



Cultura Científica

SERIE **EXPLORA**

El libro Cultura Científica 4, para cuarto curso de ESO, es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el Departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L., dirigido por **Teresa Grence Ruiz**.

En su elaboración ha participado el siguiente equipo:

Francisco Anguita Virella
Ana Isabel Henche Ruiz
Antonio José Hidalgo Moreno
Miguel Ángel Madrid Rangel
Julia Manso Prieto
Alberto Peña Pérez

EDICIÓN

Belén Álvarez Garrido
Julia Manso Prieto

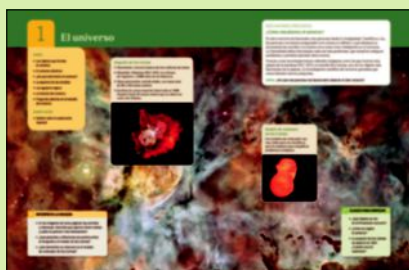
EDITOR EJECUTIVO

Juan Ignacio Medina Crespo

DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Antonio Brandi Fernández

Las actividades de este libro no deben ser realizadas en ningún caso en el propio libro. Las tablas, esquemas y otros recursos que se incluyen son modelos para que el alumno los traslade a su cuaderno.



1. El Universo 8

Los objetos que forman el Universo
 El Universo dinámico
 ¿De qué está hecho el Universo?
 La alquimia de las estrellas
 Los agujeros negros
 La historia del Universo
 Preguntas abiertas en el estudio del Universo
 SABER HACER: Debatir sobre la exploración espacial
 CIENCIA EN TU VIDA: El Gran Telescopio Canarias



2. El Sistema Solar 28

El origen del Sistema Solar
 Formación y estructura del Sistema Solar
 Un viaje científico por el Sistema Solar
 Más allá del Sol: nuevos planetas
 La astrobiología: vida fuera de la Tierra
 Observar el firmamento
 SABER HACER: Analizar fotografías de superficies planetarias
 CIENCIA EN TU VIDA: Telescopios en Andalucía



3. A bordo de un planeta en peligro 48

El ser humano y el medio ambiente
 Los riesgos naturales
 Los riesgos tecnológicos
 Los recursos naturales
 ¿Alimentos para todos?
 El agua
 Los recursos de la geosfera
 La huella de la humanidad: los impactos ambientales
 Impactos sobre la atmósfera
 Impactos sobre la hidrosfera
 Impactos sobre el suelo
 Impactos sobre la biosfera
 SABER HACER: Interpretar un gráfico complejo
 CIENCIA EN TU VIDA: Biocontaminación



4. La energía y las políticas medioambientales 76

Nuestra sociedad y el consumo de energía
 Los combustibles fósiles
 La energía nuclear
 Las fuentes renovables de energía
 La energía en el futuro
 La sociedad y el problema medioambiental
 ¿Cómo podemos salvar el planeta?
 SABER HACER: Interpretar textos sobre el cambio climático
 CIENCIA EN TU VIDA: Una hoja artificial que produce energía



5. Salud y enfermedad. Las enfermedades infecciosas 100

Salud y enfermedad

Los agentes físicos y químicos, y la salud

Los agentes biológicos y la salud

La clasificación de las enfermedades

El diagnóstico de las enfermedades

Las enfermedades infecciosas

La defensa contra las infecciones

Las infecciones bacterianas

Las infecciones por virus

Las infecciones por hongos

Las infecciones por protozoos

Las infestaciones por parásitos invertebrados

Las vacunas

SABER HACER: Prevenir las intoxicaciones alimentarias por salmonela

CIENCIA EN TU VIDA: La vacuna de la gripe



6. Las enfermedades no infecciosas 124

Las enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas

Las alergias

Las enfermedades tumorales

El cáncer

Los trastornos mentales y del comportamiento

Las adicciones

Hitos en la historia de la medicina

SABER HACER: Aprender a decir «NO»

CIENCIA EN TU VIDA: La gran farmacia marina



7. Los materiales y sus usos 142

Los materiales

Las propiedades de los materiales

Las materias primas

Los metales

Sistemas de extracción de metales

El papel

Los plásticos

Nuevos materiales

SABER HACER: Seleccionar el material para fabricar el cuadro de una bicicleta

CIENCIA EN TU VIDA: La fibra de carbono: un material para el siglo XXI



8. Nanotecnología 164

La nanoescala y la nanotecnología

Características y productos de la nanotecnología

El carbono y la nanotecnología

Los metamateriales

Los procesos de producción: nanofábricas

La nanotecnología a nuestro alrededor

SABER HACER: Comprobar cómo aumenta la relación superficie/volumen al reducir el tamaño

CIENCIA EN TU VIDA: Nanotecnología para el paladar

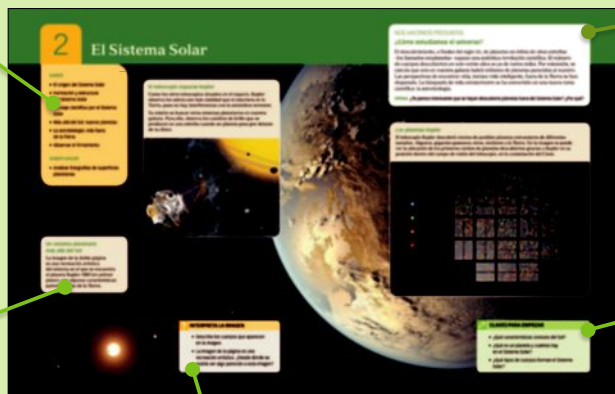
Doble página de introducción a la unidad

Contenidos de la unidad.

Se incluyen contenidos conceptuales (SABER) y técnicas o procedimientos (SABER HACER).

Textos e ilustraciones.

La doble página combina textos e imágenes para presentar alguna información de interés relacionada con los contenidos de la unidad.



Nos hacemos preguntas.

La introducción a cada unidad se presenta a partir de una pregunta.

Claves para empezar.

Una o varias cuestiones activan los conceptos previos de los alumnos relacionados con la unidad.

Interpreta la imagen. Estas actividades ayudan a extraer información de las imágenes.

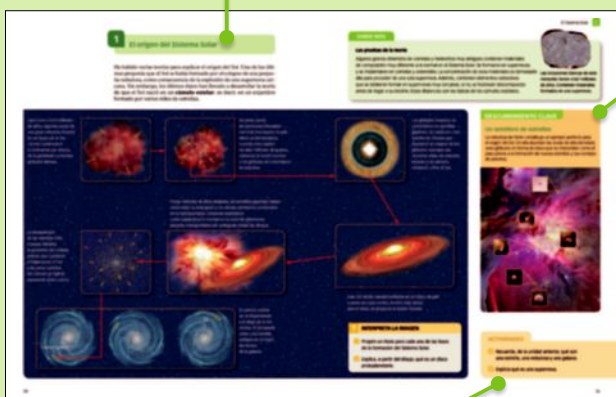
Páginas de desarrollo de los contenidos

Contenidos de la unidad. Los textos van acompañados de imágenes que ilustran, aclaran o completan la información escrita.

Descubrimiento clave. Algunos hallazgos esenciales para el desarrollo y la investigación científica.

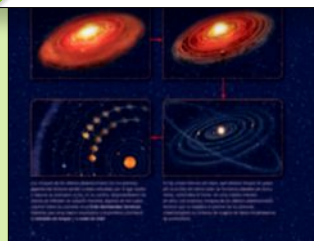
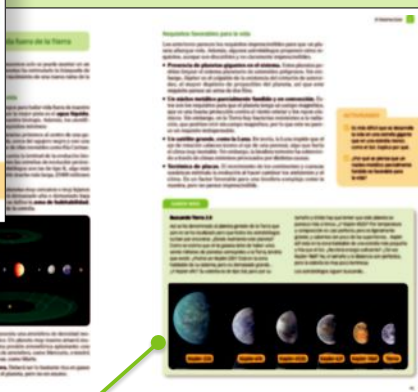
Interpreta la imagen.

Son actividades que requieren observar e interpretar la información visual que aportan las imágenes.



Actividades. Están relacionadas directamente con los contenidos de los epígrafes y permiten afianzar los conocimientos.

Saber más. Se incluyen contenidos relevantes que amplían la información desarrollada en la unidad.



