparatos, instrumentos y técnicas de observación que han permitido obtener información de zonas muy lejanas del Universo o detalles de los astros más cercanos. Entre ellos destacan los telescopios y radiotelescopios, las sondas espaciales y las naves tripuladas.

Dos de los más importantes observatorios astronómicos del mundo se encuentran en nuestras Islas Canarias, uno en el Roque de los Muchachos (La Palma) y otro en Izaña (Tenerife). Mientras que el de Izaña está especializado en el estudio del Sol, el del Roque de los Muchachos se dedica

fundamentalmente a la observación del espacio profundo.

Las Islas Canarias, además de sus inmejorables características naturales, disponen de una Ley de Protección de la Calidad del Cielo, que pretende que los cielos canarios se mantengan limpios de contaminación lumínica y en óptimo estado para la observación astronómica.

Explicaremos cómo se pueden detectar exoplanetas, planetas de otras estrellas diferentes al Sol, y cuáles son las condiciones necesarias para que pueda darse vida en otros planetas.

Los programas espaciales actuales tienen como principal objetivo la creación de estaciones espaciales que hagan posible la permanencia de las personas en el espacio exterior durante largos periodos de tiempo. La primera gran estación espacial fue la MIR ('paz' en ruso) que estuvo en órbita desde 1986 hasta 2001. Todo el trabajo realizado en la MIR sirvió para construir la Estación Espacial Internacional (ISS), que será el punto de partida de las conquistas espaciales en el siglo XXI.



# Índice de contenidos: El origen del Universo

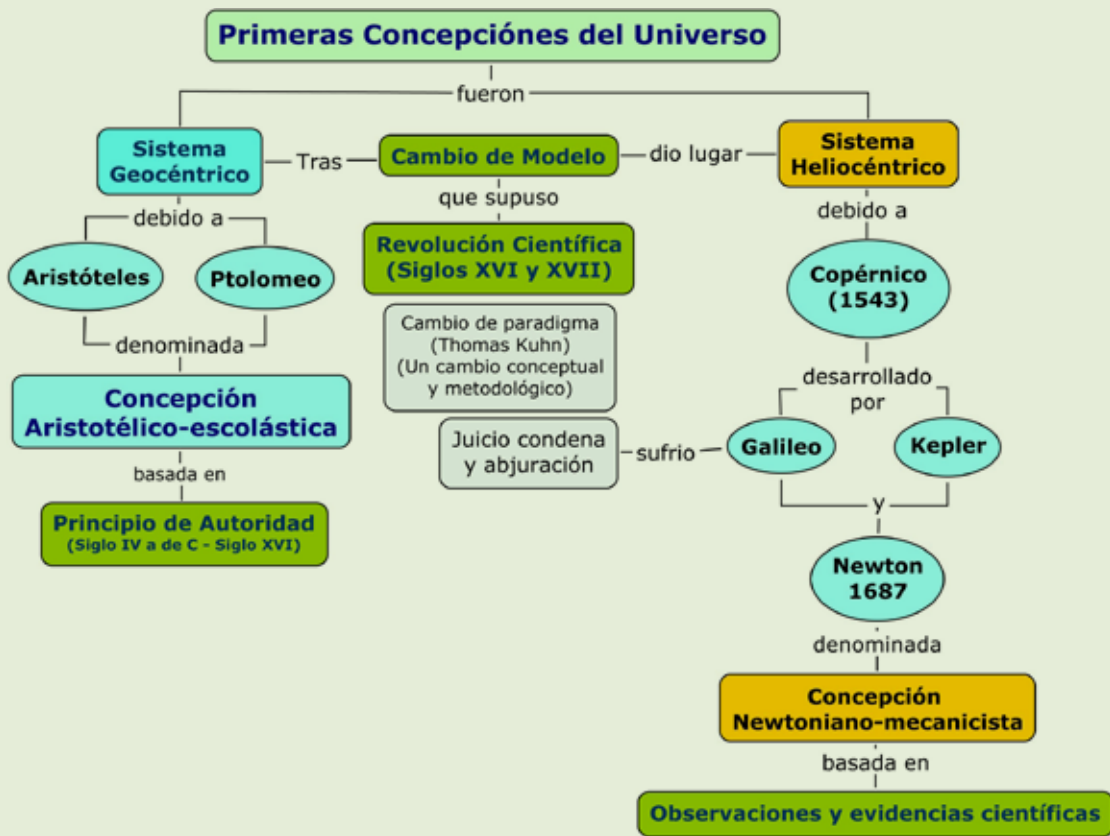
<b>A.</b>	<b>Esquema conceptual</b> .....	73
<b>B.</b>	<b>Orientaciones para el desarrollo de la unidad</b> .....	74
<b>C.</b>	<b>Diagnóstico inicial.</b> A ver qué sabes antes de empezar. Atrévete y contesta .....	75
<b>D.</b>	<b>Contenidos</b> .....	76

Esta unidad didáctica la vamos a desarrollar siguiendo los siguientes contenidos específicos, dentro de los cuales indicamos las actividades que proponemos

<b>1.</b>	<b>Primeras concepciones sobre el Universo</b> .....	76
	• A.1.1. Primeras concepciones sobre el Universo .....	76
	• A.1.2. El proceso a Galileo .....	78
<b>2.</b>	<b>El origen del Universo: la teoría del <i>big bang</i></b> .....	80
	• A.2.1. Animación: cronograma de tiempo .....	80
	• A.2.2. Realiza un eje cronológico o flecha del tiempo .....	81
	• A.2.3. Evolución de las teorías sobre el origen del Universo .....	82
	• A.2.4. ¿Cuál es el final del Universo? .....	85
	• A.2.5. La cosmología moderna: contexto histórico .....	86
<b>3.</b>	<b>La génesis de los elementos: polvo de estrellas</b> .....	87
	• A.3.1. Origen y evolución de las estrellas .....	87
	• A.3.2. El ciclo vital de una estrella .....	89
<b>4.</b>	<b>El Sistema Solar, sus planetas y la teoría de los planetesimales</b> .....	91
	• A.4.1. Nuestro Sistema Solar .....	91
<b>5.</b>	<b>La investigación del Universo y los principales instrumentos de observación</b> .....	92
	• A.5.1. Los telescopios espaciales. El telescopio Hubble. Los telescopios Plank y Herschel ....	92
	• A.5.2. Las unidades de medida del Universo. Distancias y escalas. Potencias de 10 .....	93
<b>6.</b>	<b>Exploración del Sistema Solar</b> .....	94
	• A.6.1. La exploración del espacio y la carrera espacial .....	94
	• A.6.2. El descubrimiento de Neptuno y la metodología científica .....	95
	• A.6.3. Plutón ya no es considerado un planeta .....	95
	• A.6.4. Armstrong y Aldrin caminando por la Luna .....	96
	• A.6.5. Mujeres astrónomas .....	97
<b>7.</b>	<b>La observación del Universo en Canarias. El I.A.C.</b> .....	98
	• A.7.1. La observación del universo. Los cielos vistos desde Canarias .....	98
	• A.7.2. El Gran Telescopio Canarias (GTC). El GRANTECAN .....	99
	• A.7.3. Vídeo: «Cielo, Mar y Tierra de Canarias. Canarias InnoVA TV-IAC» .....	100
	• A.7.4. Biografías de astrofísicos .....	101
	• A.7.5. Especial Andalucía Investiga. (2009) 100 preguntas sobre el Universo .....	102
<b>E.</b>	<b>Ejemplificación. WebQuest: Nuestro lugar en el Universo</b> .....	104
<b>F.</b>	<b>Grandes retos de la ciencia. Lo que les queda por saber a los científicos</b> .....	106
<b>G.</b>	<b>Autoevaluación</b> .....	107
<b>H.</b>	<b>Bibliografía y Webgrafía</b> .....	108



# A. Esquema conceptual



## B. Orientaciones para el desarrollo de la unidad

Esta Unidad representa una ocasión excelente para, tratando de una forma comprensible los conceptos que en ella se desarrollan, motivar al alumnado para el estudio de la ciencia.

La proyección de vídeos didácticos constituye un buen recurso para su desarrollo. Las simulaciones con ordenador, pequeñas animaciones en flash o algunos programas de astronomía representan otro recurso fundamental para esta unidad. Entre ellos, el programa Celestia, de libre distribución y descarga a través de Internet, contiene gran cantidad de actividades en español.

Los comentarios de textos científicos, los artículos de prensa, los textos históricos y las biografías, junto con las técnicas de discusión en grupo, permiten adquirir de una manera activa los conocimientos propuestos en el desarrollo de la unidad.

Para empezar a abordar el desarrollo de los conceptos o contenidos de este tema, nos podemos apoyar en la visualización de alguna película o de algunos vídeos cortos o páginas de Internet, en algunas enciclopedias, libros o revistas de actualidad como fuentes de información.

Se puede comenzar el tema con la proyección de alguna película o con la realización de algunas actividades. Recomendamos hacer algunas actividades preparatorias a la visualización de alguna parte de la película o de algunos vídeos de gran interés.

### Películas recomendadas

- **Contact** de Robert Zemeckis, 1997. Basada en la novela del astrónomo y divulgador Carl Sagan.
- **2001. Una Odisea del espacio**, 1968. Dirigida por Stanley Kubrick. Escrita por Stanley Kubrick y Arthur C Clarke.
- **Apolo 13**, 1996. Dirigida por Ron Howard.

### Vídeos en Youtube: <http://www.youtube.com>

Vídeos cortos de YouTube de la serie **Cosmos de Carl Sagan** ■ **En la orilla del océano cósmico 1/7.** ■ **Origen del Universo, la Tierra y la Vida.** ■ **El calendario cósmico.** ■ **Viajes a través del espacio y el tiempo 1/7:** ■ **Cielo e Infierno 1/7:** ■ **Las vidas de las estrellas 1/7.** : ■ **El filo de la eternidad 1/7.**

### Vídeos cortos de YouTube de la serie **Redes de TV2 de Eduard Punset:** <http://www.rtve.es/tve/b/redes/>

Redes: Enigmas que oculta el Universo 1/3. Redes: Enigmas que oculta el Universo 3/3 (El Gran TECAN).

Canarias Innova TV-IAC: Cielos, Mar y Tierra de Canarias: [http://www.canariasinnova.es/oficial/cielo\\_mar\\_tierra.php](http://www.canariasinnova.es/oficial/cielo_mar_tierra.php)

### Otros vídeos:

Vídeos de Canarias Innova TV: Por cielo, mar y tierra <http://www.canariasinnova.es/oficial/pildoras.php>  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas: [www.csic.es/](http://www.csic.es/)

### Páginas web:

Los imprescindibles de la ciencia: <http://www.imprescindiblesdelaciencia.es/>

- PROYECTO BIOSFERA: EL UNIVERSO, LA VÍA LÁCTEA Y EL SISTEMA SOLAR. <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1ESO/Astro/contenidos.htm>
- El Universo. Información sobre el Universo y las diferentes galaxias. [http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc\\_naturales/universo.htm](http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales/universo.htm)
- **Astronomía.** Página didáctica con información sobre el Universo e impresionantes fotos. <http://www.astromia.com/>
- Teorías sobre el origen de la creación del Universo y su desarrollo a través de la historia. <http://www.monografias.com/trabajos7/creun/creun.shtml>
- **Solar Views.** Más y más información acerca del Universo que nos rodea. <http://www.solarviews.com/span/homepage.htm>
- **Página de la NASA**, de donde podrás extraer gran cantidad de información y numerosas imágenes gratuitas del espacio. [http://www.nasa.gov/about/highlights/En\\_Espanol.html](http://www.nasa.gov/about/highlights/En_Espanol.html)
- **Todo el Sistema Solar.** Gran cantidad de información detallada sobre el Sistema Solar y sus componentes. <http://www.todoelsistemasolar.com.ar/>
- **La Tierra y el Universo. Libros vivos.** <http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1030>



# C. Diagnósis inicial: A ver qué sabes antes de empezar. Atrévete y contesta



## A.1. Responde a las siguientes cuestiones

1. ¿Qué diferencia hay entre Astronomía, Astrología y Cosmología? Indica si todas ellas son disciplinas científicas o pseudocientíficas.
2. Explica cómo y cuándo crees que se formaron el Universo, el Sol, la Tierra y la vida en la Tierra.
3. ¿Cuál es la causa de la sucesión del día y la noche?
4. ¿Por qué en unos puntos de nuestro planeta es de día mientras en otros es de noche?
5. ¿Por qué hay años bisiestos cada cuatro años?
6. ¿Sabes cuál es la causa de que en verano los días sean más largos y las noches más cortas?
7. ¿Cuál es la causa de las estaciones? ¿Por qué cuando en Canarias es verano en Argentina es invierno?
8. ¿Por qué es una hora menos en Canarias con respecto a Madrid y cinco horas menos con respecto a Brasil y seis horas más con respecto a Pekín?
9. ¿Por qué la imagen de la Luna observada desde la Tierra es distinta cada noche?
10. ¿Cuáles son las fases de la Luna? ¿Cuáles son las causas de las fases de la Luna?
11. ¿Cuál es la causa de las mareas?
12. ¿Qué son los eclipses? ¿Cuáles son las causas de los eclipses?
13. ¿Cuál es el origen del Universo, del Sistema Solar y de la Tierra?



## A.2. Explica con tus palabras el significado de los siguientes términos y pon un ejemplo aclaratorio

*Señala aquellas cuyo significado no sepas y haz después una puesta en común con tus compañeros de grupo*

- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| 1. Año luz         | 7. Planeta                |
| 2. Radiotelescopio | 8. Galaxia                |
| 3. Púlsar          | 9. Big Bang               |
| 4. Nebulosa        | 10. Agujero negro         |
| 5. Quásar          | 11. Supernova             |
| 6. Constelación    | 12. Estrella de neutrones |



A.3. Retoma el ejercicio anterior y busca el significado o la explicación de los términos anteriores. Puedes hacerlo buscando en la red de Internet o, si lo prefieres, en libros o enciclopedias. Una vez realizada la exposición e intercambio por grupos de los resultados, realiza un «léxico» o «glosario de términos» con sus correspondientes significados, a los que debes añadir los que vayan apareciendo en la unidad.

**DIRECCIONES WEB  
RECOMENDADAS:**

Portal de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org>  
Portal Kalipedia: <http://www.kalipedia.com/>  
Astronomía educativa: <http://www.astromia.com/glosario/index.htm>  
Blog «Bitácora estelar»: <http://weblogs.madridmasd.org/astrofisica>  
Glosario de la Enciclopedia de Astronomía y Ciencias del Cosmos: <http://www.astrored.org/>



## D. CONTENIDOS

# 1. Primeras concepciones sobre el Universo

Debes saber que . . .

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

✓ Edad Antigua	<b>Etapa cosmocéntrica.</b> Sistema cosmológico geocéntrico. Concepción mítica. Aristóteles, Hiparco y Ptolomeo.
✓ Edad Media	<b>Etapa teocéntrica.</b> Dios es la verdad. La verdad ha sido revelada. Papel intermediario de la Iglesia y de la Teología entre Dios y los hombres. Principio de autoridad. Condena y muerte en la hoguera de Miguel Servet. San Agustín, San Alberto Magno, Santo Tomas de Aquino. Crisis de lo medieval y transición: Copérnico y Giordano Bruno.
✓ Edad Moderna	<b>Etapa antropocéntrica.</b> Se abre paso la razón, la metodología científica. Se pretende conocer la naturaleza sin prejuicios míticos, religiosos o metafísicos. «La verdad es la ciencia». El método científico es el instrumento de relación y de conocimiento del Universo por el hombre. <b>Siglos XVI, XVII. Revolución científica.</b> Copérnico, Kepler, Galileo, Torricelli, Pascal, Boyle, Huygens, Hooke, Newton, Francis Bacon, Descartes.

### A.1.1. Primeras concepciones sobre el Universo

#### 1. ¿Ocupa la Tierra un lugar privilegiado en el Universo? Explícalo.

Así se creyó en la Antigüedad. Se pensaba que la Tierra estaba quieta en el centro del Universo, y esta idea parecía ir de acuerdo con el puesto central que el hombre ocupaba en el mundo.

- Indica en qué consiste la Concepción Aristotélica del Universo y cómo fue modificada por los escolásticos. Desarrolla el Modelo Geocéntrico de Aristóteles y Ptolomeo.
- Explica la Teoría Heliocéntrica de Copérnico y sus diferencias con la teoría Geocéntrica Aristotélico-escolástica.
- Copérnico, en su libro *De Revolutionibus* (aparecido el mismo año de su muerte en 1543), hace la siguiente referencia a los autores clásicos, que muestra el aspecto acumulativo de la ciencia. Analiza sus principales ideas y **realiza después las actividades planteadas.**

#### Texto de Nicolás Copérnico (1473-1543)

«[...] Por lo cual me tomé el trabajo de leer los libros que pude conseguir de todos los filósofos, para investigar si alguno de ellos emitió alguna vez una opinión diferente acerca de los movimientos de las esferas del mundo, de las que sostuvieron los que enseñaron matemáticas en las escuelas. Primeramente descubrí en Cicerón que Nicetus había sostenido que la Tierra se movía, y, posteriormente comprobé que, según Plutarco, algunos autores emitieron la misma opinión... Sobre esta base comencé a pensar en la movilidad de la Tierra, y aunque esta opinión parecía desusada, sin embargo sabiendo que a otros antes de mí se les había concedido la libertad de imaginar ciertos círculos para demostrar los fenómenos de los astros, pensé que fácilmente se me permitiría comprobar si, atribuyendo algún movimiento a la Tierra, sería posible deducir demostraciones más sólidas que las de mis predecesores acerca de la revoluciones de las esferas celestes.»

Copérnico llega así a concebir su sistema heliocéntrico, mucho más simple que el geocéntrico de Ptolomeo. Desgraciadamente, los argumentos expuestos en su libro no convencieron a quienes veían en ciertos pasajes de la Biblia un claro apoyo al geocentrismo. Así, Martín Lutero lo tachó de hereje, y la Iglesia católica puso el libro de Copérnico en el *Index Librorum Prohibitorum*, llegando a condenar a uno de sus defensores, **Giordano Bruno**, a ser quemado en la hoguera. Aparece aquí claramente la íntima relación entre el desarrollo científico y la ideología, en su sentido más amplio, mostrando los peligros de cualquier monopolio ideológico.







## ACTIVIDADES:

- ¿Por qué crees que Copérnico esperó a publicar sus teorías al final de sus días, cuando ya estaba en su lecho de muerte?
- ¿Por qué crees que Copérnico presenta sus ideas apoyándose en la autoridad de autores antiguos para justificar sus innovaciones?
- En los comentarios al texto se señala que: «Algunos veían en ciertos pasajes de la Biblia un apoyo al geocentrismo».
  - ¿Qué es la Biblia? • ¿Quién la escribió? • ¿Qué pasajes de la misma apoyan el geocentrismo?
- En los comentarios al texto se señala que: «Copérnico fue tachado de hereje por Lutero». ¿Qué es un hereje? ¿Quién fue Lutero?
- En los comentarios al texto se señala que: «La Iglesia católica puso el libro de Copérnico en el *Index Librorum Prohibitorum*». ¿Por qué crees que actuó así? ¿Te parece una actitud razonable?
- También se señala que: «Condenaron a uno de sus defensores, Giordano Bruno, a ser quemado en la hoguera». Realiza un comentario al respecto e infórmate de otros casos ocurridos y sus causas.

### Geocentrismo

La Tierra como centro del Universo

Modelo  geocéntrico

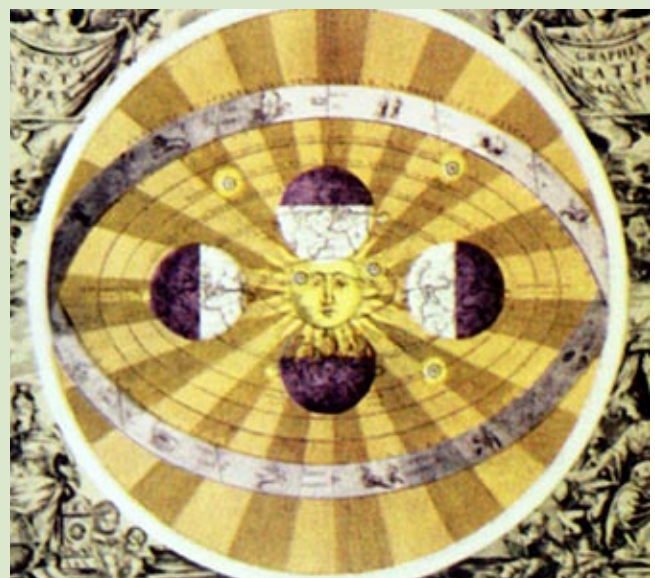
**La Tierra** permanece inmóvil en el centro del Universo.  
**Está rodeada** de ocho esferas concéntricas que transportan al Sol, la Luna, los cinco planetas conocidos en ese momento y las estrellas fijas.  
**Los planetas** arrastrados por estas esferas se mueven en círculos perfectos.  
**La última esfera** contiene las estrellas fijas que siempre se encuentran en las mismas posiciones unas respecto de las otras.  
**El Universo es finito** y acaba en la esfera de las estrellas fijas.

### Heliocentrismo

El Sol como centro del Universo

Modelo  heliocéntrico

**El Sol** se encuentra inmóvil en el centro del Universo.  
**La Tierra y los demás planetas** conocidos giran alrededor del Sol en círculos perfectos.  
**La Tierra** describe dos tipos de movimientos: uno de rotación sobre sí misma y otro de traslación alrededor del Sol.  
**Alrededor del sistema solar** se encuentra una esfera con las estrellas fijas.  
**El Universo es finito** y acaba en la esfera de las estrellas fijas.





## A.1.2. El proceso a Galileo

1. Hacia 1600, tras el Renacimiento y la Reforma, muchos astrónomos utilizan ya el sistema de Copérnico, aun cuando a menudo lo consideran un simple artificio matemático, que simplifica los cálculos, pero sin corresponder a la realidad.

Realiza un comentario sobre si crees que tal actitud estaba motivada por el deseo de evitarse complicaciones con la Santa Inquisición o, por el contrario, respondía a la idea de que la ciencia carece de capacidad para informar sobre la realidad, como algunos filósofos y científicos han sostenido incluso en nuestra época.

2. Lee los siguientes documentos y visiona los vídeos que te proporcionamos; después, realiza un informe donde resumas las posiciones de Galileo y las razones de su condena.

**Consulta el recurso:** [http://www.youtube.com/watch?v=tKfV\\_05-UO8](http://www.youtube.com/watch?v=tKfV_05-UO8)

### LA CONDENA Y LA ABJURACIÓN. PROCESO A GALILEO (1564-1642)

La confesión de Galileo de su herejía, que pronunció de rodillas ante sus juzgadores el 23 de junio de 1633 siendo por sentencia obligado a la retractación pública para poder salvar su vida fue la siguiente:

*Yo, Galileo Galilei, hijo del difunto florentino Vincenzo Galilei, de setenta años de edad, compareciendo personalmente en juicio ante este tribunal y puesto de rodillas ante vosotros, los Eminentísimos y Reverendísimos señores Cardenales, Inquisidores generales de la República Cristiana Universal respecto de materias de herejía, con la vista fija en los Santos Evangelios que tengo en mis manos, declaro que yo siempre he creído y creo ahora y que con la ayuda de Dios continuaré creyendo en lo sucesivo todo cuanto la Santa Iglesia Católica Apostólica y Romana cree, predica y enseña. Mas, por cuanto este Santo Oficio ha mandado judicialmente que abandone la falsa opinión que he sostenido de que el Sol está en el centro del Universo e inmóvil; que no profese, defienda, ni de cualquier manera que sea enseñe, ni de palabra ni por escrito, dicha doctrina, prohibida por ser contraria a las Sagradas Escrituras; por cuanto yo escribí y publiqué una obra en la cual trato de la misma doctrina condenada y aduzco con gran eficacia argumentos en favor de ella, sin resolverla; y atendiendo a que me he hecho vehementemente sospechoso de herejía por este motivo, o sea, porque he sostenido y creído que el Sol está en el centro del mundo e inmóvil y que la Tierra no está en el centro del Universo y que se mueve. En consecuencia, deseando remover de la mente de Vuestras Eminencias y de todos los cristianos católicos esa vehemente sospecha legítimamente concebida contra mí, con sinceridad y de corazón y fe no fingida, abjuro, maldigo y detesto los antes mencionados errores y herejías, y en general cualquier otro error o secta, sea cual fuere, contraria a la Santa Iglesia, y juro para lo sucesivo nunca más decir ni afirmar de palabra ni por escrito cosa alguna que pueda despertar semejante sospecha contra mí; antes por el contrario, juro denunciar a cualquier hereje o persona sospechosa de herejía de quien tenga yo noticia a este Santo Oficio, o a los Inquisidores, o al juez eclesiástico del punto en que me halle.*

*Juro además y prometo cumplir y observar exactamente todas las penitencias que se me han impuesto o que me impusieren por este Santo Oficio.*

*Mas en el caso de obrar yo en contra de mis promesas, protestas y juramentos, lo que Dios no permita, me someto desde ahora a todas las penas y castigos decretados y promulgados contra los delincuentes de esta clase por los Sagrados Cánones y otras constituciones generales y disposiciones particulares. Así me ayude Dios y los Santos Evangelios sobre los cuales tengo extendidas las manos.*

*Yo, Galileo Galilei, arriba mencionado, juro, prometo y me obligo en el todo y forma que acabo de decir, y en fe de estos mis compromisos, firmo de mi propio puño y letra esta abjuración, que he recitado palabra por palabra.*

3. Responde a las siguientes cuestiones:

- a) Realiza un comentario personal sobre la condena a Galileo.
- b) ¿Crees que ciencia y fe se contraponen? ¿son siempre compatibles?
- c) Recuerda otros ejemplos de oposición a teorías científicas por su desacuerdo con las concepciones vigentes en otros momentos históricos.



4. Lee el siguiente texto y responde a las cuestiones que se indican al final del mismo.

## LA IGLESIA PERDONA A GALILEO DESPUÉS DE 350 AÑOS DE CONDENA

Galileo confiesa su herejía y es obligado a abjurar de ella ante el tribunal de la Inquisición el 23 de junio de 1633. La Sagrada Inquisición condenó a Galileo a la pena de cárcel, siendo desterrado en calidad de arresto domiciliario fuera de Roma, a Villa Médici, propiedad de su amigo el Duque de Toscana. A finales de junio le permiten trasladarse a la villa de Arcetri, residencia de su amigo el Arzobispo de Siena. Cuatro años antes de su muerte en 1642, a sus 78 años, aún seguía bajo arresto domiciliario, sacando clandestinamente el manuscrito, llevado a un editor de Holanda, su gran libro *Dos nuevas Ciencias*. Pero hay que esperar hasta 1822 para que la Iglesia admita oficialmente que la Tierra gira alrededor del Sol. En 1963, el Concilio Vaticano II lamenta ciertas actitudes mantenidas por los propios cristianos, insuficientemente advertidos de la legítima autonomía de la

ciencia. Fuente de tensiones y de conflictos, tales actitudes han llevado a pensar a muchos que ciencia y fe se contraponen. En 1979, el papa Juan Pablo II propone cautelosamente que se revoque la condena que pesaba sobre Galileo, pronunciada trescientos cuarenta y seis años antes, y en 1983 ordena la reapertura del expediente de Galileo. Algo difícil de llevar a cabo, habida cuenta de que una buena parte de los documentos del proceso se han perdido.

Sin duda –decía en 1611 su discípulo Paolo Scarpi–, llegará un día en que los hombres de ciencia más ilustrados deplorarán la desgracia de Galileo y la injusticia cometida con tan gran hombre; pero, entretanto, habrá que asumirla y no comentarla sino en secreto.

*El País*, 12 de noviembre de 1983.  
Cayetano López

**Cuestiones para el debate:** El descubrimiento de Galileo hizo que la Iglesia Católica lo persiguiera hasta conseguir que rectificara de manera pública sus ideas. ¿Crees que actualmente la sociedad se enfrenta a los avances científico-tecnológicos de la misma manera? Pon algún ejemplo de avance científico actual en el que haya controversia entre ciencia y religión.

5. Visiona el vídeo de Carl Sagan: «En la orilla del océano cósmico 4/7» <http://www.youtube.com/watch?v=tEtHxAYRApw&feature=related> y contesta a las preguntas que se te indican.

- ¿Qué piensa Carl Sagan de la vida extraterrestre? ¿Por qué existe la vida solo en la Tierra?
- ¿Por qué pensó Eratóstenes en el siglo III a.C. que la Tierra era redonda? ¿Cómo determinó su radio?



## 2. El origen del Universo: la teoría del *Big Bang*

### Debes saber que . . .

- ✓ La ciencia actual cree y afirma que el Universo en el que estamos nació mediante una gran «explosión inicial» (*Big Bang*) hace unos 13.700 millones de años ( $1,37 \cdot 10^{10}$  años) cuando aún no había estrellas ni galaxias, cuando el Universo empezaba a hacerse material.
- ✓ Eso ocurrió a una distancia de la Tierra de unos  $1,37 \cdot 10^{26}$  m.
- ✓ El Universo desde el origen hasta el presente ha crecido de forma continua.
- ✓ En su evolución se formaron primero las partículas subatómicas, los núcleos atómicos y después se empezaron a formar los primeros grumos de materia. Por evolución se forman estrellas y galaxias, y desde el *Big Bang* hasta la época actual el Universo no ha dejado de expandirse.
- ✓ Estas dos hipótesis fundamentales han permitido la construcción del denominado «**modelo estándar**» de la historia del Universo:
  - Primera: la hipótesis del *Big Bang* o de la gran explosión inicial.
  - Segunda: la hipótesis de la expansión continua y generalizada del Universo implícita en la Ley de Hubble. La velocidad de expansión es directamente proporcional a la distancia:  $V=H \cdot D$
- ✓ **El modelo de expansión indefinida** sostiene que las fuerzas expansivas, impresas desde el *Big Bang*, superan la fuerzas de atracción gravitatorias, que no son capaces de frenar la expansión. Implica un Universo progresivamente menos denso de energía y cada vez más frío.
- ✓ **El Universo observable no es más que el 10% de toda la materia del Universo.**
- ✓ **Junto con la materia visible u ordinaria que es minoritaria**, también existe en el Universo, en grandes proporciones, un 90 % de materia oscura y energía oscura, que no es visible, pero que se manifiesta o pone en evidencia indirectamente. La materia oscura se evidencia por sus efectos gravitacionales sobre las galaxias y la energía oscura por actuar como fuerza repulsiva en contra de la gravedad, contribuyendo a acelerar la expansión del Universo, a que se alejen de nosotros los cúmulos de galaxias.



### A.2.1. Animación: cronograma de tiempo

Entra en la siguiente dirección: <http://www.johnkyrk.com/evolution.esp.html>

Observa la animación avanzando con el pequeño triángulo por la barra del cronograma del tiempo y redacta un pequeño informe sobre el *Big Bang*.

1. Explica la frase: «El Universo parece ser la consecuencia de un evento inusual, la gran explosión o *Big Bang*, que ocurrió hace unos 13700 millones de años, y cuyos efectos todavía subsisten expandiendo el Universo».
2. Utilizando el cronograma de la animación indica cuanto tiempo hace y las características en las que:
  - a) se formó el Universo; b) brillan las primeras estrellas; c) se forma el Sistema Solar; d) se forma la Tierra;
  - e) se forma la Luna; f) se origina la vida; g) surgen los primeros organismos pluricelulares; h) era Paleozoica (periodo cámbrico, los primeros invertebrados); i) Los dinosaurios (era Mesozoica, periodo Jurásico y Cretácico);
  - j) se extinguen los dinosaurios; k) se separan los continentes; l) aparece el *Homo erectus*; m) aparece el *Homo sapiens sapiens*;
  - n) se descubre el jabón; o) se descubre la lámpara incandescente.
3. Explica por qué cuanto más alejados están los objetos de la Tierra se ven más rojos.

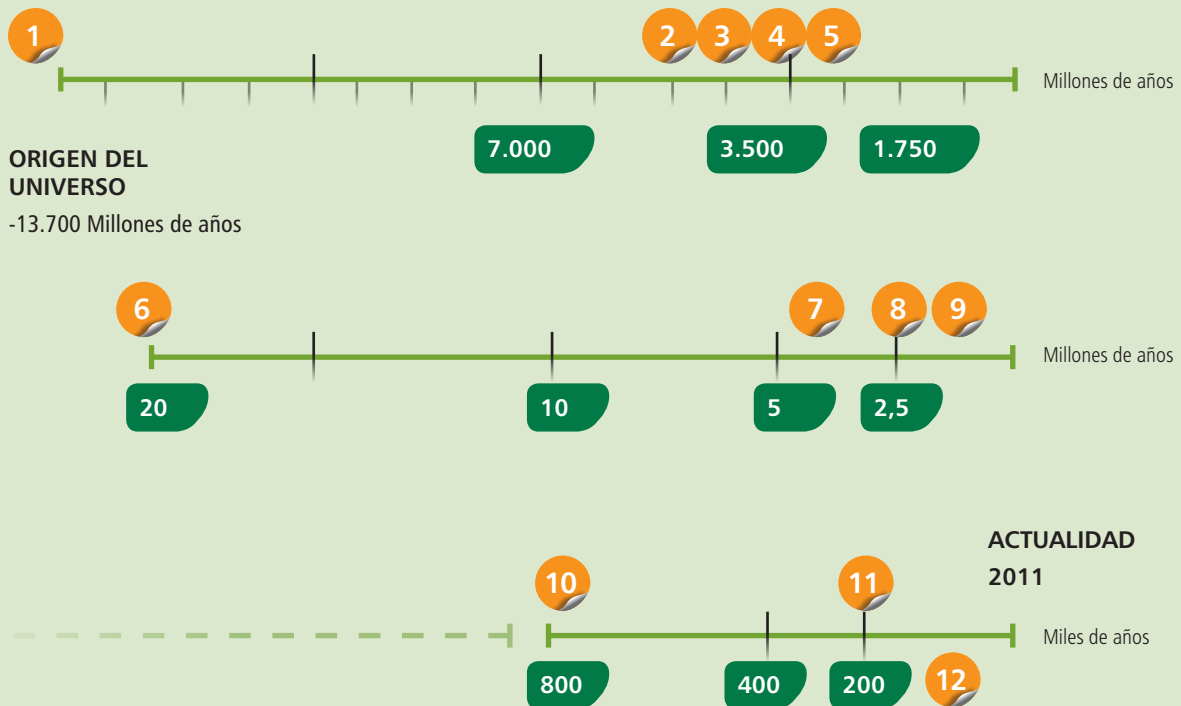


## A.2.2. Realiza un eje cronológico o flecha del tiempo en la que recojas a escala estos acontecimientos

### Del origen del Universo al origen del hombre

1. Origen del Universo. La gran explosión (*Big Bang*): hace 13.700 millones de años.
2. Origen del Sol y del planeta Tierra: hace unos 4.500 millones de años.
3. Origen de la corteza terrestre sólida: hace unos 4.000 años.
4. Origen de la vida. Primeros fósiles: hace 3.800 millones de años.
5. Origen de organismos fotosintéticos (atmósfera con oxígeno): hace 3.000 millones de años.
6. Origen de las Islas Canarias. Empezaron a emerger sobre el nivel del mar hace unos 20 millones de años (a mediados del terciario).
7. Origen del Australopithecus (primeros homínidos): hace 4 millones de años.
8. Origen de las primeras poblaciones del género homo (*Homo habilis*): hace unos 2,5 millones de años.
9. Origen del *Homo erectus*: hace 1,8 millones de años.
10. Origen del *Homo antecesor* (*Atapuerca*): hace 800.000 años.
11. Origen del *Homo neandertalensis*: hace unos 200.000 años. Su extinción hace 28.000 años.
12. Origen del *Homo sapiens*: hace 35.000 años (Fósil de Lucy, la Eva negra)  
(El *Homo sapiens* estuvo hace 150.000 años al borde de su extinción).

Compara los resultados de tu flecha del tiempo o eje cronológico con los siguientes:





## A.2.3.1. Evolución de las teorías sobre el origen del Universo

### 1. Relacionar textos con autores.

Lee atentamente los fragmentos siguientes, adaptaciones de distintas teorías, y realiza las actividades.