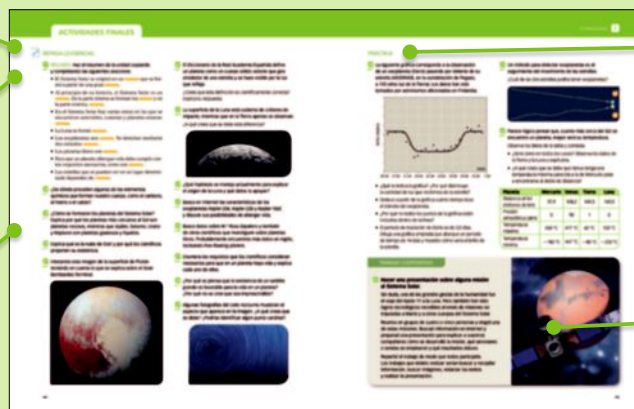
Páginas de actividades finales

Repasa lo esencial. Recoge actividades para afianzar los contenidos esenciales de cada unidad.

Resumen. La primera actividad consiste en realizar un resumen guiado de la unidad.

Nivel de dificultad. La dificultad de cada actividad se registra de manera gráfica:

● Fácil ●● Media ●●● Difícil

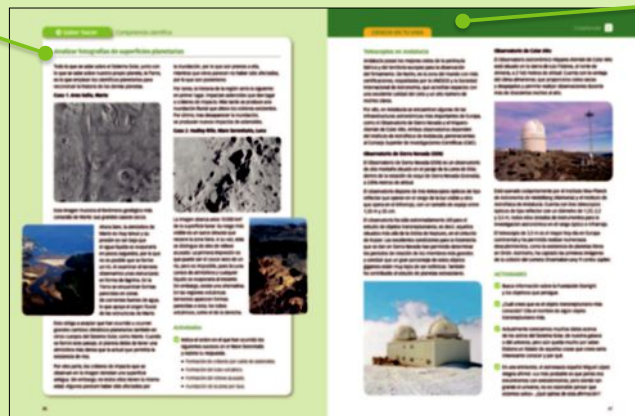


Practica. Se incluyen actividades en las que se deben poner en práctica los conceptos aprendidos en la unidad.

Trabajo cooperativo. Plantea un proyecto pensado para realizar en grupo de modo cooperativo para fomentar el trabajo en equipo.

Páginas finales de la unidad

Saber hacer. Explica procedimientos propios del área. Contribuye al desarrollo de la competencia matemática, científica y tecnológica.



Ciencia en tu vida. Una lectura sobre la ciencia, sus métodos y sus aplicaciones. Incluye actividades para trabajar la competencia lectora y para profundizar en el tema.

Competencias

A lo largo del libro, diferentes iconos señalan e identifican la competencia concreta que se trabaja en cada actividad o apartado.



Competencia matemática, científica y tecnológica



Comunicación lingüística



Competencia social y cívica



Competencia digital



Conciencia y expresión artística



Aprender a aprender



Iniciativa y emprendimiento

LA IMPORTANCIA DE SABER CIENCIA

“EN UNA SOCIEDAD DEMOCRÁTICA LOS CIUDADANOS NECESITAN TENER UNOS CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LAS CUESTIONES CIENTÍFICAS, DE MODO QUE PUEDAN TOMAR DECISIONES INFORMADAS Y NO DEPENDER ÚNICAMENTE DE LOS EXPERTOS”.

Me gustaría decir algunas palabras sobre la consciencia y actitudes públicas ante la ciencia y la tecnología. Nos guste o no, el mundo en que vivimos ha cambiado mucho en el último siglo, y probablemente cambiará aún más en los próximos cien años.

A algunos les gustaría detener estos cambios y volver a lo que ellos consideran una época más pura y más simple. Pero la historia enseña que el pasado no fue tan maravilloso. No fue tan malo, es cierto, para una pequeña minoría privilegiada, aunque también ellos carecieron de los beneficios de la medicina moderna y hasta los partos constituían un alto riesgo para las mujeres. Para la mayoría de la población la vida era sórdida, brutal y corta.

En cualquier caso, aunque uno lo quisiese no podría retrasar el reloj del tiempo hacia una época anterior. El conocimiento y las técnicas no pueden ser relegados al olvido ni se pueden impedir más adelantos en el futuro. Incluso si todo el presupuesto gubernamental para la investigación se suprimiese, la fuerza de la competencia entre las empresas traería avances tecnológicos. Tampoco nadie podría impedir que las mentes inquisitivas pensaran sobre las ciencias básicas, aunque no se les pagase por hacerlo. El único camino para evitar nuevos avances sería un estado mundial totalitario, que suprimiese cualquier innovación. Pero la iniciativa y el ingenio humanos son tales que no

tendría éxito. Todo lo que lograría sería disminuir el ritmo del cambio.

Si admitimos que no es posible impedir que la ciencia y la tecnología cambien el mundo, podemos al menos intentar que esos cambios se realicen en la dirección correcta. En una sociedad democrática, esto significa que los ciudadanos necesitan tener unos conocimientos básicos de las cuestiones científicas, de modo que puedan tomar decisiones informadas y no depender únicamente de los expertos.

Hoy en día, la sociedad tiene una actitud ambivalente con respecto a la

gran interés por los asuntos científicos, particularmente por la astronomía, como lo demuestra la enorme audiencia que tienen las series de televisión sobre el cosmos o de ciencia ficción.

¿Qué se puede hacer para aprovechar ese interés y dar a los ciudadanos la educación científica que necesitan para tomar decisiones informadas en temas como la «lluvia ácida», el «efecto invernadero», las armas nucleares o la ingeniería genética? Claramente, la base debe estar en lo que se enseña en los colegios.

Pero la ciencia, en la enseñanza escolar, es presentada a menudo de un modo

«¿Qué se puede hacer para aprovechar ese interés y dar a los ciudadanos la educación científica que necesitan para tomar decisiones informadas en temas como la “lluvia ácida”, el “efecto invernadero”, las armas nucleares o la ingeniería genética? Claramente, la base debe estar en lo que se enseña en los colegios».

ciencia. Se da por hecho el continuo aumento del nivel de vida, fruto de los nuevos avances de la ciencia y la tecnología. Pero también se desconfía de la ciencia porque no se entiende.

Esta desconfianza se refleja en la caricatura del científico loco, trabajando en su laboratorio para producir un Frankenstein. Y es también un elemento importante del apoyo que tienen los partidos verdes. Pero, por otra parte, la gente tiene un

árido y sin interés. Los niños la aprenden de memoria para aprobar los exámenes, pero no ven su importancia en el mundo que les rodea. Además, la ciencia se enseña a menudo en forma de ecuaciones. Y aunque las ecuaciones son una forma concisa y exacta de escribir ideas matemáticas, al mismo tiempo atemorizan a la mayor parte de la gente.

Cuando escribí recientemente un libro de divulgación científica, fui advertido

que cada ecuación que incluyese rebajaría las ventas a la mitad. Incluí una sola, la más famosa de Einstein, $E = mc^2$. Quizás habría vendido el doble sin ella.

Científicos e ingenieros tienden a expresar sus ideas en forma de ecuaciones, porque necesitan conocer los valores exactos de las cantidades. Pero para otras personas una comprensión sustancial de los conceptos científicos es suficiente. Y esto puede expresarse mediante palabras y diagramas, sin el uso de ecuaciones.

La ciencia que la gente aprende en los colegios puede proporcionarnos un marco básico. Pero el ritmo del progreso científico es ahora tan rápido, que siempre hay nuevos avances que han surgido después de que uno ha dejado la escuela o la universidad. Yo nunca aprendí nada sobre biología molecular o transistores en el colegio, y sin embargo la ingeniería genética y las computadoras son dos de los avances que probablemente cambiarán más nuestra forma de vivir en el futuro. Libros populares y artículos de las revistas sobre ciencia pueden ayudar a conocer nuevos avances. Pero incluso el más exitoso libro de divulgación es leído solo por una pequeña parte de la población. Únicamente la televisión puede conseguir una audiencia masiva. Hay muy buenos programas científicos en la televisión, pero algunos solo presentan las maravillas científicas como algo mágico, sin explicarlas o sin mostrar cómo encajan en el marco de la ciencia. Los productores de programas científicos para la televisión deberían comprender que tienen la responsabilidad de educar al público, y no solamente de entretenerlo.

«Científicos e ingenieros tienden a expresar sus ideas en forma de ecuaciones, porque necesitan conocer los valores exactos de las cantidades. Pero para otras personas una comprensión sustancial de los conceptos científicos es suficiente. Y esto puede expresarse mediante palabras y diagramas, sin el uso de ecuaciones».