- I. «Existe el mundo sublunar o mundo terrestre. Este se encuentra formado por la Tierra, situada en el centro del Universo. Es un mundo imperfecto y corrupto, formado por los cuatro elementos fundamentales: agua, aire, tierra y fuego. Por otro lado, se encuentra el mundo supralunar o mundo celeste. Este contiene el resto de planetas y estrellas que giran en círculos perfectos alrededor de la Tierra. Es un mundo bello, perfecto, formado por un quinto elemento incorruptible, el éter.»
- II. «El universo ha existido siempre aproximadamente tal y como hoy lo conocemos. Es homogéneo e isótropo, es decir, a gran escala tiene la misma apariencia, independientemente del punto desde donde se observe. El Sol sólo es una de las centenares de miles de estrellas que forman nuestra galaxia, la Vía Láctea. Y esta, a su vez, solo es una galaxia típica entre centenares de miles de galaxias distribuidas por el Universo. No existe un centro, sino una extensión infinita de galaxias.»
- III. «En el comienzo, hace 13700 millones de años, hubo una explosión que se produjo simultáneamente en todas partes, que creó todo el espacio desde el comienzo, y en el que toda partícula se alejó de toda partícula. Al cabo de una centésima de segundo, el calor era tan grande que no podían formarse todavía ni las moléculas ni los átomos. Solo existían partículas como electrones y positrones. Estas partículas empezaron a aniquilarse, pero quedó un remanente. Al seguir enfriándose el Universo con su expansión, las partículas restantes formaron los átomos y moléculas que componen las estrellas y los planetas. Aún hoy nos llega, como radiación de fondo, el remanente de esa gran explosión, que mantiene la misma temperatura en todas las direcciones.»
- IV. «Al inicio sólo existía el Caos. De este surgió Gea, la Tierra, y algunos de los dioses primordiales. Luego, Gea dio a luz a Urano, el Cielo, y este fecundó a Gea. De esta unión nacieron dioses como Océano, dios de las aguas y los mares, Hiperión, dios del Sol, o Cronos, hijo de Urano y padre de Zeus. Cuando Zeus, dios del cielo y el trueno, desafió a su padre, Cronos, y le venció, se hizo con el gobierno del Olimpo. Son los dioses los que controlan todos los fenómenos que ocurren en el mundo de los mortales.»
- V. «¿Existe una teoría unificada completa, que explique el origen y evolución del Universo, o debemos conformarnos con un conjunto de teorías parciales que describan el Universo cada vez con mayor precisión? En última instancia, se tiene la esperanza de encontrar una teoría unificada, consistente, completa, que incluiría todas las teorías parciales. La búsqueda de una teoría como esta se conoce como la unificación de la física. El principio del tiempo fue un punto de densidad infinita, una singularidad, donde todas las leyes conocidas de la ciencia fallarían. Es necesario utilizar una teoría cuántica de la gravedad, que aún hoy no poseemos, para discutir las etapas muy tempranas del Universo. Pero una teoría unificada completa solo sería el primer paso: nuestra meta es una completa comprensión de lo que sucede a nuestro alrededor y de nuestra propia existencia.»

### a) Relaciona cada uno de los textos con alguno de los autores indicados. Argumenta los motivos de tus respuestas.

Hesíodo

Aristóteles

Albert Einstein

Penzias y Wilson

Stephen Hawking

- b) Ordena cronológicamente los textos y realiza un esquema resumen de las principales ideas cosmológicas defendidas por los autores a lo largo de la historia.
- c) Indica cuáles de ellas pertenecen a explicaciones míticas y cuáles a las científicas, razonando la respuesta. ¿Cuáles son las diferencias entre las explicaciones que proporciona un mito y las que se consiguen en la ciencia?
- d) Muchas de las explicaciones científicas examinadas han dejado de ser válidas. ¿Crees que, por ello, han dejado también de ser científicas?
- e) A partir de los textos expón con claridad cuál es la finalidad de la ciencia. ¿De qué texto has extraído la información? ¿Crees que se trata del único objetivo posible de la ciencia?
- f) La investigación científica puede estar condicionada por intereses económicos, políticos o de otros tipos. Argumenta de forma razonada sobre la independencia de la ciencia respecto de otros intereses.



## A2.3.2. El origen del Universo: El Big Bang más grande

### 1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades que te proponemos al final del mismo.

En el **big bang**, nuestro Universo entero nació repentinamente cuando un solo punto, más pequeño y más caliente de lo que podemos imaginar, estalló con una tremenda furia de potencia y trascendencia inconcebibles.

La idea del **big bang** está íntimamente relacionada con la del Universo en expansión. De hecho, fue la idea del Universo en expansión la que condujo a los científicos marcha atrás, por así decir, hasta el **big bang**. En los años 20, Edwin Hubble descubrió que hay millones de galaxias en el Universo y que estas están alejándose de nosotros a velocidades enormes. En **1929** demuestra experimentalmente la expansión del Universo. Observaciones posteriores mostraron que las galaxias más lejanas se estaban alejando de nosotros con más rapidez, y que las galaxias próximas se alejaban mucho más lentamente. Esto es exactamente lo que uno esperaría ver si el Universo hubiera comenzado en una explosión suprema y gigantesca: un «**big bang**». Los fragmentos expulsados a más velocidad por la explosión habrían tenido tiempo de alejarse más en el espacio que los fragmentos más lentos. Hubble descubrió también que la razón entre la distancia y la velocidad de una galaxia es constante  **$V=H \cdot D$**  (este valor se conoce como **la constante de Hubble**). Esto significaba que en algún instante en el pasado –en el comienzo de todas las cosas– todas las galaxias del Universo estaban amontonadas en el mismo lugar al mismo tiempo. Pero ¿cuánto tiempo hace que tuvo lugar este atasco celeste y la explosión que lo siguió?

Un paso lógico que debió darse para que los científicos llegaran a determinar la edad del Universo era medir la velocidad y la distancia de diversas galaxias. Muchos científicos coinciden en que **la edad del Universo está entre ocho y trece mil millones de años**. Algunos investigadores han estimado la edad de las estrellas más viejas de la Vía Láctea en catorce mil millones de años. Esto hace que los escépticos con respecto a la teoría señalen la paradoja de que las estrellas más viejas podrían ser más viejas que el propio Universo. Pero, los científicos están afinando constantemente sus datos y sus teorías, y con el tiempo pueden limarse las asperezas numéricas. Parte de la importancia de determinar la edad del Universo reside en que los científicos utilizan dicho conocimiento para intentar comprender cómo se formaron las estrellas y las galaxias.

**¿Qué sucedió inmediatamente después del big bang?** Se formaron los primeros quarks y leptones, las unidades constituyentes de las partículas elementales. Además, la única fuerza unificada original se separó en las cuatro fuerzas que hoy conocemos: gravedad, electromagnetismo y las fuerzas nucleares fuerte y débil. ¡Y esto fue solo en la primera diezmilmillonésima de segundo! Las siguientes en formarse fueron las propias partículas, incluyendo los protones, los neutrones y los electrones. Luego se formaron los primeros núcleos a partir de protones y neutrones; y luego los núcleos y los electrones sueltos se mezclaron en un gas llamado plasma (cuarto estado de la materia). Finalmente, los electrones, los neutrones y los protones se unieron en átomos, los familiares bloques constituyentes del mundo tal como hoy lo conocemos. En un instante, este «material» se había extendido hasta proporciones cósmicas.

**¿Existe alguna evidencia del big bang?** La primera evidencia importante, descubierta en 1965 por Wilson y Penzias, fue la existencia de una **radiación de microondas procedente del espacio profundo** (el mismo tipo de radiación que calienta el café). Esta radiación sería el eco del **Big Bang**. El Universo nació a partir de un punto muy caliente y ha estado expandiéndose y enfriándose desde entonces; ahora debería estar a una temperatura de aproximadamente -270 grados Celsius (3 K), precisamente la temperatura de la radiación de microondas de los cuerpos celestes. Nuevas **mediciones de la radiación de fondo** fueron realizadas con el satélite COBE (Cosmic Background Explorer) en 1992 y por la sonda WMAP (sonda anisotrópica de microondas Wilkinson) lanzada por la NASA en 2001. Midió la radiación cósmica de fondo de microondas y nos dio una imagen con las «arrugas» del Universo primitivo. Estas mediciones se mejorarán con el nuevo satélite Planck de la Agencia Espacial Europea (ESA), lanzado en mayo de 2009.

Pero se estarán preguntando, **¿qué había antes del big bang?**

Muy probablemente, nada, una nada inestable parecida a un vacío. Por azar, como es teóricamente posible, una sola partícula densa de materia brotó repentinamente a la existencia. ¿Y cuál es el final de la historia? Los científicos están divididos al respecto. El Universo puede seguir expandiéndose...

Adaptado de Ann Rae, Jonas (2007)



- Realiza un resumen del texto resaltando las ideas principales.
- ¿Cuándo y cómo se originó el Universo según la teoría del *Big Bang*? ¿Qué es el *Big Bang*?
- ¿Cuándo, después del *Big Bang*, hicieron su aparición los primeros átomos en el Universo? ¿Y la Tierra, la vida, los humanos?
- ¿Cómo se pudo materializar la energía a los pocos milisegundos de formarse el Universo?
- ¿Qué es la antimateria? ¿Por qué no se ha detectado antimateria en el Universo?
- ¿Cómo se expresa la Ley de Hubble y qué significado tiene para la cosmología moderna? ¿Cuál es el significado y el valor de la constante de Hubble  $H_0$ ? ¿Qué significa su inversa  $1/H_0$ ?
- ¿Qué es la radiación cósmica de fondo de microondas y cómo se puede captar?
- ¿Cuáles son las contribuciones de Mather y Smooth, los científicos galardonados con el premio Nobel de Física en 2006, al estudio de la radiación de fondo?



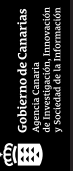
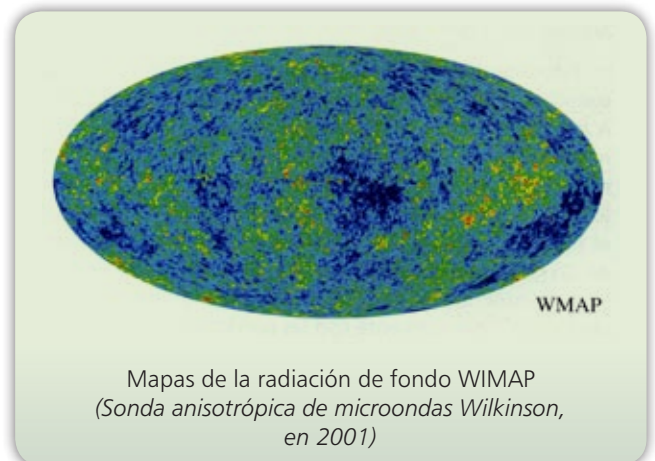
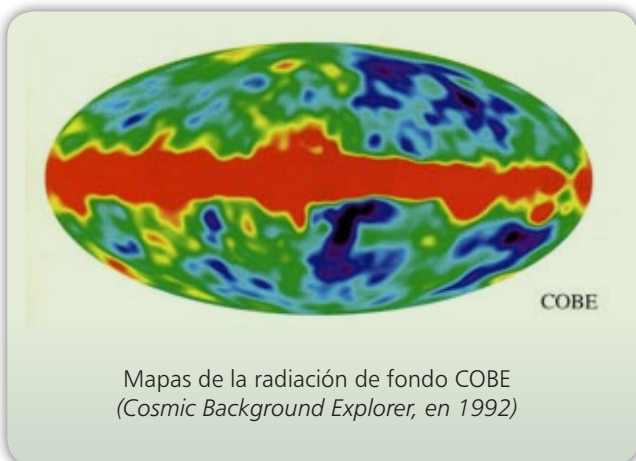
### A.2.3.3. La historia del Universo

- Pon la letra correspondiente a cada una de las etapas que se indican en los números del cucurucho galáctico y describe alguno de los acontecimientos que tuvieron lugar desde el *Big Bang* hasta el origen de las galaxias, la Tierra, la vida y el hombre.

Selecciona entre: **A**= Era leptónica (de los electrones y neutrinos). **B**= Era de la gran unificación (de separación de la fuerza de la gravedad). **C**= Era electrodébil (de los quarks). **D**= Era de Planck (de la teoría cuántica de la gravitación). **E**= Era de la inflación (de la expansión brusca). **F**= Era hadrónica (de formación de protones y neutrones). **G**= Era de los átomos y de la radiación (formación de los átomos de los elementos). **H**= Era de las galaxias (de formación de las Galaxias, de la Tierra y los planetas). **I**= Era de la nucleosíntesis (de formación de núcleos de hidrógeno).



Vídeo. Colisionador LHC: <http://www.rtve.es/mediateca/videos/20090809/redes/564347.shtml>







## A.2.4. ¿Cuál es el final del Universo?

### 1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades que te proponemos al final del mismo.

¿Cómo morirá el Universo? El mero hecho de intentar responder a esta pregunta, que es la cuestión definitiva de la cosmología, excede a los límites de los conocimientos actuales. Sin embargo, la búsqueda de una solución a este intrincado asunto ha desafiado y reformado, en los últimos 20 años, muchas de nuestras ideas fundamentales sobre el cosmos. No hace mucho, el destino del Universo parecía relativamente claro, y había tres posibles resultados. El escoger el acertado era, simplemente, cuestión de afinar en los cálculos.

La solución más ampliamente aceptada quizá era que el mundo terminaría en un **Big Crunch**, o «**Gran Implosión**», donde menguaría la tasa de expansión y empezaría a dominar la gravedad. La expansión se invertiría entonces y, a lo largo de muchos miles de millones de años, las galaxias y los cúmulos de galaxias irían acercándose poco a poco. Conforme se comprimiera, también se calentaría hasta que, finalmente, todo se descompondría en una sopa de partículas parecida a la que se produjo con el **Big Bang**, y el Universo volvería a la singularidad de la que surgió.

Las otras dos opciones eran, en definitiva, variaciones sobre el mismo tema. La expansión del Universo podría ser demasiado potente como para que la gravedad pudiera siquiera aminorar su marcha, o las cosas podrían estar tan equilibradas que la expansión se ralentizaría poco a poco hasta hacerse casi nula, pero el Universo no llegaría nunca a contraerse. Cualquiera de los dos escenarios condena al Universo a un **Big Chill**, o «**Gran Enfriamiento**», en donde conforme la materia del cosmos se dispersa y escasea el material para la formación de estrellas, la luz del Universo se debilita hasta apagarse y lo único que queda es una larga eternidad fría.

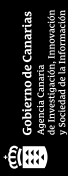
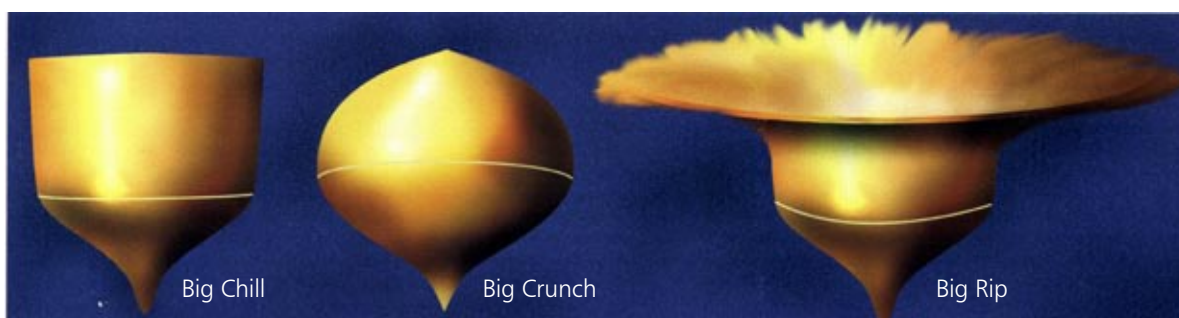
Las mediciones cruciales, de las que dependía el destino del Universo, eran el ritmo al que se expande el cosmos y su densidad actual. Desde que **Edwin Hubble** demostró que el Universo se expandía, los astrónomos han intentado medir con precisión esta tasa de expansión, conocida como «**Constante de Hubble**», pero solo en años recientes hemos obtenido una respuesta razonablemente precisa.

De la misma forma, ha resultado difícil calcular la masa entera del Universo ya que no solo hay que contar la materia visible, sino también la materia oscura. Sin embargo, al casarlas con la constante de Hubble, incluso las mejores estimaciones parecían llevar siempre a una conclusión frustrante: el Universo parecía oscilar alrededor de la «densidad crítica», **como si estuviera indeciso** entre el frío eterno de la expansión continuada y el ardiente final de un **Big Crunch**. Pero entonces, a finales de la década de los noventa, se produjo un descubrimiento sorprendente que pareció resolver el dilema de una vez por todas.

Los astrónomos, estudiando las supernovas lejanas, observaron que eran uniformemente menos brillantes y por lo tanto estaban más alejadas de lo que se esperaba. La única explicación que cabe es que la expansión del Universo **se hubiera acelerado a lo largo de su historia**. Parece que actúa una fuerza invisible que impulsa la expansión del Universo y contrarresta los intentos de la gravedad por frenarla. A esta nueva fuerza se la conoce como «**energía oscura**» y, aunque su causa y naturaleza son todavía un profundo misterio, las consecuencias son claras. La energía oscura parece condenar a nuestro Universo a la expansión eterna y **a una muerte lenta y fría**.

No obstante, la nueva fuerza sí añade otro posible destino a nuestra selección. Parece que la fuerza de la energía oscura en el Universo aumenta con el paso del tiempo; unas mediciones perfeccionadas apuntan a que la gravedad consiguió ralentizar la expansión cósmica hasta hace unos 6.000 millones de años, cuando la energía oscura se incrementó lo suficiente como para superarla. Si la energía continúa aumentando de forma constante, condenará probablemente al Universo a un **gran enfriamiento**, pero algunos argumentan que el incremento podría hacerse a un ritmo exponencial. En algún momento del futuro, esto podría significar que la energía oscura venciera las fuerzas gravitatorias locales e incluso las que dominan los núcleos atómicos. El resultado sería un suceso cataclísmico en el que la materia del cosmos se descompondría en el llamado **Big Rip** o «**gran desgarro**».

- Resume el texto anterior indicando las ideas principales del mismo.
- ¿Qué ocurrirá al final del Universo? Explica el Modelo del *Big Rip* o gran desgarro.

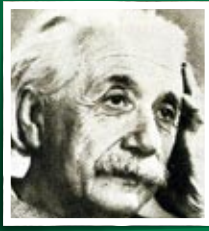




## A.2.5. La cosmología moderna: contexto histórico

1. Lee el siguiente resumen con las aportaciones de los científicos y realiza las actividades finales.

Albert Einstein



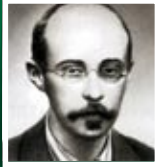
### 1915. Teoría de la relatividad general.

Proporciona una descripción matemática del Universo.

Da una respuesta errónea a la existencia de un cosmos eterno y estático.

Introduce la constante cosmológica en sus ecuaciones con el fin de contrarrestar la gravitación y «frenar» la expansión acelerada del Universo.

Alexander Friedmann



### En 1922 examina las ecuaciones de la relatividad de Einstein

y llega a la conclusión de que al eliminar la constante cosmológica, se admiten varias soluciones, entre ellas la del Universo en expansión.

George Lemaître



### En 1927, llega a las mismas conclusiones que Friedmann y propone su modelo del átomo primordial,

que contiene toda la materia y la energía a partir de las cuales se formó el Universo. Fue el precursor de la teoría del *Big Bang*.

Edwin Hubble



### En 1929 demuestra experimentalmente la expansión del Universo.

Comparó las distancias de las galaxias en función de la velocidad con la que se alejaban unas de otras, y dedujo que cuanto más lejos estaban, más rápido se movían. Relación conocida como Ley de Hubble.

George Gamow



### En 1948 elabora, junto con Ralph Alpher y Hans Bethe, el modelo cosmológico del *Big Bang*

y demuestra cómo se lleva a cabo en las estrellas la creación de los primeros elementos químicos.

Fred Hoyle



### En 1948 propone, junto con Thomas Gold y Herman Bondi, el modelo cosmológico dinámico e infinito del estado estacionario.

Bautiza despectivamente como *Big Bang* a la teoría de Gamow, que consideraba errónea. Él cree en un Universo en expansión, pero infinito y sin un principio definido, en el que se genera materia de forma continua.



- ¿Qué estudia la Cosmología?
- ¿Qué función desempeñó la constante cosmológica en las ecuaciones de la relatividad general de Einstein?
- ¿A qué conclusiones llegaron Alexander Friedmann, George Lemaître Y Edwin Hubble?
- ¿En qué se parecen y en qué se diferencian los modelos cosmológicos del *Big Bang* y del estado estacionario?
- Compara la posición de las bandas espectrales de absorción de elementos químicos presentes en las galaxias A y B con las que se obtienen en el laboratorio para los mismos elementos químicos C. Explica el fenómeno producido y deduce cuál de las dos galaxias A y B está más lejos de la Tierra.



### 3. La génesis de los elementos: Polvo de estrellas

#### Debes saber que . . .

- ✓ Todo lo que nos rodea, incluyendo a los seres humanos, está formado por elementos químicos. Cada uno de estos elementos se generó durante la vida o la muerte de una estrella.
- ✓ **Somos polvo de estrellas.**
- ✓ **En el interior de** las estrellas, que son enormes masas de gases, sobre todo hidrógeno, sometidos a grandes presiones y temperaturas, se producen reacciones termonucleares de fusión de los átomos de hidrógeno que originan los elementos químicos: el helio, el carbono y todos los elementos de la tabla periódica más ligeros que el hierro se han originado por nucleosíntesis estelar.
- ✓ **Los elementos más pesados que el hierro se producen tras la explosión de una supernova.**
- ✓ **La presencia de estos elementos en la Tierra indica que hubo una explosión de supernova previa a la formación del Sistema Solar.**
- ✓ **Las estrellas, por las reacciones nucleares de fusión,** liberan enormes cantidades de energía, como la luz que nosotros podemos ver desde la Tierra; según la edad, cada estrella posee un color determinado: blanco, azul, amarillo, anaranjado, rojo...

#### A.3.1. Origen y evolución de las estrellas

1. Interpreta el esquema, lee el texto y realiza las actividades que aparecen al final del mismo.

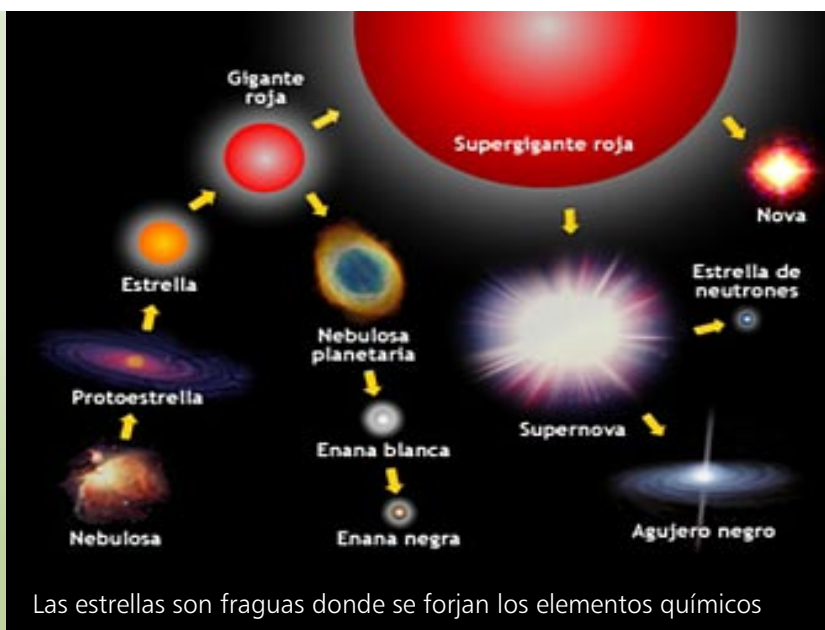
Mueren las estrellas y nacen los átomos de los elementos químicos. Somos polvo de estrellas.

Estrellas masa inferior a  $1,4 M_{\text{Sol}}$   
**Gigante Roja**  $\Rightarrow$  **Enana Blanca**

Estrellas  $> 2 M_{\text{Sol}}$   
**Supergigante Roja**  $\Rightarrow$  **Supernova**

Supernova  $< 4M_{\text{Sol}}$   
**Estrella de Neutrones** ( $\varnothing$  20 km)

Supernova  $> 2,5 M_{\text{Sol}}$   
**Agujero negro**



#### Consulta los recursos:

Evolución de las estrellas: [http://www.icarito.cl/medio/animacion/0,0,38035857\\_0\\_0\\_185086703,00.html](http://www.icarito.cl/medio/animacion/0,0,38035857_0_0_185086703,00.html)

Informe Semanal. Hijos de las estrellas:

<http://www.rtve.es/mediateca/videos/20090815/informe-semanal-hijos-de-las-estrellas/567531.shtml?s1=noticias&s2=tecnologia&s3=>

Estrellas: [http://astronomia2009.es/Doce\\_Miradas\\_al\\_Universo:\\_Maria\\_Rosa\\_Zapatero\\_Osorio.html](http://astronomia2009.es/Doce_Miradas_al_Universo:_Maria_Rosa_Zapatero_Osorio.html)

Vida y muerte de las estrellas: [http://www.youtube.com/watch?v=jDuq\\_hkLonc&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=jDuq_hkLonc&feature=related)



## LA MUERTE DE LAS ESTRELLAS ES EL NACIMIENTO DE LOS ÁTOMOS DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS.

En las diferentes fases que atraviesa la vida de una estrella se mantiene un delicado equilibrio entre la fuerza gravitatoria y la fuerza expansiva de la fusión termonuclear. Cuando se agota el hidrógeno de la estrella, esta se enfría, se rompe el equilibrio y gana la fuerza gravitatoria. El peso de las capas de gas genera una contracción de la estrella. Se produce un gran aumento de presión y de temperatura, y comienza la fusión del helio, para dar carbono y oxígeno. Esta nueva fuente de energía hace que gane ahora la fuerza de la presión de radiación termonuclear, la estrella se expande hasta más de 300 veces su radio. La estrella se transforma en una gigante roja, como Aldebarán (Tauro), Betelgeuse (Orión) o Antares (Escorpión), cuyo gran núcleo se asemeja a una enorme cebolla. Cada una de sus capas concéntricas alberga un proceso diferente de reacción de fusión termonuclear, que forma un elemento químico distinto de menor a mayor número atómico (H, He, C, O, Ne, Mg, Si, etc.), y que origina en cada fase una nueva expansión hasta que se sintetiza el hierro, el elemento más estable de la naturaleza. Todas estas reacciones de nucleosíntesis estelar desprenden energía, pero la última de ellas, que da lugar a la síntesis del hierro, no libera energía sino que la consume. Con la fuente de energía desconectada, después de la síntesis del hierro, actúa la componente gravitatoria y la supergigante roja se colapsa, de tal forma que las ondas de choque generadas por esa tremenda implosión rebotan en un núcleo extremadamente denso y se propagan después a gran velocidad, produciendo una tremenda explosión que libera enormes cantidades de energía. Como consecuencia de la implosión, el núcleo de la supergigante roja sufre una compactación extraordinaria que queda convertida, según su masa, en una estrella de neutrones o, si la estrella es muy masiva, en un agujero negro. Si la fase final de la estrella es una explosión o supernova, en su holocausto nuclear se libera tal cantidad de energía, que se siguen fusionando los núcleos atómicos de mayor masa, sintetizándose los elementos químicos más pesados que el hierro. Todos los elementos generados en las estrellas han pasado a los planetas como la Tierra y son los ladrillos de toda la materia ordinaria o visible que existe en el Universo. También existen en el Universo en grandes proporciones la materia oscura y la energía oscura, que no son visibles, pero que se manifiestan o ponen en evidencia indirectamente. La materia oscura se evidencia por sus efectos gravitacionales sobre las galaxias, y la energía oscura por actuar como fuerza repulsiva en contra de la gravedad, contribuyendo a acelerar la expansión del Universo, a que se alejen de nosotros los cúmulos y galaxias.

- Resume el texto resaltando las ideas principales.
- ¿Cuál es el destino final de una estrella cuya masa sea a) menor que la del Sol o b) como la del Sol?
- ¿Cuál es el destino final de una estrella gigante de gran masa?
- ¿Dónde se formaron los elementos más pesados que el hierro? ¿Y los demás elementos?
- ¿Cuáles son las evidencias de la existencia de una enorme cantidad de materia oscura y de energía oscura en el Universo?

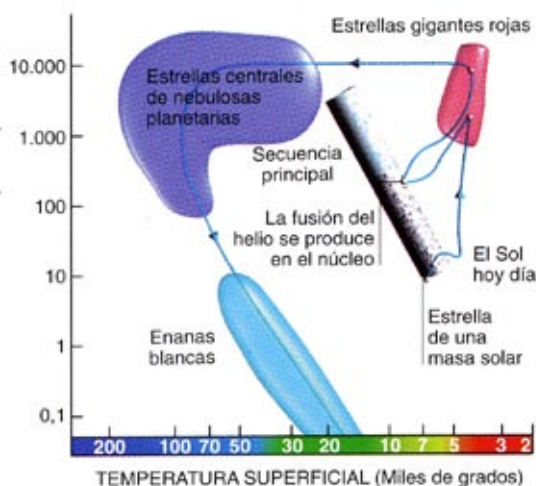


Diagrama H-R: Evolución Estelar (Hertzsprung - Russell)



## A.3.2 El ciclo vital de una estrella

### 1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades que te proponemos al final del mismo.

Una estrella nace por azar cuando se juntan casualmente fragmentos de materia de las nubes difusas del espacio exterior. Entonces **la gravedad se une al trabajo empezado por azar**. Como todos los objetos, el grumo de materia estelar ejerce una fuerza de gravedad. La gravedad atrae más material al grumo, que, por supuesto, ejerce entonces una fuerza gravitatoria aún mayor. Finalmente la gravedad hace que el grumo, ahora masivo, se contraiga sobre sí mismo. La historia terminaría aquí con un agujero negro, si no fuera por el hecho de que **a medida que el grumo de materia se contrae, el calor y la presión crecen en su centro**. Conforme la temperatura y la presión siguen aumentando, los núcleos se mueven con mayor rapidez hasta que finalmente chocan unos con otros y tiene lugar la **fusión nuclear**. Ahora la presión de la estrella recién formada es capaz de contrarrestar la fuerza de la gravedad. La energía nuclear escapa finalmente de la masa y viaja a través del espacio en forma de radiación electromagnética, por esto es por lo que las vemos brillar.

La **gravedad**, que proporciona a una estrella sus comienzos y la mantiene unida, es también su perdición. A lo largo de su **ciclo vital**, la estrella está luchando contra el colapso total con que amenaza la gravedad. Su batalla con la gravedad determina que la estrella pase de una **fase de evolución estelar a otra**. Puesto que estas fases tienen lugar durante muy largos períodos de tiempo, los científicos no pueden observar directamente el cambio de una fase a la siguiente. En su lugar, ellos utilizan la evidencia estadística para determinar la duración de las diferentes fases. En otras palabras, cuanto más numerosas sean las estrellas en una fase concreta, mayor es el período de duración que los científicos suponen para dicha fase. Una vez que una estrella **empieza la fusión nuclear y se estabiliza**, entra en un largo período durante el que se la conoce como una estrella de la **secuencia principal**. **Cuanto más masiva es una estrella**, más combustible debe quemar para contrarrestar la fuerza de la gravedad; así pues, la estrella arde con mayor brillo y **más corto es su período de vida**. Nuestro Sol, que es una estrella de tamaño medio en la secuencia principal, ha estado consumiéndose con mucho brillo durante aproximadamente cinco mil millones de años, y tienen que pasar otros cinco mil millones antes de que necesite comprobar su reserva de combustible.

Cuando una estrella de la secuencia principal empieza a agotar el combustible de su centro, la gravedad hace que la estrella se contraiga de nuevo, y la contracción hace de nuevo que la temperatura aumente. Aunque el combustible del centro se está agotando, las reacciones nucleares tienen ahora lugar en la capa que rodea al núcleo central. Mientras el núcleo central se contrae, las capas externas de la corteza se expanden. A medida que aumenta el tamaño de la estrella, las capas externas se enfrían y **el color de la estrella pasa de amarillo a rojo**. La estrella se denomina ahora una **gigante roja**. Puesto que hay menos estrellas gigantes rojas que estrellas de la secuencia principal, los científicos suponen que su período de vida es más corto.

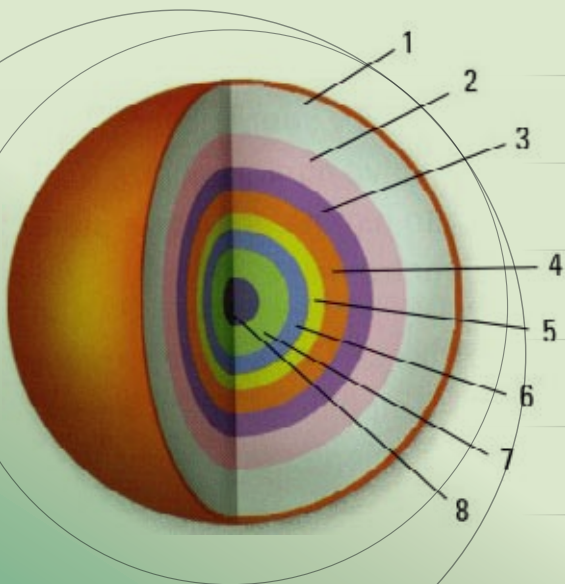
En algún momento, la gigante roja agota la energía y empieza a contraerse de nuevo. En el caso de las estrellas menos masivas, los electrones del núcleo central alcanzan un punto en el que se niegan a ser comprimidos más aún. La estrella se estabiliza de nuevo: la gravedad tira hacia adentro y los electrones empujan hacia afuera. Aunque no tienen combustible, estas estrellas, que se denominan **enanas blancas**, brillan durante un largo tiempo mientras se enfrían. **Nuestro Sol terminará probablemente como una enana blanca**. En las estrellas más masivas, los electrones del núcleo central no pueden resistir la fuerza de la gravedad. Se ven obligados a unirse con los protones para formar neutrones, y finalmente la estrella se estabiliza como una **estrella de neutrones**. Las estrellas de neutrones son tan densas que una estrella con la masa de nuestro Sol tendría un radio de solo unos diez kilómetros. Si la estrella es todavía más masiva—tan masiva que los neutrones no pueden resistir la fuerza de la gravedad—colapsa totalmente sobre sí misma para convertirse en un **agujero negro**.

En el caso de **las estrellas más masivas** de todas, las capas exteriores frías se contraen hacia el centro en cuestión de horas y lo calientan tan rápidamente que desencadenan una tremenda explosión nuclear, haciendo estallar la estrella en pedazos. Este suceso, denominado una **supernova**, es bastante raro y ocurre solo dos o tres veces por siglo en cada galaxia. Al cabo de unos pocos días de espectaculares fuegos de artificio, la supernova termina como una estrella de neutrones o como un agujero negro. Pero esto es para una minoría; la mayoría de las estrellas acaban sus días como una **enana blanca**. Cuando la **enana blanca** agote todo el helio, se enfriará originando una estrella de carbono oscura llamada **enana negra**.