¿Cuáles son los temas científicos sobre los cuales la gente deberá tomar decisiones en el futuro? Sin duda, el más urgente es el de las armas nucleares. Otros problemas globales, como el suministro de alimentos o el «efecto invernadero», tienen un desarrollo relativamente lento. En cambio, una guerra nuclear podría significar en pocos días el fin de toda la vida humana sobre la Tierra. La distensión entre el Este y el Oeste, iniciada por Mr. Gorbachov y la Perestroika, ha significado que el peligro de una guerra nuclear se ha desvanecido en la conciencia de los ciudadanos. Pero el peligro sigue ahí mientras existan armas suficientes para destruir varias veces nuestro mundo. Las armas soviéticas y americanas continúan programadas para atacar las principales ciudades del hemisferio norte. Bastaría un error de ordenador o una rebelión de las personas encargadas de los misiles para iniciar una guerra global. Es muy importante que la sociedad comprenda el peligro y presione a todos los gobiernos para conseguir acuerdos de reducción de armamento. Probablemente no sería práctico suprimir por completo las armas nucleares, pero sí podemos disminuir el peligro al reducir su número.

Si logramos evitar una guerra nuclear, todavía quedan otros peligros que

podrían destruirnos. Hay un chiste de humor negro que dice que el motivo de que no hayamos sido contactados por una civilización ajena a la nuestra es porque las civilizaciones tienden a destruirse a sí mismas cuando alcanzan nuestro nivel. No obstante, yo tengo suficiente fe en los hombres para creer que esto no será así.

Una vez más, me gustaría dar las gracias al Príncipe de Asturias y a su Fundación por el Premio de la Concordia, 1989.

A mi esposa y a mí nos ha gustado venir a España, y nos sentimos honrados por haber recibido el Premio.



Discurso pronunciado por Stephen Hawking durante el acto de recogida de los Premios Príncipe de Asturias de 1989.

Fuente: Fundación Príncipe de Asturias
(<http://www.fundacionprincipedeasturias.org>)

1

El Universo

SABER

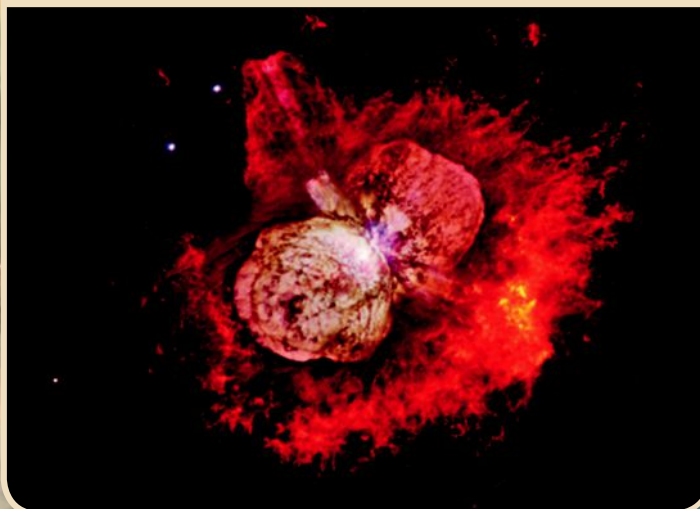
- Los objetos que forman el Universo
- El Universo dinámico
- ¿De qué está hecho el Universo?
- La alquimia de las estrellas
- Los agujeros negros
- La historia del Universo
- Preguntas abiertas en el estudio del Universo

SABER HACER

- Debatir sobre la exploración espacial

Biografía de Eta Carinae

- Nacimiento: reciente (menos de tres millones de años).
- Domicilio: Nebulosa NGC 3372, en el brazo de Sagitario, a 8800 años luz de distancia.
- Datos personales: estrella doble, con masa total de 90 a 150 masas solares.
- Incidencias: gran erupción observada en 1849. Expulsó hasta 40 masas solares que se observan como dos lóbulos.



INTERPRETA LA IMAGEN

- En las imágenes de estas páginas hay estrellas y nebulosas. Describe qué aspecto tienen ambas. ¿Cuáles te parecen más interesantes?
- ¿Qué parecidos y diferencias encuentras entre la fotografía y el modelo de Eta Carinae?
- ¿Qué elementos se observan en el modelo de ordenador de Eta Carinae?

NOS HACEMOS PREGUNTAS

¿Cómo estudiamos el Universo?

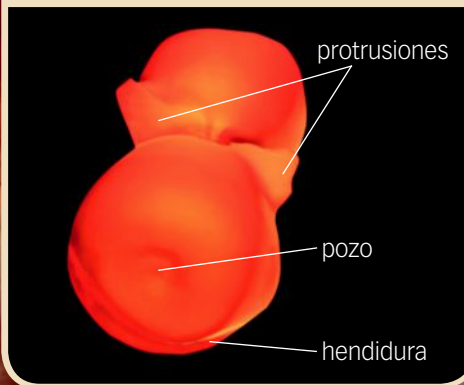
El cielo nocturno ha fascinado a las personas desde la Antigüedad. Científicos o no, las personas nos hemos preguntado si el cosmos es infinito, a qué distancia se encuentran las estrellas o si existen otros seres vivos inteligentes en el Universo. La humanidad utiliza tecnologías cada vez más poderosas, que resuelven antiguos problemas y permiten plantear otros nuevos.

Gracias a esas tecnologías hemos obtenido imágenes como las que ilustran esta página de la nebulosa NGC 3372 y la estrella Eta Carinae, uno de los objetos más fascinantes de la galaxia. La investigación científica del Universo garantiza que nunca faltarán nuevas preguntas.

OPINA. ¿Por qué a las personas nos fascina tanto observar el cielo nocturno?

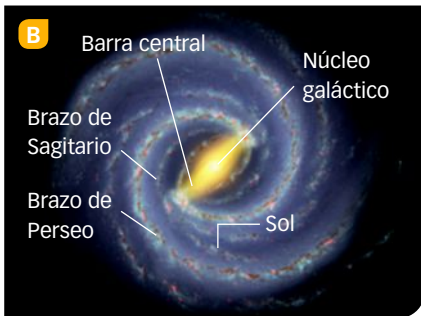
Modelo de ordenador de Eta Carinae

Los modelos de ordenador son muy útiles para los científicos, que los emplean para simplificar problemas complejos.



CLAVES PARA EMPEZAR

- ¿Qué objetos se ven en el firmamento nocturno?
- ¿Cómo se originó el Universo?
- La erupción de Eta Carinae se observó en 1849. ¿Cuándo ocurrió realmente?



La Vía Láctea, nuestra galaxia.

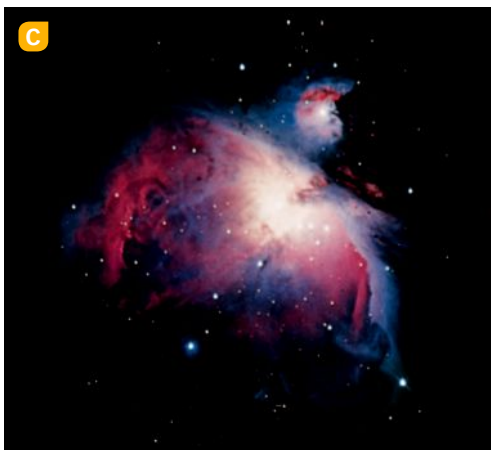
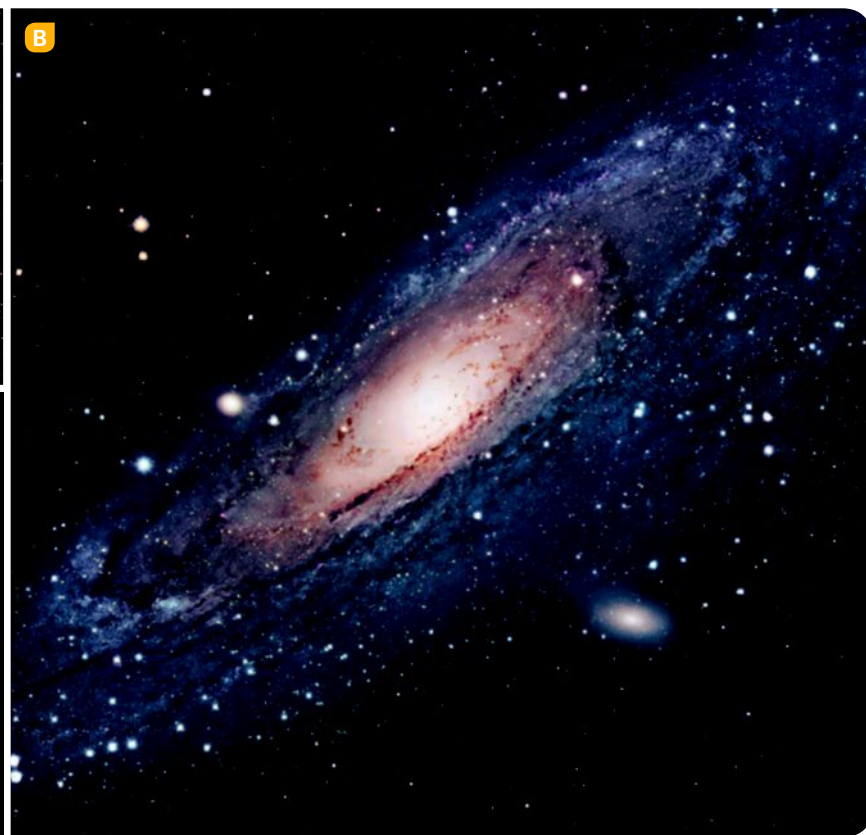
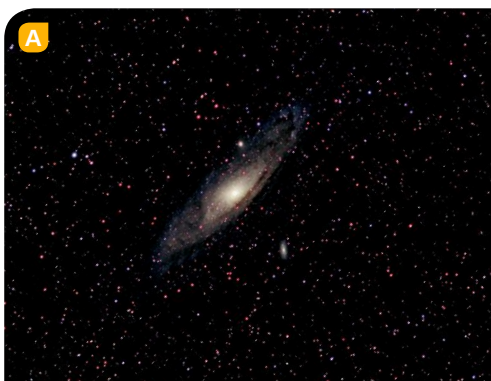
A. La Vía Láctea es una banda más clara que se observa en el firmamento. Se corresponde con el plano de nuestra galaxia (B).

Estrellas, galaxias y nebulosas

Al mirar el cielo en una noche sin Luna se ven muchas **estrellas**, que son soles muy lejanos. Algunas noches se puede ver lo que parece un gran camino de estrellas que, desde antiguo, se llamó Vía Láctea. Los astrónomos terminaron por interpretar la Vía Láctea como el borde de un gran disco de estrellas, gases y polvo, al que dieron el mismo nombre y que incluía el Sol y la Tierra.

Con un telescopio casero se ven innumerables estrellas, que se perciben como puntos. Además, se pueden ver otros cuerpos que tienen formas difusas. Cuando descubrieron estos cuerpos, los astrónomos los llamaron nebulosas, porque les recordaban a las nubes, y creyeron que formaban parte de la Vía Láctea. Pero al estudiarlos con mejores telescopios, hallaron que muchos de estos cuerpos también estaban formados por estrellas y polvo y que estaban muy lejos de la Vía Láctea. Los denominaron **galaxias**.

Después se ha visto que las galaxias son los objetos básicos que forman el Universo, como los átomos son las unidades básicas de la materia. Dentro de las galaxias existen nubes de gas y polvo, que son las auténticas **nebulosas**, como la nebulosa de Orión.



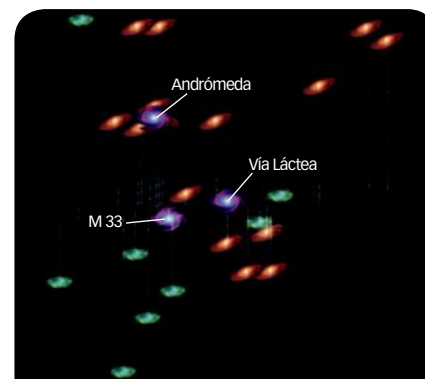
Galaxias y nebulosas. A. Con ayuda de un telescopio casero, Andrómeda se ve como un objeto celeste con contornos difusos.

Así la contemplaron los antiguos astrónomos. B. Al observar Andrómeda con un telescopio más potente, se aprecia que está formada por un gran número de estrellas y polvo. Se trata de una galaxia. C. La nebulosa de Orión es una auténtica nebulosa, formada por gas y polvo, que se encuentra en la Vía Láctea.

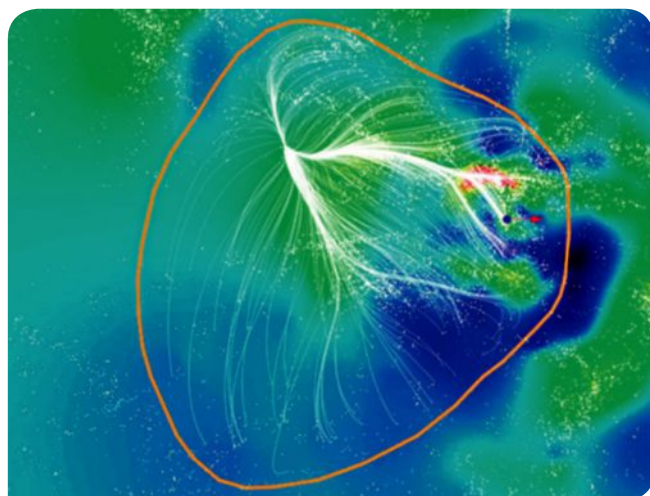
Agrupaciones de galaxias

Las galaxias no se encuentran aisladas en el Universo, sino que aparecen en grupos, reunidas por la atracción de la gravedad. La Vía Láctea pertenece a un grupo de unas treinta galaxias llamado **Grupo Local**. A su vez, los grupos se reúnen en conjuntos mucho mayores formados por miles de galaxias que se han llamado **cúmulos** y **supercúmulos**, en función del número de galaxias que los componen. El Grupo Local pertenece al supercúmulo **Laniakea** (que significa «cielo infinito» en lengua hawaiana), identificado en 2014.

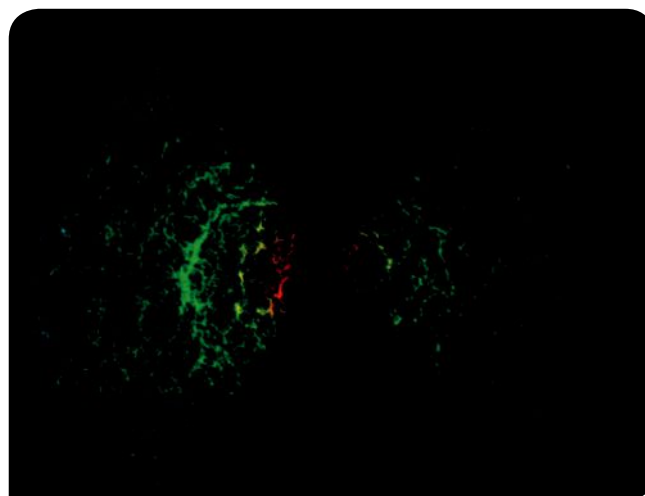
No se sabe si hay estructuras aún mayores. El problema que tienen los astrónomos para hacer mapas del Universo es el mismo que tendría alguien que quisiera hacer el plano de un bosque desde el centro del mismo bosque.



En el Grupo Local hay tres grandes galaxias espirales (violeta), ocho medianas (verde) y unas quince menores (naranja).



Supercúmulo Laniakea. Corresponde a la zona del Universo encerrada en el contorno naranja en este gráfico. Cada punto es una galaxia, y las líneas blancas indican su movimiento, atraídas por la gravedad, hacia un centro común. Las zonas rojas indican concentraciones de galaxias; las azules, vacíos.



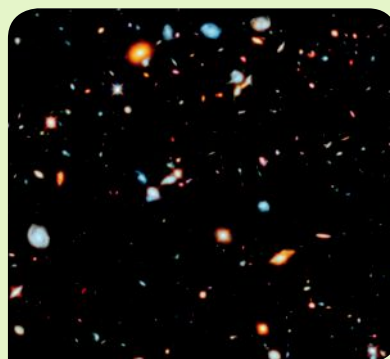
Los astrónomos están realizando mapas tridimensionales del Universo con gran detalle. La imagen muestra un plano de este mapa, con la Tierra situada en el centro. Cada punto representa un cúmulo de galaxias. Los dos sectores sin galaxias corresponden al plano de la Vía Láctea.

SABER MÁS

¡El Universo es enorme!

Una galaxia puede contener billones de estrellas (la Vía Láctea, unos 100 000 millones). Aunque es imposible contar todas las galaxias, se puede hacer un cálculo estadístico de su número, que ascendería a 100 000 millones.

¿Tiene límites el Universo? Desde que somos conscientes de su gran tamaño, con frecuencia nos hacemos esta pregunta; pero para poder responderla tenemos que avanzar un poco más.



Campo de galaxias fotografiado por el telescopio espacial Hubble. En la imagen solo hay una estrella, todo lo demás son galaxias.

ACTIVIDADES

- 1 ¿Cuál es la diferencia entre una nebulosa y una galaxia? ¿Por qué al principio no se diferenciaba entre ellas?
- 2 Al mirar al cielo en una noche sin Luna y en un lugar alejado de grandes ciudades se pueden ver más de mil estrellas. ¿Crees que pertenecen todas a la Vía Láctea o que algunas pertenecen a otras galaxias?