- a) Realiza un resumen del texto resaltando las ideas principales.
- b) Explica las diferentes fases del ciclo vital de una estrella.
- c) ¿En qué consisten las reacciones de fusión termonuclear y dónde tienen lugar? ¿Dónde y cómo se forman los elementos más livianos como el H, He, Li, Be, B o C? ¿Y los más pesados como el oro?
- d) El Sol es actualmente una estrella enana amarilla. ¿Cuál es su edad actual? ¿Cuánto tiempo más le queda de vida? ¿Cómo terminará previsiblemente su existencia?
- e) ¿Cuál es el destino final de una estrella gigante de gran masa?
- f) Explica qué son y cómo se forman una supernova, una estrella de neutrones y un agujero negro.
- g) Indica las diferencias entre las reacciones nucleares de fusión y las de fisión.
- h) Busca información sobre las reacciones de fusión y escribe la reacción nuclear de formación del helio  ${}^4_2\text{He}$  a partir de los isótopos de los átomos de hidrógeno (protio:  ${}^1_1\text{H}$ , deuterio:  ${}^2_1\text{H}$  y tritio:  ${}^3_1\text{H}$ ).
- i) Escribe algunas reacciones nucleares de fusión que conduzcan a la formación de átomos de carbono ( ${}^{12}_6\text{C}$ ) y de oxígeno ( ${}^{16}_8\text{O}$ ) a partir de la fusión de átomos más livianos.
- j) ¿Cómo y dónde se obtienen los elementos más pesados que el hierro?
- k) ¿Por qué se dice que los seres humanos somos polvo de estrellas?
- l) Una estrella de unas diez masas solares, al consumir más hidrógeno, libera más energía (estrella azul), pero con la desaparición del hidrógeno se pierde masa, lo que provoca una disminución de la componente gravitatoria y un aumento de la componente expansiva; la superficie de la esfera aumenta de tamaño y se convierte en supergigante roja, en cuyo gran núcleo se va produciendo en capas concéntricas la nucleosíntesis estelar de los elementos hasta llegar en su centro al hierro; se acaba la fuerza nuclear y se colapsa gravitatoriamente en una explosión de supernova. Escribe el nombre del elemento químico que se sintetiza en cada una de las capas del núcleo de esta estrella supergigante roja.

Escribe el símbolo de los elementos químicos



1

2

3

4

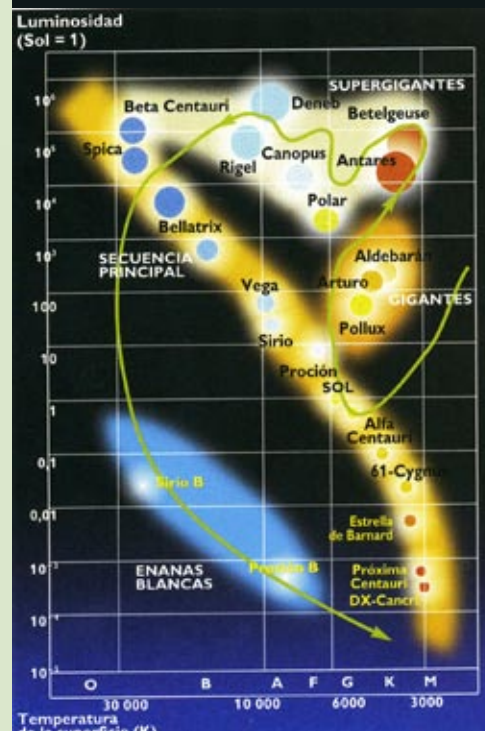
5

6

7

8

Capas del núcleo de una estrella supergigante roja



Evolución de las estrellas



## 4. El sistema solar, sus planetas y la teoría de los planetesimales

### Debes saber que . . .

- ✓ Los **sistemas planetarios** están formados por grupos de planetas, satélites y otros objetos, como cometas y asteroides, que orbitan alrededor de una estrella. En la actualidad se conocen más de 150 estrellas con algún planeta a su alrededor. La mayoría está fuera del Sistema Solar; son los exoplanetas.
- ✓ Las **explosiones** al final del ciclo de vida de una estrella expulsan grandes cantidades de gas y polvo, que contienen hidrógeno y helio, y elementos más pesados. Esta materia es la base para formar nuevas estrellas de segunda o tercera generación, en las que se concentra la mayoría de los materiales. Sin embargo, una primera parte puede permanecer alrededor de la estrella y ocasionar la formación de planetas.
- ✓ Nuestro Sistema Solar contiene ocho planetas: los cuatro primeros (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte) son conocidos como planetas **interiores o rocosos** y los cuatro siguientes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) como **exteriores o gaseosos**.
- ✓ Los planetas interiores o rocosos son los más próximos al Sol. Tienen núcleos metálicos y una corteza de aspecto rocoso.
- ✓ Los planetas exteriores o gaseosos son los más alejados del Sol. Su núcleo también es metálico, pero se encuentran rodeados de grandes capas en estado líquido y de atmósferas gaseosas muy profundas compuestas sobre todo por hidrógeno y helio.
- ✓ En 2006, la Unión Astronómica Internacional redefinió el concepto de planeta y se excluyó a Plutón de la lista de planetas del Sistema Solar, se creó la categoría de **planeta enano** en la que incluyó a Plutón y a Ceres, un cuerpo clasificado anteriormente como asteroide.
- ✓ En el Sistema Solar existen otros objetos como los **satélites**, los **asteroides**, los **cometas** y los **meteoritos**.

### A.4.1. Nuestro Sistema Solar

1. Indica cuál es el principal elemento que se encuentra en las estrellas. Explica la relación entre dicho elemento y la capacidad de una estrella para emitir energía.
2. Indica los componentes de un sistema planetario y explica cómo se produce la formación de sus planetas.
3. Indica los componentes de nuestro Sistema Solar. Explica cómo se clasifican los planetas del mismo.
4. Explica las razones de la Unión Astronómica Internacional para excluir a Plutón de la categoría de planetas del Sistema Solar.
5. Indica las características de los siguientes objetos de los sistemas planetarios: satélites, asteroides, cometas y meteoritos.



#### Consulta los recursos:

El Sistema Solar: [http://www.icarito.cl/medio/animacion/0,0,38035857\\_0\\_0\\_189907783,00.html](http://www.icarito.cl/medio/animacion/0,0,38035857_0_0_189907783,00.html)

El Sol: [http://astronomia2009.es/Doce\\_miradas\\_al\\_Universo:\\_Manuel\\_Collados.html](http://astronomia2009.es/Doce_miradas_al_Universo:_Manuel_Collados.html)

Planetología: [http://astronomia2009.es/Doce\\_miradas\\_al\\_Universo:\\_Agustin\\_Sanchez\\_Lavega.html](http://astronomia2009.es/Doce_miradas_al_Universo:_Agustin_Sanchez_Lavega.html)



## 5. La investigación del Universo y los principales instrumentos de observación

### Debes saber que . . .

- ✓ La observación del cielo a simple vista solo permitía estudiar una pequeña parte del Universo. Por esta razón se desarrollaron aparatos, instrumentos y técnicas de observación que han permitido obtener información de zonas muy lejanas del Universo o detalles de los astros más cercanos.
- ✓ Entre ellos destacan: los **telescopios** y **radiotelescopios**, las **sondas espaciales** y las **naves tripuladas**.
- ✓ Los **telescopios ópticos** recogen la luz visible, al igual que nuestros ojos, pero ampliamente magnificada. Pueden fotografiar planetas, estrellas y galaxias. Funcionan en la Tierra y aun mejor en el espacio obteniendo fotografías mucho más claras.
- ✓ Hay otras radiaciones del espectro electromagnético que están en los cielos y que no podemos observar a simple vista; muchas no llegan siquiera a la Tierra. Los **telescopios terrestres de radio** o **radiotelescopios** son antenas grandes de disco diseñadas para recoger ondas de radio largas.
- ✓ Los **telescopios infrarrojos y ultravioletas** deben ser telescopios espaciales porque muy poca energía ultravioleta atraviesa la atmósfera de la Tierra. Los telescopios Spitzer y el GALEX (Explorador de Evolución de las Galaxias) están analizando casi todo el cielo bajo luz infrarroja y ultravioleta respectivamente. Nos han permitido observar la formación de nuevas estrellas.
- ✓ Los **telescopios de rayos X (el Chandra)** y los de **rayos Gamma** pueden operar únicamente en el espacio, pues los rayos Gamma, de gran energía y longitud de onda muy corta, no pueden atravesar la atmósfera de la Tierra. Estos telescopios nos han permitido observar la formación de agujeros negros.



### A.5.1 Los telescopios espaciales. El telescopio Hubble. Los telescopios Plank y Herschel

#### 1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades que te proponemos al final del mismo.

El **Hubble** fue lanzado al espacio desde la Tierra el 25 de abril de 1990 con gran satisfacción de la NASA y de los astrónomos de todo el mundo. Pesa 11 toneladas y está en órbita terrestre a 570 kilómetros de altura. Ha sido reparado y mejorado a lo largo de los años por los astronautas. Seguirá funcionando hasta 2013 año en que será sustituido por el telescopio **James Webb** ya en construcción.

Se han lanzado en mayo de 2009 dos nuevos telescopios espaciales europeos: **Planck** y **Herschel**, dos joyas de la tecnología. Ambos van a observar los objetos y zonas más frías del Universo y, para ello, los detectores deben estar enfriados hasta casi el cero absoluto (273 grados centígrados bajo cero). Esto se logra en **Herschel** y **Planck** con varias tecnologías en fases sucesivas; el mayor enfriamiento exige helio líquido.

**La vida útil de Planck**, un satélite de dos toneladas, es de 15 meses a contar desde que todos los instrumentos estén calibrados y listos para comenzar las observaciones astronómicas. Su objetivo es captar con un detalle nunca alcanzado hasta ahora las variaciones de temperatura en la primera luz observable del universo, 380.000 años después del **Big Bang**, luz que ahora permea todo el cosmos en el rango muy frío de microondas. La formación de las primeras estructuras del cosmos, la materia oscura y la energía oscura pueden empezar a desvelarse con los datos de esta misión científica. Los cosmólogos esperan obtener datos que les den pistas casi sobre el origen mismo del universo y los procesos de los primeros instantes, para confirmar así, o descartar, sus teorías actuales al respecto.

**La misión científica de Herschel**, un telescopio espacial de tres toneladas y media, debe durar al menos tres años. Su objetivo es ver las condiciones de nacimiento y evolución de galaxias lejanas para poder determinar exactamente su origen e historia inicial. Con él se podrán observar las zonas de polvo y gas en que se forman estrellas. Es un telescopio de infrarrojos con un espejo de 3,5 metros (el mayor lanzado al espacio hasta ahora).

- Explica las diferencias entre los instrumentos que utilizamos para observar el cielo.
- Indica alguna de las características de los tres telescopios espaciales.







## A.5.2. Las unidades de medida del Universo

### 1. Lee el siguiente texto y las equivalencias entre unidades y realiza las actividades finales.

Cuando miras la luz de las estrellas y galaxias estás viendo su pasado. Algunas están tan remotas, que su luz ha tardado miles de millones de años en llegar a la Tierra. Las vemos tal como eran en su juventud. Puede que ya no existan. Tan solo vemos su luz viajar por el espacio.

Cuando hablamos de tamaño y de distancias en Astronomía, nos referimos a magnitudes de tal dimensión que las unidades de medida que utilizamos habitualmente no nos sirven y debemos emplear otras que solo tienen sentido en el ámbito del Universo. La unidad básica de distancia (longitud) usada en Astronomía es el AÑO LUZ (a.l.), que es la distancia recorrida por la luz en un año. Teniendo en cuenta que la luz en el vacío se mueve a 300.000 km/s, deducimos que un año luz equivale a 9,5 billones de kilómetros.

Si navegáramos en una nave espacial que viajase a la velocidad de la luz (cosa imposible en la actualidad), llegaríamos a la Luna en menos de 1 s.

Al Sol tardaríamos 8 minutos y medio. Después de más de 5 horas abandonaríamos el Sistema Solar. Tardaríamos 4 años y 4 meses en llegar a Próxima Centauri, la estrella más próxima al Sol. Si salimos en dirección al brazo de Perseo, tardaríamos aún más de 20.000 años en abandonar la Vía Láctea. Tendríamos que esperar más de 2 millones de años para llegar a la «cercana» galaxia de Andrómeda.

$$1 \text{ año} = 365 \text{ días} \cdot 24 \text{ horas} \cdot 3600 \text{ s} = 31.536.000 \text{ s}$$

$$1 \text{ año luz (a.l.)} = 31.536.000 \text{ s} \cdot 300.000 \text{ km/s} = 9.460.000.000.000 \text{ km} \approx \\ \approx 9,5 \cdot 10^{12} \text{ Km} \approx 9,5 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 10^{13} \text{ km} \approx 10^{16} \text{ m (unos 10 billones de km)}$$

Como ejemplos de distancias en el Universo podríamos citar los siguientes:

Estrella más cercana al Sol (Alfa Centauri)	4,3 a.l.	Galaxia más próxima a la Vía Láctea	2.000.000 a.l.
Distancia de la Estrella Polar	300 a.l.	Objetos más lejanos	14.000.000.000 a.l.
Longitud de la Vía Láctea	100.000 a.l.		

Otras unidades de longitud usadas en Astronomía y sus equivalencias son:

- La unidad astronómica (UA) es la distancia de la Tierra al Sol, que equivale a unos 150 millones de kilómetros.
- El pársec, empleado para distancias muy lejanas, se define como la distancia a la que una UA subtende un ángulo de un segundo de arco.

$$1 \text{ UA} \approx 150 \cdot 10^6 \text{ km} \approx 1,50 \cdot 10^8 \text{ km} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ pársec (pc)} \approx 206.265 \text{ UA} \approx 3,26 \text{ años luz} \approx 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m} \approx 30,9 \text{ billones de Km}$$

$$1 \text{ megapársec (Mpc)} = 10^6 \text{ pc} = 3,26 \cdot 10^6 \text{ al} = 3,00857 \cdot 10^{22} \text{ m} \approx 3,0086 \cdot 10^{19} \text{ km}$$

Para distancias muy pequeñas se utilizan el nanómetro, el angstrom y el picómetro: ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ;  $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ ;  $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ )

**Recurso:** Animación de la Vía Láctea al nanómetro. (Gráficos de *El País*).

- Explica qué es el año luz, para qué se utiliza y deduce a cuántos metros equivale.
- Calcula cuánto tarda la luz del Sol en llegar a la Tierra si están separadas por 150 millones de km. ¿A cuánto equivale la distancia Tierra-Sol en tiempo luz?
- Calcula a qué distancia de la Tierra está la galaxia más próxima a la Vía Láctea (Andrómeda), si su luz tarda en llegarnos unos 2 millones de años.
- Una nave espacial que viajara a una velocidad de 150.000 km/sg, ¿cuánto tardaría en llegar a la estrella Sirio que se encuentra a 6 años luz de distancia?
- Para ir desde la Tierra hasta el extremo del universo observable, se deberían recorrer 46.500 millones de años luz.
  - ¿A cuántos metros y km equivalen?
  - ¿Cuántos años se tardaría en llegar viajando a la velocidad de la luz?
- Si una estrella que esta a 5 años luz de la Tierra se apaga. ¿Cuánto tiempo tardaremos en enterarnos?



## 6. Exploración del Sistema Solar

### Debes saber que . . .

- ✓ Lo que hoy en día se conoce como carrera espacial empezó el cuatro de octubre de 1957 con la puesta en órbita del primer satélite, el «Sputnik 1», por parte de la Unión Soviética. Tres meses más tarde se lanzó el «Sputnik 2», pero esta vez llevaba un ser vivo. Se trataba de una perrita llamada Laika. Con este experimento se demostró que era posible enviar a una persona al espacio.
- ✓ El primer astronauta en ir al espacio también fue ruso y se llamaba Yuri Gagarin. Era comandante del ejército ruso y realizó el viaje espacial a bordo de la «Vosto 1», una aeronave dirigida desde la Tierra. Un año después, los Estados Unidos lanzaron el «Explorer».
- ✓ Durante mucho tiempo, Rusia adelantó a Estados Unidos en la exploración del espacio, hasta que la Agencia Espacial Norteamericana, la NASA, consiguió llevar a cabo su misión más ambiciosa: conquistar la Luna. El 16 de julio de 1969, Armstrong, Aldrin y Collins partieron a bordo de la nave espacial «Apollo XI» en dirección a la Luna. Cuatro días más tarde, Neil Armstrong se convirtió en el primer ser humano en pisar la superficie lunar. Como él mismo dijo: «Un pequeño paso para el hombre y un salto gigante para la humanidad».
- ✓ Después de este gran hecho histórico se han realizado muchas misiones espaciales. En 1976 se envió la primera expedición a Marte. La nave «Viking» nos hizo llegar unas asombrosas y bellas imágenes del Planeta Rojo. Otras importantes expediciones fueron las de las sondas «Voyager-1» y «Voyager-2» que permitieron realizar grandes descubrimientos sobre los anillos de Saturno, Urano y Júpiter.
- ✓ El lanzamiento del telescopio espacial Hubble en 1990 tuvo mucha transcendencia, ya que consiguió captar la fotografía más lejana que el hombre ha realizado. Se trata de una galaxia formada por millones de estrellas. Además, en los últimos años se han llevado a cabo varias misiones a Marte (Misión Mars Pathfinder y Mars Global Surveyor).
- ✓ Los programas espaciales actuales tienen como principal objetivo la creación de estaciones espaciales que hagan posible la permanencia de las personas en el espacio exterior durante largos periodos de tiempo. La primera gran estación espacial fue la MIR ('paz' en ruso) que estuvo en órbita desde 1986 hasta 2001. Todo el trabajo realizado en la MIR sirvió para construir la Estación Espacial Internacional (ISS), que será el punto de partida de las conquistas espaciales del siglo XXI.

#### Web Aniversario. 50 años del Sputnik:

<http://www.elmundo.es/especiales/2007/09/ciencia/sputnik/grafico/satelite.html>



### A.6.1. La exploración del espacio y la carrera espacial.

1. Realiza un listado cronológico sobre los hitos espaciales más destacados de los últimos 50 años.
2. ¿Qué ventajas proporciona a un país poseer un programa espacial?
3. ¿Cómo se llama la Agencia Espacial Norteamericana? ¿Existen otras agencias espaciales? Cítalas e indica a qué países o a qué país pertenecen.
4. Menos de 40 años de edad, una altura media de 1,75 cm, buena salud, titulación universitaria en Ingeniería y experiencia como piloto de aviones de reacción. Este es el perfil de los astronautas. A continuación te proponemos que investigues sobre el proceso de entrenamiento que siguen los aspirantes a astronauta.
5. ¿Ha habido algún astronauta de origen español? En caso afirmativo busca información sobre la misión en que participó.
6. ¿Qué es la hidroponía? ¿Qué aplicaciones tiene para la llamada carrera espacial?
7. Busca información sobre los objetivos, la nacionalidad y las fechas de inicio y terminación de las siguientes misiones espaciales: a) Apolo 11 y 17; b) Galileo; c) Giotto; d) Pioner 10 y 11; e) Voyager 1 y 2; f) Proyecto SETI; g) Viking 1 y 2; g) Cassini/Huygens; h) Proyecto Quijote.