Colisiones entre galaxias. Las galaxias (puntos blancos) de este cúmulo chocan debido a la atracción de la gravedad, y al hacerlo calientan el gas que las rodea (color rojo). Sin embargo, la máxima densidad de materia (zona azul) se encuentra lejos de la zona de choque. Se puede deducir que una gran cantidad de materia que no vemos, la materia oscura, está provocando el acercamiento de las galaxias.

La gravedad

La gravedad mantiene unidas a las galaxias del Grupo Local. Tanto es así que las dos mayores galaxias del grupo, Andrómeda y la Vía Láctea, se están acercando la una a la otra lentamente («solo» a 400 000 km/h), y se calcula que chocarán dentro de unos 6 000 millones de años.

La gravedad retiene también a las galaxias pequeñas, que giran alrededor de las grandes igual que lo hacen los satélites alrededor de los planetas.

La fuerza de la gravedad depende de las masas de los cuerpos, lo que ha llevado a una conclusión sorprendente: todas las galaxias (también la Vía Láctea) ejercen sobre otras galaxias cercanas una fuerza mucho mayor de la que deberían teniendo en cuenta la suma de la masa de sus estrellas, del gas y del polvo. Es decir, retienen estas galaxias satélites más cerca de lo que sería esperable con su masa.

Esto significa que tiene que existir una gran cantidad de masa en el Universo que no se ve, y a la que se ha llamado por eso **materia oscura**. Esta materia, que permanece invisible, parece ser cinco veces más abundante que la materia que vemos. Aunque los astrónomos están convencidos de la existencia de la materia oscura, no saben cómo es.

SABER MÁS

La gravedad según Newton y Einstein

Según Isaac Newton, la gravedad es una fuerza por la que los cuerpos con masa se atraen entre sí.

Si los cuerpos se mueven, como los planetas en torno al Sol, la gravedad impide que escapen haciéndoles seguir trayectorias curvas.

La fuerza de gravedad (F) depende de la masa de los cuerpos (M y m) y disminuye rápidamente con la distancia (d) entre ellos.

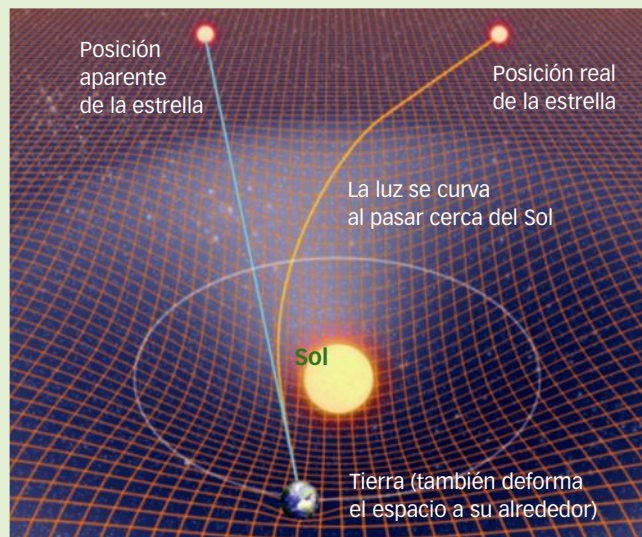
$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Esta ecuación se aplica a multitud de situaciones, pero en algunos casos, especialmente en las proximidades de objetos de masa muy elevada, la fórmula de Newton no proporciona resultados exactos. Por ejemplo, no explica correctamente la órbita de Mercurio, el planeta más cercano al Sol.

En el siglo xx Albert Einstein propuso otro modelo para explicar la atracción entre los cuerpos. Según su teoría de la relatividad general, los cuerpos con grandes masas actúan sobre el espacio a su alrededor y lo deforman. Cuanto mayor es la masa del objeto, mayor es

la deformación. Y es esta deformación del espacio lo que hace modificar la trayectoria de los objetos.

En el dibujo se muestra cómo actuaría la gravedad en un espacio de dos dimensiones. La masa del Sol causa una deformación en el espacio, lo que provoca el giro de la Tierra a su alrededor. La luz también se desvía cerca del Sol siguiendo la deformación del espacio.



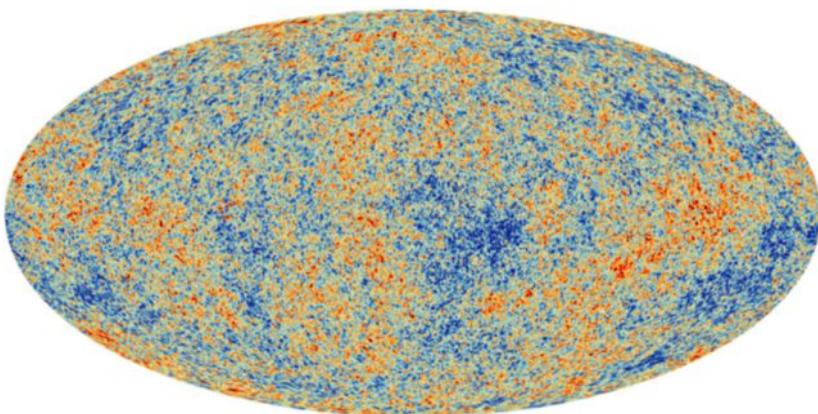
¿Adónde van las galaxias?

Si la gravedad fuera la fuerza dominante en el Universo, las galaxias se irían acercando unas a otras y convergerían en un solo punto. Sin embargo, no ocurre así. Por el contrario, se ha encontrado que casi todas las galaxias se alejan unas de otras.

Esto se descubrió en 1929 al estudiar la luz que emitían distintas galaxias y al comprobarse que dicha luz era más roja cuanto mayor era su distancia a la Tierra. La explicación es que el movimiento de un objeto luminoso comprime o estira las ondas de luz que este emite. Si el objeto se acerca, las ondas se comprimen y, por tanto, la luz emitida es más azul; si se aleja, las ondas se alargan y la luz es más roja.

Este hallazgo hizo cambiar de opinión a los científicos, que, hasta entonces, pensaban que el Universo permanecía estático. Si hiciéramos retroceder mentalmente las galaxias que ahora se están alejando, llegaríamos a un estado inicial en el que toda la materia estaría concentrada en una zona muy pequeña, a partir de la cual se expandiría.

Es la **teoría del big bang**, que se traduce como la «gran explosión». Esta teoría fue confirmada en 1965, cuando se descubrió que de todo el Universo nos llegaban unas ondas muy débiles a las que se les dio el nombre de **radiación cósmica de fondo**. La única explicación que se halló para esta radiación es que se trata del eco de la gran explosión: algo así como esos truenos lejanos que se oyen al final de una tormenta.



La radiación cósmica de fondo, cartografiada por la sonda WMAP en 2003.

Los colores amarillos y rojos representan densidades mayores que la media, y los azules oscuros, menores. Las diferencias son muy pequeñas, lo que significa que el Universo inicial era muy homogéneo.

SABER MÁS

La fecha de nacimiento del Universo

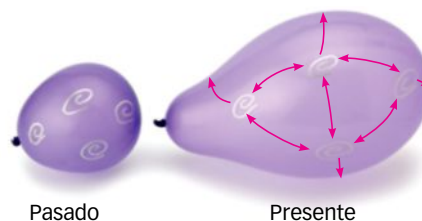
La velocidad de alejamiento de las galaxias nos proporciona un calendario para el Universo. Como se comprobó que en las galaxias cercanas esta velocidad era proporcional a su distancia, se podía aplicar la fórmula del movimiento uniforme:

$$e = v \cdot t; \text{ por tanto, } t = \frac{e}{v}$$

En 2006 se encontró el valor más preciso para el momento en que se produjo la gran explosión: ocurrió hace 13800 millones de años.



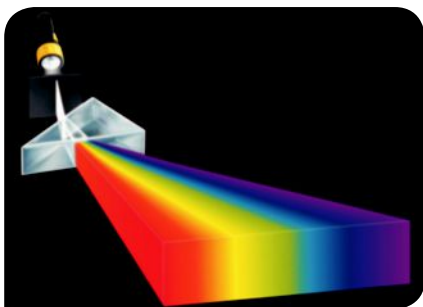
Una galaxia que se acerca a la Vía Láctea comprime las ondas luminosas que emite, mientras que una que se aleja de ella las estira. El resultado es que la luz que llega a la Tierra es más azul o más roja.



La expansión del Universo puede representarse por un globo que va hinchándose, y en el que se han pintado galaxias: todas las distancias entre estas aumentan.

ACTIVIDADES

- 3 Imagina que Superman detuviera de repente el giro de la Tierra en torno al Sol. ¿Qué ocurriría con la Tierra?
 - Quedaría inmóvil en su sitio.
 - Comenzaría a girar de nuevo, poco a poco, en torno al Sol.
 - Caería hacia el Sol.
- 4 Explica por qué orbita la Luna en torno a la Tierra utilizando la concepción de Newton y la de Einstein.



Espectro de la luz blanca. Al pasar por un prisma, la luz blanca se descompone en franjas de colores. Cada franja corresponde a una determinada longitud de onda, desde las radiaciones más energéticas (color violeta, menor longitud de onda) a las menos energéticas (color rojo, mayor longitud de onda).

? INTERPRETA LA IMAGEN

- 5 ¿Crees que se puede estudiar el espectro de una estrella? ¿Cómo piensas que se podría hacer?

ACTIVIDADES

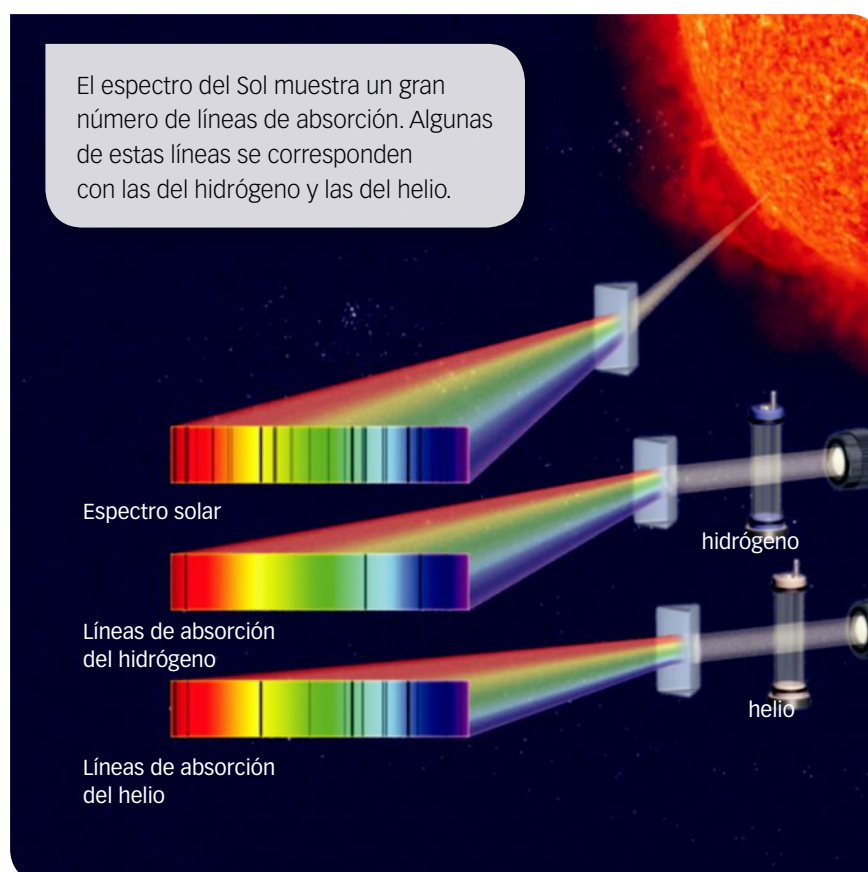
- 6 Explica qué es el espectro de absorción de un elemento y cómo se obtiene.

Los espectros de absorción

Este filósofo no previó el poder de la ciencia moderna. Un siglo después se descubrió que la luz emitida por un cuerpo calentado al rojo, al pasar por un prisma transparente, se descomponía en los colores del arcoíris. Esta banda de colores se denomina **espectro**. Además, se observó que cuando esta luz pasaba a través de un gas frío, aparecían sobre el espectro una serie de líneas oscuras, llamadas **líneas de absorción**, que eran tan típicas de cada elemento químico como las huellas dactilares lo son de cada persona.

Así, al enfocar hacia el Sol un telescopio con un prisma, se obtuvieron los primeros datos de su composición: el más sorprendente fue el descubrimiento del elemento helio, que no se conocía en la Tierra.

Hoy, la **espectroscopía**, como se llama esta técnica, ha permitido descifrar la receta química del Universo: 60 % de hidrógeno, 37 % de helio y 1 % de oxígeno; los demás elementos se reparten el 2 % restante.



4

La alquimia de las estrellas

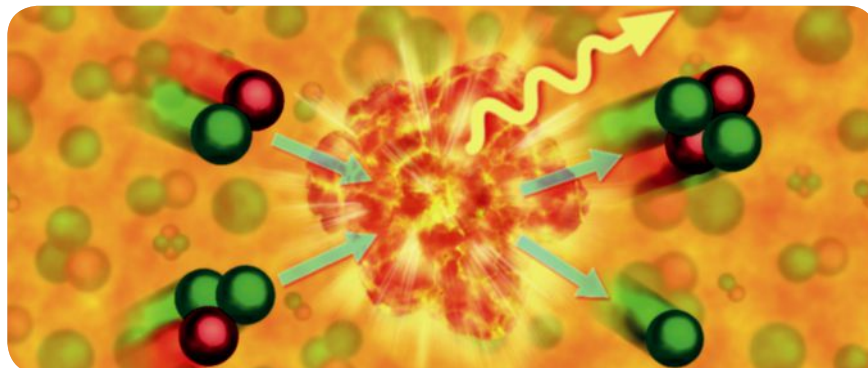
Durante la Edad Media, los alquimistas se empeñaron en descubrir la piedra filosofal para convertir metales como el hierro en oro, sin obtener ningún resultado útil. No podían saber que muchas estrellas realizan precisamente este proceso y que, en general, las estrellas son fábricas de nuevos elementos químicos.

El horno estelar

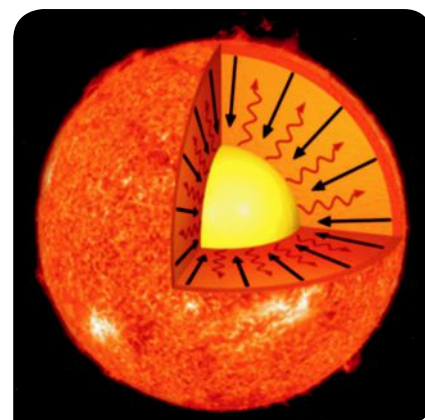
Para entender esta alquimia hay que tener en cuenta que las estrellas son una especie de gigantes globos de gas con una masa muy grande. Por ejemplo, la masa del Sol es, aproximadamente, unas 300 000 veces la masa de la Tierra. Podríamos esperar que la gravedad hiciera que toda esta masa tan grande se comprimiera y tuviera una densidad elevada. Sin embargo, no es así. La densidad media del Sol es de solo 1411 kg/m^3 , poco mayor que la del agua (1000 kg/m^3). ¿Por qué no es mayor esta densidad?

La respuesta es que en la zona central del Sol, su núcleo, la temperatura es muy elevada, unos quince millones de kelvin (K). En estas condiciones, los núcleos de hidrógeno, que contienen un protón, se mueven a enormes velocidades, suficientes para vencer la repulsión recíproca de las cargas eléctricas del mismo signo y hacer posibles los choques entre ellas. Hablamos de núcleos atómicos y no de átomos, porque a esas temperaturas los átomos han perdido sus electrones.

Cuando chocan de frente dos núcleos de hidrógeno, se inicia una serie de **reacciones nucleares de fusión** que, a través de choques sucesivos, acaban formando helio, un átomo con dos protones y dos neutrones. En estas fusiones se emite una gran cantidad de energía, la cual se escapa hasta alcanzar la superficie solar. Toda esta energía ejerce una presión hacia afuera que contrarresta la fuerza de la gravedad. Es la llamada **presión de radiación**. Por eso, las estrellas siguen siendo globos ligeros.



Puesto que el hidrógeno se va transformando en helio, llegará un momento en el que el hidrógeno del núcleo se agote. Es interesante que la velocidad a la que las estrellas consumen el hidrógeno depende de su masa. Cuanto mayor es la masa de una estrella, más rápido consume el hidrógeno. Las estrellas gigantes tienen un núcleo muy grande que gasta el hidrógeno en poco tiempo. Son, por tanto, estrellas de vida muy corta, en torno a cuatro o cinco millones de años.



En las estrellas, la presión de radiación (en rojo) contrarresta la fuerza de gravedad (en negro), lo cual limita la densidad que pueden alcanzar.