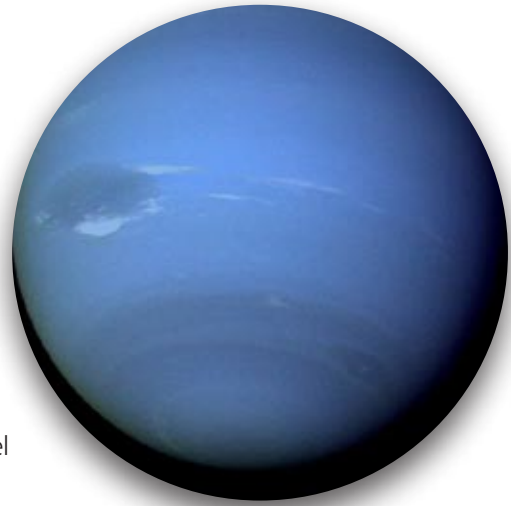
## A.6.2. El descubrimiento de Neptuno y la metodología científica

### 1. Lee el siguiente texto, y realiza las equivalencias entre unidades, y realiza las actividades finales.

A principios del siglo XIX, las observaciones astronómicas delataron que Urano, el planeta más alejado del Sol conocido entonces, presentaba desviaciones importantes con respecto a la órbita prevista según las predicciones de la influyente teoría newtoniana de la gravitación. Cabía pensar que el experimento refutaba la mecánica de Newton, pero también había otra alternativa: se propuso la hipótesis de la existencia de otro planeta que perturbaba la trayectoria de Urano.

En 1843, el astrónomo inglés J. C. Adams y el francés Le Verrier dedujeron de la teoría de Newton, de forma independiente, las posiciones que debía ocupar este nuevo planeta. Los telescopios de varios observatorios se enfocaron hacia la zona del cielo donde se había calculado que se hallaría el nuevo planeta y allí se encontraba. Le Verrier lo bautizó con el nombre de Neptuno.

- ¿Cuál es el problema que se plantea?
- ¿Cuál es el conocimiento científico de que se parte?
- ¿En qué consiste el experimento a que se alude en el texto?
- ¿Qué tipo de variables se miden?
- ¿Qué hipótesis alternativa se propone?
- ¿Cómo se comprueba si la hipótesis es cierta?
- ¿Qué conclusiones se alcanzan?
- ¿Implica el descubrimiento de Neptuno que la teoría de la gravitación de Newton es falsa? ¿Cómo dedujeron Adams y Le Verrier la posición que debería ocupar Neptuno?
- ¿Crees que los conocimientos y teorías vigentes en un momento determinado orientan la observación y los problemas que se plantea la ciencia? ¿Cómo se pone de manifiesto lo anterior en el texto sobre el descubrimiento de Neptuno?



## A.6.3 Plutón ya no es considerado un planeta

La Unión Astronómica Internacional (IAU), en su reunión plenaria de agosto de 2006, estableció en su resolución 5A la siguiente definición para un planeta: «**Un planeta es un cuerpo celeste que orbita alrededor del Sol, tiene suficiente masa para que su propia fuerza de gravedad venza la rigidez del cuerpo y este adopte una forma de equilibrio hidrostático, y ha limpiado el vecindario alrededor de su órbita**».

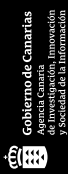
De la definición anterior se concluye que una característica fundamental de los planetas es que en sus alrededores no existan otros cuerpos con características similares y, por tanto, no formen parte de un grupo de otros muchos objetos (como sucede en el caso del cinturón de asteroides o con los objetos transneptunianos). Como consecuencia de esta nueva definición, Plutón dejó de pertenecer a la categoría de planeta. Se lo considera ahora un «**planeta enano**».

En los últimos doce años se han descubierto casi mil cuerpos más allá de Neptuno, con unos diámetros estimados de entre diez y mil kilómetros. Estos enigmáticos cuerpos reciben el nombre de objetos transneptunianos (TNOs de sus siglas en inglés), siendo Plutón el mayor descubierto hasta la fecha. Dichos objetos son en realidad restos o escombros sobrantes de la formación del Sistema Solar. Son cuerpos helados, conservados en el mejor congelador conocido: el espacio. Al hallarse muy lejos del Sol —más de treinta veces la distancia de la Tierra al Sol— y a temperaturas cercanas a los  $-220^{\circ}\text{C}$ , estos objetos apenas han sufrido alteraciones y conservan propiedades físico-químicas muy similares a las que tenían cuando se formó el Sistema Solar hace unos 4.600 millones de años.

El estudio de estos cuerpos nos ayudará a conocer el pasado del Sistema Solar y avanzará muchísimo con el lanzamiento de la misión «**New Horizons**», que tiene previsto llegar a Plutón en el año 2015.

**Recurso:** La misión New Horizons. Plutón y Caronte. (Gráficos de *El Mundo*).

- Resume el texto anterior indicando las ideas principales del mismo.
- Indica qué aspecto de la nueva definición de planeta no cumple Plutón.
- ¿Qué es un planeta enano? Indica el nombre de un satélite de Plutón y el nombre de otro planeta enano del Sistema Solar.
- Indica el interés que tiene estudiar las características de Plutón y otros objetos transneptunianos.





## A.6.4. Armstrong y Aldrin caminando por la Luna

### Texto para comentar: «Diálogo entre dos astronautas»

#### 1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades finales.

El caminar por la Luna es un viejo sueño que se convertía en realidad el 21 de julio de 1969, fecha en la que los dos astronautas norteamericanos, Neil A. Armstrong y Edwin A. Aldrin pisaban por primera vez el suelo de nuestro satélite. A continuación se reproduce un fragmento de su conversación (en el que interviene el Centro Director de Houston).

<b>Armstrong:</b>	Listo, Houston, estoy en el portal.
<b>Houston:</b>	Roger, Neil.
<b>Aldrin:</b>	Detente donde estás un minuto, Neil.
<b>Armstrong:</b>	De acuerdo.
<b>Aldrin:</b>	Todo está bien y en orden aquí.
<b>Houston:</b>	Muy bien, ¿puedes abrir la puerta un poco más?
<b>Aldrin:</b>	Perfecto.
<b>Houston:</b>	Ya tenemos la imagen por la televisión.
<b>Aldrin:</b>	Es buena la imagen, ¿eh?
<b>Armstrong:</b>	Está bastante contrastada y aparece al revés en el monitor. Pero vemos numerosos detalles.
<b>Houston:</b>	Ahora podemos verte bajando la escalera.
<b>Armstrong:</b>	Estoy al pie de la escalera. Ahora voy a salir del módulo lunar. Es solo un pequeño paso para un hombre pero un gran salto para la humanidad. La superficie es de polvo fino. Puedo removerlo fácilmente con la suela y los lados de mi bota. Mis pies se hunden solamente una pequeña fracción de pulgadas, tal vez un octavo, pero puedo ver las huellas de mis botas y las pisadas en las finas películas de arena... En realidad no hay ningún problema para caminar. En la sombra está bastante oscuro y me cuesta un poco ver si estoy caminando por donde debo. Buscaré mi camino a la luz del Sol, pero sin mirarlo directamente... Avanzaré y tomaré aquí mis primeras fotografías.
<b>Aldrin:</b>	¿Vas a tomar las muestras del suelo? Sí, está bien.
<b>Armstrong:</b>	Las muestras de suelo están abajo y están arriba. Es un poco difícil perforar la corteza. Es muy interesante. La superficie es muy blanda pero en algunos lugares, al introducir el colector de muestras, tropiezo con superficies muy duras; sin embargo parece haber un material uniforme con mucha cohesión. Procuraré llevar un trozo de roca de aquí.
<b>Houston:</b>	¡Oh! todo parece muy hermoso desde aquí...
<b>Armstrong:</b>	Tiene una belleza desolada muy característica...
<b>Aldrin:</b>	¿Listo para que yo salga?
<b>Armstrong:</b>	Sí. Pero aguarda un momento; tengo que pasar esto por encima de la baranda.
<b>Aldrin:</b>	¿Ya está?
<b>Armstrong:</b>	Perfecto, ya está. ¿Listo?
<b>Aldrin:</b>	Todo preparado... Será nuestra casa durante las próximas dos horas, tenemos que cuidarla. Estoy en el escalón superior. Es muy fácil saltar hacia abajo de un escalón al siguiente.
<b>Armstrong:</b>	Caminar también resulta muy cómodo.
<b>Aldrin:</b>	Hermosa vista.
<b>Armstrong:</b>	¿No es algo que vale la pena?

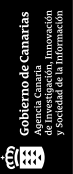
El 21 de julio de 1969, Aldrin y Armstrong con el Apolo XI pisan la superficie de la Luna.

- Indica la importancia de este acontecimiento en la conquista del espacio.
- Analiza la trascendencia de la conquista del espacio por la humanidad. ¿Qué motivaciones te parece que justifican este proyecto: las económicas, las de investigación sobre la vida humana en otros astros, las militares de poder o supremacía de las superpotencias, las de simple aventura, otras?
- Lee detenidamente el diálogo entre los dos primeros astronautas que pisaron la Luna y subraya y comenta las frases que más te llaman la atención sobre sus observaciones.
- Indica y describe algunas misiones espaciales anteriores que intentaron llegar a la Luna y otras posteriores que lo han hecho de nuevo.



**Recurso:** Especial *El Mundo*. 40 años en la Luna: 40 años del viaje del Apolo XI.

[http://www.elmundo.es/especiales/2009/07/ciencia/llegada\\_hombre\\_luna\\_1969/la\\_mision.html](http://www.elmundo.es/especiales/2009/07/ciencia/llegada_hombre_luna_1969/la_mision.html)



## A.6.5. Mujeres astrónomas

### 1. Lee los rasgos biográficos y realiza las actividades.

Caroline Herschel (1750-1848)



Igual que su padre, William Herschel, Caroline también se interesó por la Astronomía. Además de ayudar a su hermano en su trabajo, en el año 1780 empezó a buscar cometas con un reflector de 150 mm, construido por ella misma.

El 1 de agosto de 1786, cuando William estaba en Alemania, descubrió el primer cometa.

El segundo cometa descubierto por Carolina a finales de 1788 resultó ser un cometa periódico que regresaba cada 150 años. Descubrió dos cometas en 1790 y otro a finales de 1791. Su octavo y último hallazgo fue en 1797.

Henrietta Leavitt (1868-1921)



Fue una astrónoma americana de Harvard experta en análisis fotográficos de la luminosidad de las estrellas variables, técnica que aplicó a su formulación de la ley referente al período y la luminosidad de las Cepheid. Nos dio las claves de sus distancias relativas con respecto a nosotros. Las Cepheid nos dan la clave de nuestra galaxia. Henrietta Leavitt estudió las claves de unas veinticinco Cepheid en la Pequeña Nube de Magallanes –una de las galaxias más cercanas a nuestro sistema– y llegó a la conclusión de que cuanto más brillantes eran sus magnitudes medias más prolongados eran sus periodos de variación.

Eleanor Helin (1932-2009)



Eleanor Helin, descubridora de asteroides, empezó a trabajar en 1969 investigando una docena de asteroides Apolo. Estos asteroides se acercan a la Tierra de vez en cuando a medida que giran alrededor del Sol, y pueden golpearla. Utilizando la cámara Schmidt, de 450 mm de diámetro, en Monte Palomar, Helin empieza a buscar más asteroides. Recuerda aquellos difíciles días en que era la primera mujer que trabajaba allí regularmente: «Estoy segura de que en Palomar no creían que durara un año».

El programa de investigación de Heli continúa y ha descubierto numerosos asteroides y cometas. En la época del acuerdo de Camp David (1978), Helin descubrió un asteroide cercano a la Tierra al que llamó Ra-Salom, igual que el dios egipcio del Sol, Ra, y la palabra hebrea 'paz', en honor del acuerdo de paz alcanzado entre Israel y Egipto.

Carolyn Shoemaker (1929)



Carolyn empezó su carrera de Astronomía ayudando a su marido Eugene. Ella, en vez de buscar con el ocular, se especializó en buscar cometas y asteroides en películas fotográficas. En 1981, los Shoemaker estaban haciendo fotografías con el telescopio de 450 mm de Monte Palomar y el «ojo de águila de Carolyn», como dice su marido, empezó a encontrar objetos nuevos.

En 1983, Carolyn encontró su primer cometa. En 1991 ya eran veintiuno, y en 1993, treinta. Muchos cometas llevan su nombre.

- Busca información y completa las biografías, usando la ficha biográfica proporcionada por el profesor, de algunas de las astrónomas anteriores. Destaca sus aportaciones a la Astronomía.
- Busca información de otras astrónomas señalando sus principales aportaciones.

**Recurso: Mujeres en las estrellas. Ella es una Astrónoma.**

[http://astronomia2009.es/Proyectos\\_pilares/Ella\\_es\\_una\\_Astronoma/Proyectos.html](http://astronomia2009.es/Proyectos_pilares/Ella_es_una_Astronoma/Proyectos.html)



## 7. La observación del Universo en Canarias. El IAC

### Debes saber que . . .

- ✓ Los primeros estudios de los astrónomos consistían en pacientes observaciones a simple vista sobre el aspecto y posición de los astros del cielo. Así se identificaron, por ejemplo, las fases de la Luna, los planetas más cercanos del Sistema Solar y también las estrellas, y se las imaginaron formando agrupaciones que más tarde se denominaron constelaciones.
- ✓ Sin embargo, la observación del cielo a simple vista solo permitía estudiar una pequeña parte del Universo. Por esta razón se desarrollaron aparatos, instrumentos y técnicas de observación que han permitido obtener información de zonas muy lejanas del Universo o detalles de los astros más cercanos. Entre ellos destacan los telescopios y radiotelescopios, las sondas espaciales y las naves tripuladas.
- ✓ El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) es un centro de investigación español internacionalizado. Cuenta con dos sedes y dos observatorios en un entorno de excelente calidad astronómica, y en su conjunto constituye el Observatorio Norte Europeo (ENO). Al mismo pertenecen dos de los más importantes observatorios astronómicos del mundo, uno en el Roque de los Muchachos (La Palma) y otro en Izaña (Tenerife). Mientras que el de Izaña está especializado en el estudio del Sol, el del Roque de los Muchachos se dedica a la observación del espacio profundo.
- ✓ La excepcional calidad del cielo de Canarias para la observación astronómica es conocida por los científicos desde el siglo XIX, que realizaron numerosas expediciones científicas a Canarias con ese objetivo. Hoy la calidad del cielo de Canarias está protegida por la «Ley del Cielo». Su lema es «apaga una luz y enciende una estrella».
- ✓ El IAC es también uno de los promotores de la Conferencia Internacional Starlight 2007 en defensa de la calidad de los cielos nocturnos y el derecho general a la observación de la estrellas.



### A.7.1. Los cielos vistos desde Canarias

#### 1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades finales.

La historia contemporánea de la Astronomía en Canarias se inicia con las expediciones astronómicas del siglo XIX.

El astrónomo británico Piazzi Smyth visitó las islas en 1856 y fue uno de los pioneros en las investigaciones astronómicas desde las Islas Canarias. Demostró por primera vez que los sitios de gran altitud ofrecían claras ventajas para la observación astronómica. Llegó a esta conclusión después de observar el cielo desde diversos niveles en Tenerife, desde el mar hasta la montaña de Guajara (2.717 m) y Altavista (3.250 m), junto al pico del Teide.

Se debe al astrónomo inglés, Charles Piazzi Smyth, el que en la Luna existan unas montañas denominadas Montes de Tenerife y de Pico (Teide). Estas montañas se encuentran entre el gran cráter Platón y el Mare Imbrium, aunque bastante cerca de aquel.

Más adelante, en 1910, el astrónomo francés Jean Mascart vino expresamente a Canarias para ver el paso del cometa Halley. Mascart quedó tan satisfecho de las condiciones para la observación astronómica que ofrecían las cumbres de Tenerife que propuso la creación de un observatorio internacional en la Montaña de Guajara.

El eclipse total de sol visible desde las Islas Canarias en 1959 atrajo la atención de numerosos investigadores y astrónomos, lo que revitalizó la idea de crear un observatorio astronómico en estas islas.

En 1960, el profesor Francisco Sánchez (entonces recién terminada su carrera en la Universidad Complutense de Madrid) viene a Canarias para estudiar las condiciones astronómicas de la zona de Izaña, en Tenerife. Pronto prueba que las condiciones son excelentes e inicia la formación del primer grupo de astrofísica español ubicado en la Universidad de la Laguna. Este grupo de trabajo acabara formando el actual Instituto de Astrofísica de Canarias.

- Resume las principales expediciones astronómicas que se realizan en Canarias en el siglo XIX y principios del siglo XX.
- ¿Cuáles son las características de los cielos de Canarias que los hacen tan beneficiosos para la observación astronómica?
- Explica en qué consisten la Ley del Cielo canaria de 1988 y la conferencia Starlight 2007.



## A.7.2. El Gran Telescopio Canarias (GTC). EL GRANTECAN

### 1. Lee el siguiente texto y realiza un resumen del mismo.

#### EL CIELO DE CANARIAS...

De poco vale un gran telescopio si no lo cubre un magnífico cielo. El cielo de Canarias lo es, y ello lo convierte en un valioso recurso para la ciencia y la humanidad en general. Además una «Ley del Cielo» lo protege de la contaminación lumínica y atmosférica, controlando incluso las rutas aéreas sobre los **Observatorios del Teide**, en Tenerife, y del **Roque de los Muchachos**, en La Palma. Pocos lugares en el mundo igualan la calidad astronómica de las cumbres canarias, con sus cielos tan limpios y su atmósfera tan estable, consecuencia del régimen de los vientos alisios. A más de 2.000 metros sobre el nivel del mar, netamente por encima del «mar de nubes», ambos observatorios gozan de una atmósfera transparente, sin turbulencias y con una frecuencia de nubes muy baja. Y otra ventaja: el archipiélago se halla muy cerca del Ecuador, lo que permite observar todo el Hemisferio Norte y parte del Sur.