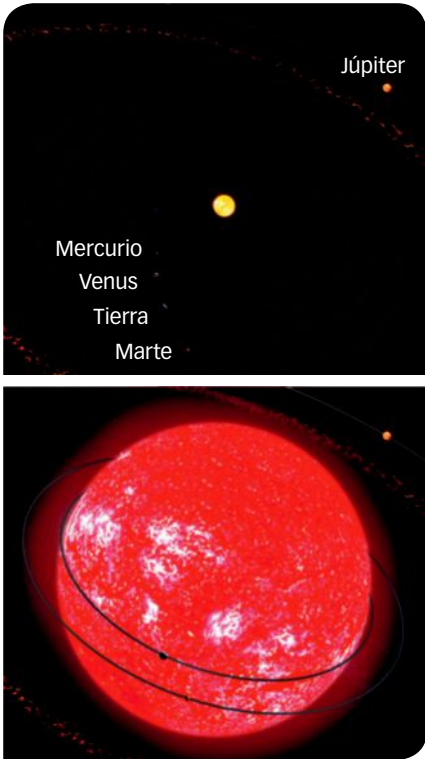


INTERPRETA LA IMAGEN

- 7 ¿Qué ocurriría en la estrella si aumentara la presión de radiación?
- 8 ¿Qué ocurriría si disminuyera esta presión?

Producción de helio por fusión nuclear.

Un núcleo de hidrógeno pesado (deuterio) con un neutrón choca con otro con dos neutrones (tritio) y da origen a un átomo de helio (dos protones y dos neutrones). En el proceso se libera un neutrón.



El Sistema Solar en la actualidad (arriba) y en el futuro, cuando el Sol se transforme en una gigante roja y quizá alcance la órbita de la Tierra.

Las estrellas cambian: el fin del hidrógeno

Cuando en el núcleo de una estrella se agota el hidrógeno y se detiene la fusión, ocurre un cambio importante. La fuerza de la gravedad ya no es contrarrestada por la presión de radiación, por lo que la estrella vuelve a contraerse y su temperatura aumenta. En el núcleo, esta podrá alcanzar los cien millones de kelvin, suficiente para que los núcleos de helio se fusionen, produciendo carbono.

Mientras, en las capas intermedias también se eleva la temperatura y se sigue transmutando el hidrógeno en helio. Al ser capas menos profundas, la energía de la fusión alcanza con más facilidad la superficie y la estrella se hincha. Como consecuencia, la superficie se enfría y el brillo de la estrella se hace rojizo (recuerda que el color rojo significa menor temperatura). La estrella recibe en esta fase el nombre de **gigante roja**. El Sol llegará a esta fase dentro de unos cinco mil millones de años, cuando será tan grande que alcanzará y absorberá a Mercurio, a Venus y, quizá, a la misma Tierra.

En estrellas con una masa muy elevada, al menos ocho veces la masa del Sol, cuando el helio del núcleo se acaba, se produce una nueva compresión y el núcleo alcanza temperaturas tan altas que el helio se vuelve inestable y el proceso se repite, cada vez a mayores temperaturas, formándose sucesivamente oxígeno, neón, magnesio, silicio, níquel, cobalto y hierro. Estas últimas fases son muy rápidas: una estrella puede pasar miles de millones de años quemando hidrógeno y menos de un millón de años en el resto de las fases.

Este conjunto de procesos se llama **nucleosíntesis**, porque en él se sintetizan núcleos de nuevos elementos.

La nucleosíntesis normal acaba produciendo núcleos de hierro, con 26 protones y 30 neutrones. Estos núcleos son tan pesados que ya no sirven como proyectiles. Por tanto, una vez alcanzado este punto, la estrella se apaga como una caldera sin carbón.

SABER MÁS

La nucleosíntesis: las estrellas como fábricas de elementos

En cada tipo de estrella, y en función de su tamaño, se producen distintas reacciones, que se resumen en el siguiente cuadro:

Proceso	Temperatura aproximada	Estrella
$H \rightarrow He$	15 millones de kelvin	El Sol, en la actualidad
$3He \rightarrow C$	100 millones de kelvin	El Sol, en el futuro
$C + He \rightarrow O$ $O + He \rightarrow Ne$ $Ne + He \rightarrow Mg$ $Mg + He \rightarrow Si$	1 500 a 2 000 millones de kelvin	Solo en estrellas gigantes
$2Si \rightarrow Ni \rightarrow Co \rightarrow Fe$	2 700 millones de kelvin	

El fin de una estrella: los elementos más pesados

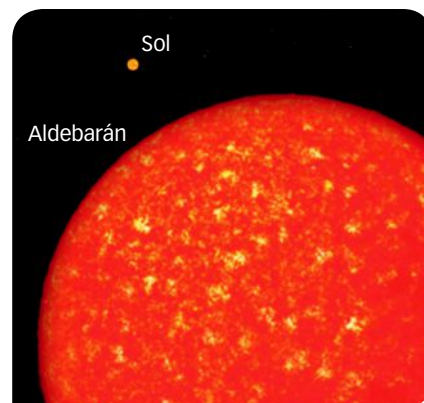
El parón del horno estelar ocasiona un drama, puesto que sin fusión nuclear que contrarreste la gravedad, esta aplasta instantáneamente la estrella. Pero en este proceso se libera una cantidad enorme de energía.

Es fácil comprender por qué se libera tanta energía. El radio de una estrella gigante, como Aldebarán, alcanza los treinta millones de kilómetros. Esto quiere decir que una partícula de masa m tiene un largo viaje (h) desde su superficie hasta el núcleo. Su energía potencial U sería la siguiente:

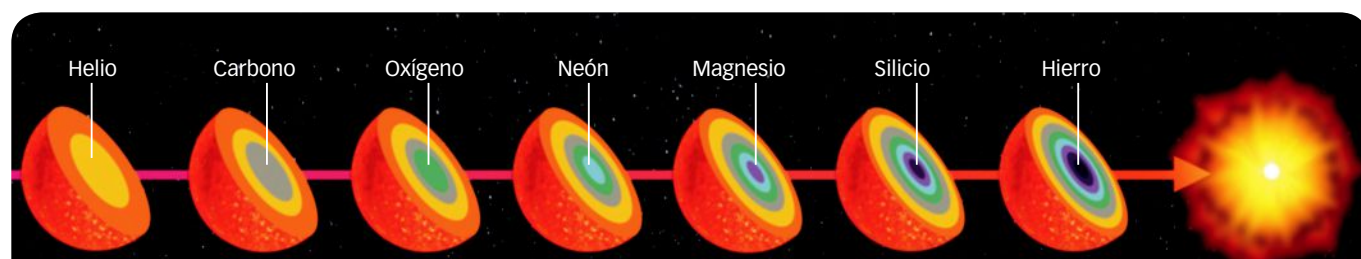
$$U = m \cdot g \cdot h$$

En esta ecuación g es la aceleración de la gravedad, un valor muy elevado en una estrella, igual que h .

La enorme cantidad de energía potencial de la estrella se transforma en energía cinética y, por choques mutuos de las partículas, en calor. El resultado es que la estrella explota como una **supernova**. Y, aprovechando esta enorme cantidad de energía, fabrica en pocos minutos, mediante choques caóticos, el resto de los elementos del sistema periódico: el oro, el platino, el uranio...



Aldebarán es una de las estrellas más brillantes del cielo. Es una gigante de color rojo anaranjado. En el dibujo se muestra su tamaño relativo comparado con el del Sol.

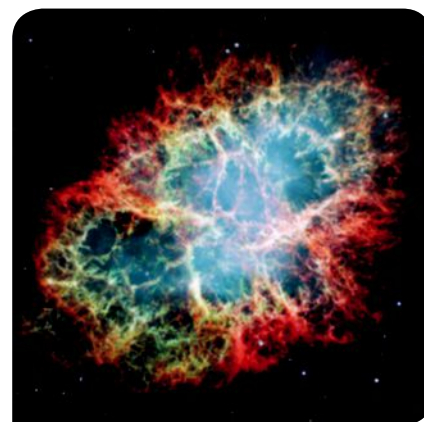


Evolución de una estrella, desde su inicio hasta su explosión como una supernova. En cada etapa se forman distintos elementos.

La nucleosíntesis cambia la composición del Universo. Al principio, había un 75 % de hidrógeno y un 24 % de helio, que ahora han cambiado a 60 % y 37 %, como vimos. Pero nosotros no estamos en ninguna estrella. Así pues, ¿cómo llegan los nuevos elementos a planetas como la Tierra? La respuesta está en las supernovas. Cuando explota una supernova, lanza al espacio los nuevos elementos, que serán la materia prima para la formación de nuevas estrellas y de sus planetas. Se puede decir que la vida surge de la muerte de las estrellas.