#### Y SUS INSTRUMENTOS

Los observatorios de Canarias acogen telescopios de más de sesenta instituciones de dieciocho países, cuyo conjunto constituye de hecho el **Observatorio Norte Europeo (ONE)**. Desde las islas se estudian los objetos más brillantes, como los cuásares que observa el **Telescopio Isaac Newton**; los más ocultos, como el agujero negro del centro de la Vía Láctea cuya existencia se confirmó gracias al Telescopio William Herschel; también objetos muy débiles, como las enanas marrones —estrellas que no llegaron a serlo y por tanto no brillan— que observa el Telescopio Óptico Nórdico; y aquellos más violentos, cuya radiación gamma estudia el **Telescopio MAGIC**. Se confeccionan catálogos de objetos celestes gracias al **Telescopio Meridiano Carlsberg**, capaz de observar más de cien mil estrellas en una noche clara. Y Canarias es también un referente para la observación diurna, que se dedica en exclusiva a nuestra estrella más cercana: un laboratorio solar y cinco telescopios solares avalan al archipiélago como uno de los mejores enclaves mundiales para la observación del Sol.

#### EL GRANTECAN. EL CAZADOR DE GALAXIAS

El **Gran Telescopio de Canarias (GTC)** fue inaugurado el **13 de julio de 2007** en el Observatorio del Roque de los Muchachos de La Palma, con la ceremonia de la «primera luz» del telescopio.

El Gran Telescopio de CANARIAS (GTC) es un **telescopio reflector**, es decir, que emplea espejos en lugar de lentes para recoger la luz. Cuenta en su diseño con las últimas innovaciones tecnológicas y es uno de los telescopios más avanzados en la actualidad.

El espejo primario del GTC fue pensado para alcanzar un tamaño de 10 m de diámetro, para lo cual fue necesario diseñar y fabricar un espejo segmentado, ya que sería imposible la manipulación y el traslado de un espejo único de ese tamaño. Este está compuesto por 36 piezas hexagonales que, unidas, tienen un tamaño equivalente al de un espejo circular de 10,4 m de diámetro. Aparte del espejo primario, se utilizan un espejo secundario y un tercer espejo para enviar la luz a los focos donde se ubican los instrumentos científicos.

El GTC podrá llegar a «ver» los objetos más distantes y los más débiles de nuestro Universo. Entendamos esto como un viaje en el tiempo: la luz que recibimos de los objetos más alejados del Universo empezó su viaje hace unos 14.000 millones de años, por lo que podremos obtener respuesta a muchas preguntas sobre la creación del Universo conocido.

Con el GTC distinguiremos sistemas planetarios en estrellas de nuestros alrededores, podremos conocer la materia oscura, descubrir, oculto tras las densas nubes moleculares, el «nacimiento» de estrellas, «ver» las galaxias más alejadas y los cuásares, estudiar más a fondo las características de algunos agujeros negros y su evolución, o saber cuáles son los componentes químicos creados tras el *Big Bang*. Hallar planetas similares al nuestro en otras estrellas es una de las metas emblemáticas del GTC.

- Realiza un resumen del texto recogiendo las ideas principales.
- ¿Qué es un telescopio? ¿Qué es el Gran Telescopio de Canarias (GTC)?
- ¿Qué veremos con el GTC? ¿Cómo funciona el GTC?
- ¿Cuáles son las ventajas del GTC? ¿Qué instrumentos utilizará?
- ¿Qué ventajas tiene estar en Canarias? ¿Qué otros países participan en el GTC?
- ¿No es mejor observar desde el espacio?
- ¿Cómo se fraguó la idea de la construcción del GTC y quién la promueve?  
¿Cuáles son sus objetivos?

**Recurso:** <http://www.elmundo.es/especiales/2007/07/ciencia/telescopio/graficos/grantecan/grafico.html>





## A.7.3. Visiona el vídeo «Cielo, Mar y Tierra de Canarias» Canarias Innova TV-IAC

Recurso: Web Astrofísica: [http://www.canariasinnova.es/oficial/cielo\\_mar\\_tierra\\_dvd.php](http://www.canariasinnova.es/oficial/cielo_mar_tierra_dvd.php)

### 1. Realiza las actividades que te proponen a continuación.

#### LOS CIELOS

1. Realiza un resumen de las ideas principales que aparecen en el vídeo.
2. ¿Qué unidades de medida se suelen utilizar para medir distancias en el Universo?
3. ¿Qué es el año luz?
4. ¿Cuántos kilómetros recorre la luz en un segundo?
5. ¿Cuáles son las dimensiones del Universo?
6. ¿Cuándo salió o fue emitida la luz de las Pléyades que hoy vemos desde la Tierra?
7. ¿A qué distancia están entonces las Pléyades de la Tierra?
8. ¿Cuándo tarda en alcanzar la Tierra la luz emitida por el Sol? ¿A qué distancia se encuentra de nosotros?
9. ¿Por qué decimos que una mirada al cielo es una mirada al pasado? ¿Qué se ve con los telescopios?
10. ¿Hace cuántos años se formó el Universo?
11. ¿Qué es el *Big Bang*?
12. ¿Qué pasó después del *Big Bang*?
13. ¿Qué es la radiación cósmica de fondo o eco del *Big Bang*?
14. ¿En qué consiste el Experimento Cosmosomas?
15. ¿Qué es una galaxia? ¿De dónde viene su nombre? ¿Cuántas galaxias se conocen?
16. ¿Cómo se llama nuestra Galaxia? ¿Cuáles son sus características? ¿Cuántas estrellas tiene una Galaxia?
17. ¿Quiénes viajan por nuestra Galaxia?
18. ¿Qué son el Grupo Local y el Supercúmulo Local?
19. ¿Qué es la materia luminosa del Universo? ¿Por qué está formada? ¿En qué proporción se encuentra?
20. ¿Qué es la materia oscura? ¿Por qué está formada? ¿En qué proporción se encuentra?
21. ¿Cuál es el origen de una estrella? ¿Cómo son las estrellas? ¿De qué dependen su evolución y su final? ¿Cómo surge una supernova? ¿Qué es un agujero negro? ¿Por qué no se ven?
22. ¿Qué tipo de telescopio es el IAC 80? ¿Qué se descubrió con él en 1995?
23. ¿Qué es una enana marrón? ¿Dónde se descubrieron por primera vez? ¿Qué nombre recibió la primera enana marrón? ¿Quién la descubrió?
24. ¿Qué son los exoplanetas? ¿Qué importancia tiene su estudio? ¿Qué puede existir en alguno de ellos?
25. ¿Por qué tienen tanta calidad los cielos de Canarias? ¿Cuáles son sus características?
26. ¿Qué es el mar de nubes?
27. ¿Cuáles son los dos Observatorios Astronómicos de Canarias? ¿Dónde se encuentran? ¿Cuáles son sus características y sus líneas de investigación? ¿Qué tipo de observaciones realiza cada uno de ellos?
28. ¿Qué es el Observatorio Norte Europeo (ENO)?
29. ¿Qué es el GRANTECAN (GTC)? ¿Dónde se encuentra? ¿Cuáles son sus características? ¿Cuánto mide su espejo primario? ¿En cuántos segmentos se divide el mismo? ¿Qué se puede ver con él?
30. ¿Qué características tiene nuestra estrella el Sol? Indica qué son las fulguraciones, las protuberancias y el viento solar.
31. ¿De dónde obtiene su energía el Sol?





32. ¿Qué edad tiene el Sol? ¿Cuándo dejará de brillar y desaparecerá? ¿En qué se transformará entonces?
33. ¿Qué mantiene unidos a los planetas del Sistema Solar? ¿Por qué flotan en el espacio? ¿Qué tipos de movimientos tienen?
34. ¿Cuáles son los planetas del Sistema Solar? ¿Qué son los anillos de Saturno?
35. ¿Por qué se cree que solo existe «vida» parecida a la nuestra en la Tierra?
36. ¿Por qué cambian las fases de la Luna? ¿Qué son las constelaciones? ¿Qué es el Zodiaco?
37. ¿Qué es un eclipse? ¿Cuántos tipos de eclipses hay? ¿Qué se oculta en un eclipse de Sol?
38. ¿Por qué es una hora menos en Canarias con respecto a la Península? ¿Qué es el Meridiano 0?
39. Explica por qué existen el día y la noche y por qué existen las estaciones del año.
40. Realiza una tabla en la que recojas las principales características de los planetas del Sistema Solar. Realiza un informe más completo de uno de los planetas.

Planetas	Tamaño	Distancia al Sol	Lunas	Atmosfera – Tª	Otras Características
Mercurio					
Venus					
La Tierra					
Marte					
...					

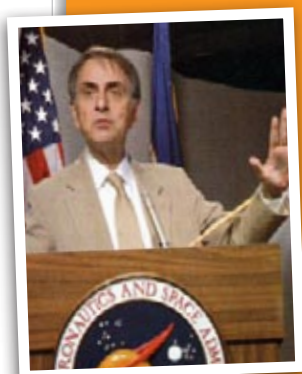
## A.7.4. Biografías de astrofísicos

1. Lee los siguientes resúmenes biográficos y complétalos a partir de la ficha u orientación que te facilitarán

### Carl Sagan (1934-1996)

Astrofísico estadounidense y conocido divulgador científico. Fue profesor en las Universidades de Harvard y Cornell.

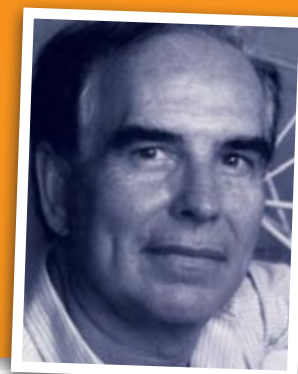
Sus investigaciones más importantes se centraron en los planetas del Sistema Solar. Se interesó también por el origen de la vida y por la vida extraterrestre. Pero si fue universalmente conocido, esto se debió a su serie de televisión *Cosmos*, dedicada a todos aquellos aspectos que le fascinaron: la exploración de otros planetas, el origen y la evolución de la vida en la Tierra, los viajes interestelares. Participó en la exploración espacial en las misiones Mariner, Viking, Voyager y Galileo. Promotor del proyecto SETI (Búsqueda de inteligencia extraterrestre). Medalla de la NASA y de la Academia de Ciencias Americana. Premio Pulitzer.



### Francisco Sánchez

Director y fundador del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).

Pionero y promotor de la Astrofísica en España, ha dedicado su vida a impulsar la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Impulsó la construcción del mayor y más avanzado telescopio del mundo: el Gran Telescopio de Canarias. Además, es el creador de los observatorios de Canarias, que tienen instrumentación de más de sesenta instituciones científicas de dieciocho países y constituyen el Observatorio Norte Europeo (ENO). Ha realizado un continuado y relevante trabajo en Canarias para estimular la actividad científica y tecnológica en el campo de la Astrofísica. Premio Canarias de Investigación en 1996.



## Especial Andalucía Investiga 2009. Año Internacional de la Astronomía

### 100 preguntas sobre el Universo

Selecciona algunas preguntas de tu interés y busca posibles respuestas.

<http://astrogranada.files.wordpress.com/2009/03/especialastros.pdf>

1. ¿Qué es una supernova?
2. ¿Qué es una nebulosa planetaria?
3. ¿Hasta dónde se extiende el Sistema Solar?
4. ¿De dónde proviene el nombre de Vía Láctea?
5. ¿De qué se compone el medio interestelar?
6. ¿Cómo se disponen las galaxias en el cosmos?
7. ¿Cómo podemos determinar la edad de una estrella?
8. ¿Qué es un púlsar?
9. ¿Cuál es el planeta más caliente?
10. ¿Qué cuerpos componen el Sistema Solar?
11. ¿Cuántas categorías de objetos existen en nuestro Sistema Solar?
12. ¿Han sido siempre las galaxias como son ahora?
13. ¿Permanecen las estrellas inalterables toda su vida?
14. ¿Cuál es la temperatura en el espacio?
15. ¿Qué es una enana blanca?
16. ¿Qué son los cuásares?
17. ¿Hay diferentes tipos de planetas? ¿Por qué los planetas son tan diferentes entre sí?
18. ¿Cuál es el planeta más grande del Sistema Solar?
19. ¿Todos los planetas del Sistema Solar tienen satélites?
20. ¿Por qué algunos planetas tienen anillos?
21. ¿Por qué Plutón ya no es un planeta?
22. ¿Cuál es el mayor satélite del Sistema Solar?
23. ¿Es la Tierra el único cuerpo celeste del Sistema Solar con océanos?
24. ¿Cómo se genera la energía que emiten las estrellas?
25. ¿Qué importancia tenía la Astronomía en Al-Andalus? ¿Y en Canarias?
26. ¿Qué es la energía oscura?
27. ¿Cuál es el tamaño de nuestra galaxia?
28. ¿Qué se conoce como Grupo Local?
29. ¿Se sabe cómo se originó el Universo?
30. ¿Qué es la materia oscura?
31. ¿Qué planeta es el más caluroso?
32. ¿Dónde se encuentran situados los asteroides en el Sistema Solar?
33. ¿Existen programas de vigilancia de asteroides potencialmente peligrosos?
34. ¿Cómo se asocian las estrellas en la Vía Láctea? Binarias, cúmulos abiertos, cúmulos globulares.
35. ¿Qué diferencia un asteroide de un cometa?
36. ¿De qué se compone un asteroide?
37. ¿Impactará un asteroide contra el planeta Tierra?
38. ¿Cómo se originan los asteroides?
39. ¿Cuál es el asteroide más grande conocido?
40. ¿Qué son el halo, el disco y el bulbo?
41. ¿Qué información podemos obtener de los cúmulos globulares?
42. ¿Qué diferencia existe entre un meteoro y un meteorito?
43. ¿Qué son los objetos transneptunianos?
44. ¿Estamos solos en el Universo?
45. ¿Es cierto que el impacto de un asteroide acabó con los dinosaurios?
46. ¿Qué son las Lágrimas de San Lorenzo?
47. ¿Qué es el solsticio?
48. ¿Cuándo comienza la carrera espacial?
49. ¿Quién fue el primer ser vivo en viajar al espacio?
50. ¿Dejará el Sol de brillar algún día?
51. ¿Qué estructura tiene el Sol?
52. ¿Quién hizo el primer mapa del Universo?
53. ¿Qué es una galaxia?
54. ¿Cuántas estrellas hay en el firmamento?
55. ¿Qué es el Camino de Santiago?
56. ¿Qué es la ESA?



57. ¿Se puede contaminar el espacio?
58. ¿Quién inventó el telescopio?
59. ¿Qué estudia la radioastronomía?
60. ¿Hay glaciares en Marte?
61. ¿Qué es la Estación Espacial Internacional?
62. ¿Quién fue la primera mujer que voló al espacio?
63. ¿Cuántas comidas realizan los astronautas?
64. ¿Cómo mantienen su higiene personal los astronautas en el espacio?
65. ¿Cuándo y cómo se formó el Sol?
66. ¿Quién fue Galileo Galilei?
67. ¿Cuántos años tiene el Universo?
68. ¿Qué son las tormentas solares y cómo afectan a la Tierra?
69. ¿Cuál es el tamaño de nuestra galaxia?
70. ¿Qué es la microgravedad?
71. ¿Cuándo nace la NASA?
72. ¿Cuántas constelaciones hay en el firmamento?
73. ¿Se puede hacer turismo espacial?
74. ¿Cuándo llegará la primera nave europea a la superficie de Marte?
75. ¿Qué es un exoplaneta?
76. ¿Qué es la astrosismología?
77. ¿Cómo se detectan los planetas extrasolares?
78. ¿Existen diferentes tipos de galaxias?
79. ¿Qué instrumentación se utiliza para realizar astrosismología?
80. ¿Qué estructura tiene una galaxia?
81. ¿Qué es la astronomía?
82. ¿Cuál es la supernova más joven de la Vía Láctea?
83. ¿Cómo se investigan los astros?
84. ¿Cuál es el telescopio más grande del mundo?
85. ¿Dispone Andalucía de una normativa para proteger el cielo? ¿Y Canarias?
86. ¿Qué se podrá ver a través del Gran Telescopio de Canarias?
87. ¿Cuándo se vio por primera vez la cara oculta de la Luna?
88. ¿Qué es el Tratado del Espacio Exterior?
89. ¿Qué es un telescopio?
90. ¿Qué edad tiene la Tierra?
91. ¿Cuáles son las capas más importantes del planeta Tierra?
92. ¿Cuándo se difundió la primera imagen de la Tierra desde la Luna?
93. ¿Cuál es la definición de equinoccio?
94. ¿Quién descubrió el movimiento del Sol en el espacio?
95. ¿De dónde proviene la palabra Universo?
96. ¿Qué es la zona de habitabilidad estelar?
97. ¿Cuándo volverá el hombre a la Luna?
98. ¿Qué es el Proyecto Hubble?
99. ¿Qué es una explosión de rayos gamma?
100. ¿Cuántos centros astronómicos existen en Andalucía? ¿Y en Canarias?

**Recurso:** Observando cuerpos celestes. El catálogo Messier.

[http://www.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/fotos-catalogo-messier.html?x1=20070417klpcnatun\\_97.Zes&x=20070417klpcnatun\\_293.Kes](http://www.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/fotos-catalogo-messier.html?x1=20070417klpcnatun_97.Zes&x=20070417klpcnatun_293.Kes)



## E. EJEMPLIFICACIÓN. WebQuest: «Nuestro lugar en el Universo»



### A.E.1. Investigando en la Web sobre el Universo

#### WebQuest

##### 1. Introducción:

Desde épocas muy remotas, distintos pueblos han alzado sus ojos hacia el cielo tratando de descifrar los misterios que plantean los astros. Las explicaciones de los fenómenos celestes han abundado desde la Prehistoria, pasando por las culturas de la Antigüedad Clásica, hasta nuestros días. Mientras las primeras teorías se basaban en mitos y leyendas más o menos fantásticas, las actuales se fundamentan en los resultados obtenidos por ramas de la ciencia moderna tales como la Física, la Astrofísica o la Cosmología (ver recuadro). Conocer y distinguir los diferentes cuerpos que pueblan el espacio, sean cercanos, como los planetas y sus satélites, o lejanos, como es el caso de las galaxias o cúmulos de galaxias, es el objeto de la Astronomía, considerada con justicia la ciencia más antigua. Son muchas las preguntas que nos podemos hacer, por ello esta pequeña investigación usando la Web nos debe permitir conocer mejor el Universo y nuestro lugar en él. Por eso la pregunta central de la WebQuest es ¿Cuál es nuestro lugar en el Universo?

**2. Tarea:** Debes buscar información para **realizar un trabajo monográfico**, en pequeño grupo, en formato escrito y audiovisual, sobre los temas propuestos, sobre el tema elegido y también para **contestar las actividades finales**.

Con los temas propuestos, debes elaborar un informe sobre los aspectos que consideres más destacables del Universo, en formato de Word o en Power Point para hacer una presentación, incluyendo fotografías, gráficos, animaciones o secuencias de vídeo, etc.



Imagina que trabajas para una cadena de TV y te han encargado dos trabajos:

- Un reportaje audiovisual** para celebrar el aniversario de la llegada del hombre a la Luna.
- Un reportaje escrito, gráfico y audiovisual** sobre el Universo para difundirlo en Internet.

**Actividades:** (las respuestas deben recogerse dentro de los informes y trabajos presentados)

- ¿Qué sabe la ciencia hoy sobre el Universo?
- ¿Qué sabemos sobre su movimiento, su edad y su forma?
- ¿Cómo se inició el Universo?
- ¿Cómo se miden las distancias?
- ¿Qué dimensiones tiene el Universo?
- ¿Cuántos tipos de astros hay?
- ¿Cuál es el origen y evolución de una estrella? ¿Cómo obtiene su energía?
- ¿Crees que puede haber sido un montaje la llegada de los astronautas del Apolo 11 a la Luna el 21 de julio de 1969? ¿Quiénes y por qué sostienen esa idea?
- ¿Cuáles son las características de los cielos de Canarias?

**3. Proceso:** Se formarán grupos de 4 entre el alumnado de la clase. Los papeles que jugarán dentro de cada grupo serán: un astrónomo, un físico, un periodista y un informático. Debes realizar un plan de trabajo en equipo que incluya el reparto de tareas entre los miembros del grupo, compartiendo entre todos la información encontrada y elaborada, que nos permita realizar las tareas propuestas en dos o tres semanas.

Reúne información sobre los siguientes **temas propuestos** que deben aparecer en los reportajes:

- Los primeros astrónomos.
- La expansión del Universo.
- El origen del Universo: Teoría del *Big Bang*.
- La materia oscura y la energía oscura del Universo.
- Las medidas de las distancias en el Universo. Unidades de medida de las principales magnitudes.
- El nacimiento, evolución y muerte de las estrellas.
- Exploración del espacio. La llegada de los humanos a la Luna.
- Los cielos vistos de Canarias. Observatorios canarios. Líneas de trabajo y, principales telescopios.



**4. Recursos:** Consulta libros de la biblioteca, prensa y revistas, y visita las siguientes páginas Web:

**Astronavegador:** <http://www.astronavegador.com/index.htm>

**La aventura de las partículas:** <http://www.particleadventure.org/spanish/index.html>

**Atlas del Universo:** <http://www.atlasoftheuniverse.com/espanol/index.html>

**Cosmología:** <http://w3.cnice.mec.es/tematicas/cosmologia/index.html>

**Instituto Astrofísico de Canarias (IAC):** <http://www.iac.es/>

**Astronomía educativa:** <http://www.astronomia.com>

**5. Evaluación de la WebQuest:** (Rúbrica)

La evaluación puede ser realizada combinando la heteroevaluación, la coevaluación entre el alumnado y la autoevaluación. Contiene cuatro criterios de calificación: excelente, buena, insuficiente o deficiente. Los porcentajes de los diferentes aspectos que hay que evaluar son orientativos.

	De excelente a buena (según el logro)	De insuficiente a deficiente (según el logro)
<b>Fuentes</b> (5%)	Registros cuidadosos y precisos, o al menos aceptables en la información, e imágenes en la presentación.	Las fuentes no están documentadas de forma precisa ni son registradas en información o en las imágenes, o no se citan las fuentes.
<b>Atractivo y organización</b> (5%)	La presentación tiene un formato atractivo y una información de muy bien organizada a aceptable.	El formato de la presentación y la organización del material son confusos o inexistentes. Los diferentes apartados aparecen sin separar.
<b>Mapas y fotografías</b> (5%)	Combinación de texto y gráficos de muy buena a adecuada.	Los mapas y fotografías no van con el texto. Aparentan haber sido escogidos sin ningún orden o son inexistentes.
<b>Ortografía y revisión</b> (5%)	No presenta errores ortográficos o estos son mínimos.	Contiene varios errores de ortografía en la presentación o los errores son muy numerosos.
<b>Claridad</b> (5%)	Cada sección en la presentación tiene una introducción, un desarrollo y una conclusión clara o aceptable.	No tiene una introducción, un desarrollo y una conclusión claros, o no hay ninguna claridad.
<b>Argumentación</b> (5%)	La presentación impacta, es convincente e invita a la acción o reflexión de los asistentes, o al menos en algunas partes.	La presentación no es convincente ni invita a la acción o reflexión de los asistentes, o tiene contradicciones y nula fundamentación.
<b>Pertinencia</b> (5%)	Toda la información, mapas y fotografías de la presentación se refieren al tema central propuesto, o en algunas partes.	Gran parte de la información, mapas y fotografías de la presentación no se refieren al tema central propuesto o no tienen ninguna relación.
<b>Escritura-Gramática</b> (5%)	No hay errores gramaticales en la presentación o son casi inexistentes.	Hay algunos errores gramaticales en la presentación o son muy numerosos.
<b>Contenido-Precisión</b> (10%)	Toda la información en la presentación es correcta o su gran mayoría.	Gran parte de la información en la presentación es incorrecta, o es imprecisa e incorrecta.
<b>Grado de conocimiento del tema</b> (10%)	Todos los estudiantes en el grupo pueden contestar adecuadamente todas las preguntas, o casi todas, relacionadas con la información en la presentación y con el proceso técnico usado para crearlo.	Varios estudiantes en el grupo parecen tener poco conocimiento sobre la información y procesos técnicos usados en la presentación, o no saben casi nada del trabajo presentado.
<b>Culminación</b> (10%)	Se completó el informe con todas las actividades o su gran mayoría.	El informe quedó incompleto. Faltaron actividades por contestar o la gran mayoría.
<b>Esfuerzo</b> (10%)	El trabajo final demuestra que los alumnos se esforzaron al máximo o al menos lo suficiente.	El trabajo final demuestra que los alumnos se esforzaron poco o nada.
<b>Exposición y defensa del trabajo</b> (20%)	Todos los estudiantes o la mayoría del grupo participan exponiendo la parte de su trabajo con claridad y corrección.	No participan todos los estudiantes del grupo o no exponen la parte de su trabajo con claridad y corrección, o no lo hace ninguno.

**6. Conclusión:** Una vez finalizados los trabajos, y expuestos en clase los reportajes y los informes escritos y audiovisuales, se puede abrir una mesa redonda y un debate con todos los grupos participantes. La mesa redonda abordará las dificultades encontradas en la elaboración de los trabajos y cómo se han resuelto. Así mismo, se establecerá un debate sobre el Universo, con un presentador y moderador. Se terminará con un análisis o evaluación de los resultados y las conclusiones.



## F. GRANDES RETOS DE LA CIENCIA

### Lo que les queda por saber a los científicos

Sabemos muchas cosas del Universo, pero aún quedan muchas cosas por saber. Analiza y comenta alguna de las preguntas que aún no tienen respuesta.

#### ¿De qué está hecho el Universo?

Las personas, esta publicación, el aire que respiras y las lejanas estrellas están formados por protones, neutrones y electrones. Hasta hace veinte años, los científicos pensaban que toda la materia del Universo estaba formada por esta «materia ordinaria», pero ahora sabemos que solo supone el 5% de toda la materia que existe.

Midiendo el movimiento de las estrellas y del polvo interestelar, los astrónomos pueden medir el «peso» de las galaxias. Pero la masa calculada es muy superior a la que se puede asociar a las estrellas, al gas y al polvo que se observa mediante telescopios. Estas discrepancias han sido confirmadas por el descubrimiento de lentes gravitatorias, distorsiones de la luz producidas por la presencia de materia. Esta clase de materia que no puede ser detectada mediante telescopios, ya que no emite ni refleja ningún tipo de luz, ha recibido el nombre de «materia oscura», y su naturaleza es todavía un misterio, así como tampoco conocemos la naturaleza de la energía oscura, responsable de la aceleración de la expansión del Universo.

#### ¿Estamos solos en el Universo?

¿Solos en todo el espacio? Seguramente no. Los números son esclarecedores: varios cientos de miles de millones de estrellas en nuestra galaxia, cientos de miles de millones de galaxias en el Universo observable y cerca de 200 planetas descubiertos hasta ahora en las inmediaciones de nuestro Sistema Solar.

Los científicos están convencidos de que la vida también ha debido aparecer en otros lugares del Universo. En esto hay casi unanimidad. Pero la pregunta clave no es esta, la gran cuestión es cuándo, si lo logramos algún día, dispondremos de la tecnología necesaria para buscar y detectar vida extraterrestre. Hay científicos que piensan que, con un poco de suerte, esto puede ocurrir en los próximos 25 años. ¿Existirá vida en otros mundos? ¿Cómo será la vida allí? ¿Estará basada también en el carbono? ¿Existirán seres inteligentes con tecnología avanzada en otros mundos?

#### ¿Cómo y cuándo se formaron las primeras galaxias y estrellas?

Aunque ya disponemos de gruesas pinceladas, los detalles finos sobre esta cuestión aún nos son desconocidos. Los datos obtenidos por los satélites y por los telescopios terrestres nos han ayudado a señalar, entre otras particularidades, cuándo comenzó la primera generación de estrellas a quemar la «niebla» de hidrógeno que llenaba el Universo. ¿Cómo será el final del Universo? ¿Una expansión ilimitada o su destrucción, *Big Rip*, a manos de la energía oscura?



## G. AUTOEVALUACIÓN

- Copérnico demostró que los movimientos planetarios se explicaban de una forma totalmente diferente de la que se había usado hasta ese momento. ¿En qué teoría se basó?  
a) Geocentrismo.                      b) Heliocentrismo.                      c) Planetocentrismo.
- Una de las pruebas más fuertes que confirman la teoría del *Big Bang* está basada en el estudio del espectro luminoso de galaxias lejanas, ¿en qué efecto se basan estos estudios?  
a) Efecto Slipher.                      b) Efecto del corrimiento hacia el rojo.                      c) Efecto Dopler.
- Si la densidad de la materia es igual a la densidad crítica del Universo, el Universo se:  
a) Expandirá.                      b) Contraerá.                      c) Estabilizará.
- La hipótesis nebular afirma que...  
a) En un principio existía un protosol sobre el cual se crearon los planetas.  
b) En un principio existía una nube de gas y polvo que se contrajo debido a fuerzas por movimientos de traslación.  
c) En un principio existía una nube de gas y polvo que se contrajo debido a fuerzas de atracción gravitatoria.
- Indica qué afirmaciones son correctas:  
a) La teoría cosmológica de la «gran explosión» (*Big Bang*) dice que el Universo tiene una edad aproximada de 70013 millones de años y que tras la expansión inicial actualmente está en contracción.  
b) El Universo se expandió a partir de un estado inicial extremadamente caliente y denso con propiedades desconocidas (una singularidad), donde todo lo que hoy es el Universo estaba comprimido en un punto muy pequeño (infinitesimal).  
c) Durante la Fase Inflacionaria, el Universo pasó por una fase de crecimiento muy rápido.  
d) Al expandirse, las fluctuaciones de densidad (habría zonas con más materia), inicialmente muy pequeñas, dieron lugar a regiones (de densidad mayor) en las que la materia se agrupó en estrellas, galaxias y otros objetos.
- El Universo seguirá expandiéndose indefinidamente si...  
a) Es esférico.                      b) Es cerrado.  
c) Es plano.                      d) Es abierto.
- Indica qué afirmaciones son correctas:  
a) Una estrella es una esfera formada principalmente por nitrógeno y helio que genera constantemente energía en su interior mediante reacciones de fisión nuclear.  
b) Las estrellas existen gracias al equilibrio entre fuerzas contrarias: la fuerza gravitatoria que mantiene unida la estrella y la presión de radiación (producida por reacciones termonucleares) que tiende a separarla.  
c) Las estrellas nacen en los centros galácticos de dimensiones colosales.  
d) Para que se forme una estrella, la nube molecular tiene que fragmentarse. Cada fragmento experimenta un proceso de contracción gravitatorio hasta alcanzar la densidad de la estrella.
- Indica qué afirmaciones son correctas:  
a) Durante gran parte de la vida de la estrella la energía la obtiene de la fusión del hidrógeno. Esta etapa de la vida de la estrella se conoce como Secuencia Principal.  
b) Cuando la estrella ha agotado casi todo el hidrógeno de su núcleo no puede mantener las reacciones termonucleares y se hunde bajo su propio peso, como consecuencia se calienta y será capaz de fusionar el helio dando carbono y, agotar el helio, fusionará el carbono dando oxígeno.  
c) Las estrellas de masa baja e intermedia no conseguirán fusionar los átomos de carbono y oxígeno en elementos más pesados. La estrella se expande y se vuelve más fría y luminosa, proceso que la convierte en una gigante roja.  
d) En una supernova se genera una onda de choque de tal magnitud que da lugar a la formación de los elementos más ligeros del sistema periódico.
- Todos los elementos químicos del Universo...  
a) Tienen el mismo origen.      b) Tienen como elemento primario original el hidrógeno.  
c) Se producen directamente por la fusión del helio.      c) Se produjeron a la vez en el *Big Bang*.
- El objetivo fundamental de la misión espacial Galileo fue el estudio del planeta...  
a) Marte.      b) Júpiter.      c) Venus.      d) Saturno.



## H. PARA SABER MÁS: BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- AGUILERA y Otros. *Ciencias de la Tierra y del Universo*. Santillana-El País. Madrid. 2005.
- ASIMOV, I. *El universo*. Alianza Editorial. Madrid. 1981.
- FERNÁNDEZ, F. y GONZÁLEZ, O. *Iniciación a la Astronomía*. Editorial Afortunadas. Tenerife. 1999.
- GAMOW, G. *La creación del Universo*. RBA. Biblioteca de divulgación científica. Barcelona. 1993.
- GRIBBIN, J. *Biografía del Universo*. Crítica. Barcelona. 2007.
- HAWKING, S. *El Universo en una cáscara de nuez*. 2002.
- HAWKING, S. *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía. Nicolás Copérnico, Galileo Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton y Albert Einstein*. Editorial Crítica. Barcelona. 2003.
- HAWKING, S. *Agujeros negros y pequeños universos*. Plaza y Janés. Barcelona. 1993.
- HEMLEBEN, J. *Galileo. Biblioteca Salvat de Grandes Biografías*. Salvat Editores. Barcelona. 1988
- LAROUSSE. *Observar el cielo. Guías de Astronomía*. Larousse. Barcelona. 2004.
- LAROUSSE, Descubre. *El Universo: la observación del cielo. El Sistema Solar. Estrellas y galaxias. La exploración del espacio*. Larousse. Navarra. 2001.
- MORENO, R y MORENO, A. *Taller de Astronomía*. Akal. Madrid. 1996.
- REES, M. *Universo*. Madrid. Pearson – Alhambra. Crítica. Barcelona. 2006.
- SAGAN, C. *Cosmos. «Una evolución cósmica de quince mil millones de años que ha transformado la materia en vida y consciencia»*. 18ª edición. Planeta. Barcelona. 2000.
- SAGAN, Carl. *La conexión cósmica*. RBA. Biblioteca de divulgación científica. 2000.
- Astro Red: <http://www.astromia.com>
- Astromía: <http://hubblesite.org>
- Telescopio espacial Hubble: <http://hubblesite.org>
- Instituto de Astrofísica de Canarias: <http://www.iac.es>
- NASA. Pagina inicial: <http://www.nasa.gov/> y <http://ciencia.nasa.gov/>
- NASA. Fotografías planetarias: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/>
- Sociedad Española de Astronomía (SEA): <http://sea.am.ub.es/>
- Revista Universo: <http://www.liada.net/universo/universo.htm>
- Revista Astronomía. Revista Internacional de Astronomía: <http://www.astro-digital.com/>
- Revista Astronomía, Astrofísica y exploración espacial: <http://elsegundoluz.com/revista/>
- Revista del Instituto Astrofísico de Andalucía (IAA): <http://www.iaa.es/revista/>
- Observatorio del Roque de los Muchachos: <http://www.telescopios.org/roque.htm>
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA): <http://www.inta.es/>
- Agrupación Astronómica de Gran Canaria (AAGC): <http://astrosurf.com/aagc/>
- Agrupación Astronómica de Tenerife (AAT): <http://perso.wanadoo.es/astrotenerife/>
- Astrofotografía: <http://www.astrofotografia.es/foro>
- Espacio profundo: <http://www.espacioprofundo.com.ar>
- Cartes du ciel: <http://cartes-du-ciel.iespana.es>
- Misiones de la NASA: <http://www.jpl.nasa.gov>
- Sitio en español de la NASA: <http://www.lanasa.net>
- Información en español sobre exoplanetas: <http://perso.wanadoo.es/antoni.salva>
- Noticias sobre exoplanetas: <http://www.obspm.fr/encycl/es-encycl.html>
- Software astronómico: <http://www.softonic.com/windows/astronomia>





# NATIONAL GEOGRAPHIC

ESPAÑA

## La conquista del espacio

40 AÑOS  
DEL PRIMER  
ALUNIZAJE



TORTUGAS LAÚD, ANTIGUAS NAVEGANTES  
CRISIS ALIMENTARIA: EL FIN DE LA ABUNDANCIA  
BAJO EL SUELO DE YELLOWSTONE  
TESOROS HUNDIDOS EN EL MAR DE JAVA

3,50 € PVP CANARIAS 3,65 €  
9 771138 143006 25002