ACTIVIDADES

- 9 ¿Cuál es el origen de la energía del Sol? ¿Se puede decir que es inagotable? Explica tu respuesta.
- 10 El científico y divulgador Carl Sagan dijo que todos somos polvo de estrellas. Justifica esta expresión.
- 11 ¿Cuál es el elemento más pesado que se produce en el interior de una estrella como el Sol? ¿Y en una estrella gigante? ¿Cómo se producen el resto de los elementos?



Nebulosa del Cangrejo. Esta nebulosa es el resto de una explosión de supernova observada por astrónomos chinos en 1054. Los elementos fabricados en la supernova se esparcen así por el espacio que la rodea.



Stephen Hawking. Es uno de los científicos más destacados que han estudiado los agujeros negros.

Al final de su vida, tras haber sido una gigante roja, el Sol expulsará buena parte de su masa y quedará solo su núcleo caliente, que los astrónomos llaman enana blanca. A medida que se vaya enfriando, se transformará en una enana marrón y en una enana negra: un núcleo helado.

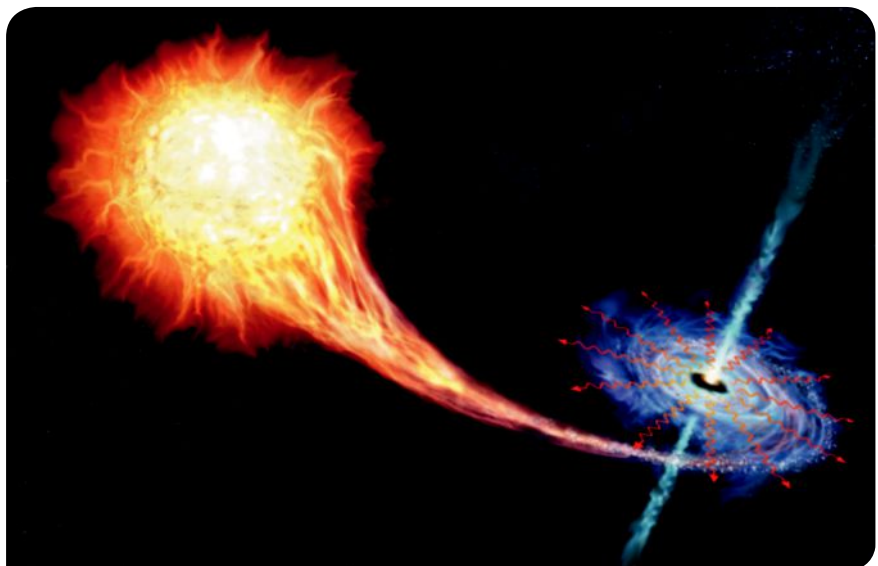
Agujeros negros estelares

Cuando la masa de una estrella es más de tres veces la masa del Sol, su destino es muy diferente. El hundimiento gravitatorio final hace que su núcleo alcance una densidad enorme. Esta gran concentración de masa genera un campo gravitatorio tan gigantesco que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de él, por lo que estos cuerpos se denominan **agujeros negros**. Puesto que se forman a partir de una estrella, se llaman agujeros negros **estelares**.

Para entender bien esto es útil el concepto de **velocidad de escape**. Si queremos lanzar un proyectil a la Luna, hace falta vencer la gravedad terrestre, y eso requiere una velocidad mínima de 11,2 km/s. En cambio, para lanzarlo desde Marte, cuya gravedad es menor que la de la Tierra, basta con impulsarlo a 5 km/s. Por su parte, para lanzarlo desde el Sol, con su enorme gravedad, harían falta 617 km/s.

La velocidad de escape en un agujero negro es superior a 300 000 km/s, que es la velocidad de la luz. Es decir, un agujero negro es una trampa mortal para cualquier cosa, incluida la luz.

Gracias a su enorme gravedad, los agujeros negros atraen la materia cercana a ellos, lo que hace aumentar su masa. La materia cae hacia el agujero negro girando como en el remolino de un desagüe hasta que alcanza el punto de no retorno, llamado **horizonte de eventos**. Este proceso explica cómo podemos localizar los agujeros negros, a pesar de que no emitan luz. Al girar a velocidades cada vez mayores, la materia que va a caer en el pozo de gravedad se calienta tanto que emite una radiación muy energética, incluso rayos X, que sí podemos detectar.



Representación artística de un agujero negro que capta materia de una estrella que orbita a su alrededor. El agujero va atrayendo materia de la estrella, con lo que se forma un disco de materia que, debido a su gran aceleración, se calienta tanto que emite rayos X.

Agujeros negros galácticos

Se ha descubierto que en el centro de las galaxias existen agujeros negros, llamados **galácticos**, que se forman a partir de la concentración de materia en ese punto central. Estos agujeros negros galácticos pueden alcanzar masas enormes.

El que se encuentra en el centro de la Vía Láctea se llama **Sagitario A*** y tiene una masa que es cuatro millones y media de veces la masa solar. Por su parte, el mayor agujero negro conocido, situado en una galaxia lejana, equivale a 18000 millones de masas solares.

Las incógnitas de los agujeros negros

Los agujeros negros fueron descubiertos a mediados del siglo XX, pero últimamente se han convertido en un campo de batalla entre los científicos, que discuten varias cuestiones:

- ¿Los agujeros negros son eternos o más bien se evaporan, como ha propuesto nada menos que Stephen Hawking?
- ¿Se pierde la información que cae en un agujero negro (por ejemplo, las llamadas de un teléfono móvil)? Parecería que sí, pero la ciencia actual sostiene que la información no puede perderse.
- ¿El horizonte de eventos es un muro de fuego? (Esto es importante para que los astronautas sepan si al atravesarlo morirían aplastados o incinerados).

SABER MÁS

Agujeros de gusano

La teoría de la relatividad general permite la existencia de unos objetos muy particulares: los **agujeros de gusano**. Se trata de una especie de túneles que permitirían conectar puntos distantes del Universo o, incluso, puntos de diferentes universos. Pero no se ha encontrado ninguno y nadie sabe si existen o no.

No es de extrañar que estos objetos tengan un papel protagonista en algunas novelas o películas de ciencia ficción.

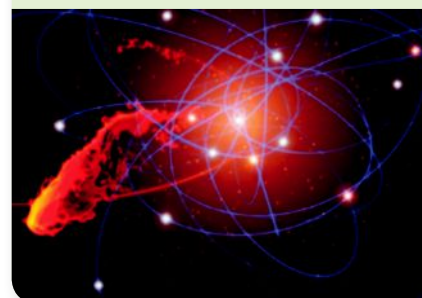


Fotograma de la película *Interstellar*.

SABER MÁS

¿Es peligroso Sagitario A*?

El agujero negro del centro de la Vía Láctea atraviesa un periodo muy poco activo: en los últimos trescientos años parece que apenas ha devorado materia; en cambio, hay indicios de que pudo engullir grandes cantidades de materia hace unos cien mil años, quizá estrellas o nebulosas. Está rodeado de estrellas jóvenes que, de momento, no corren peligro. Incluso la más próxima, a 7500 millones de kilómetros, está lejos del horizonte de eventos (7 700 000 kilómetros).



ACTIVIDADES

- 12 **EXPRESIÓN ESCRITA.** Escribe un cuento de menos de dos páginas en el que intervenga un agujero negro.
- 13 ¿Cómo se puede detectar un agujero negro si no se puede ver?
- 14 Explica qué es el horizonte de eventos de un agujero negro.

El Universo, tal como lo conocemos hoy, no se parece en nada al que surgió del *big bang*. Esta teoría no especifica en detalle cómo era el Universo justo en ese instante, sino que describe, mediante observaciones (como la radiación cósmica de fondo), cálculos matemáticos y simulaciones de ordenador, cómo evolucionó a partir de entonces. Tampoco aporta nada sobre el tiempo anterior a la gran explosión, un tema pendiente para los científicos del futuro.

Veamos una secuencia que subraya los principales cambios sucedidos en estos 13800 millones de años de historia del Universo.

1. 10^{-33} segundos: la etapa de inflación

El Universo supercomprimido se expandió, creciendo a enorme velocidad: se ha propuesto que su tamaño aumentó 10^{26} veces en una fracción de segundo. Pero muchos científicos no están de acuerdo con esta hipótesis, que hasta el momento no ha podido comprobarse. Una de sus consecuencias podría ser la existencia de universos múltiples, o multiversos.

2. Tres primeros minutos: formación de partículas complejas

Este Universo que se inflaba era muy caliente y estaba formado por una mezcla de partículas: fotones, electrones y quarks (los componentes del protón y el neutrón). Al enfriarse, algunas de estas partículas se unieron para formar neutrones y protones.

3. 370 000 años: primeros átomos y primeras luces

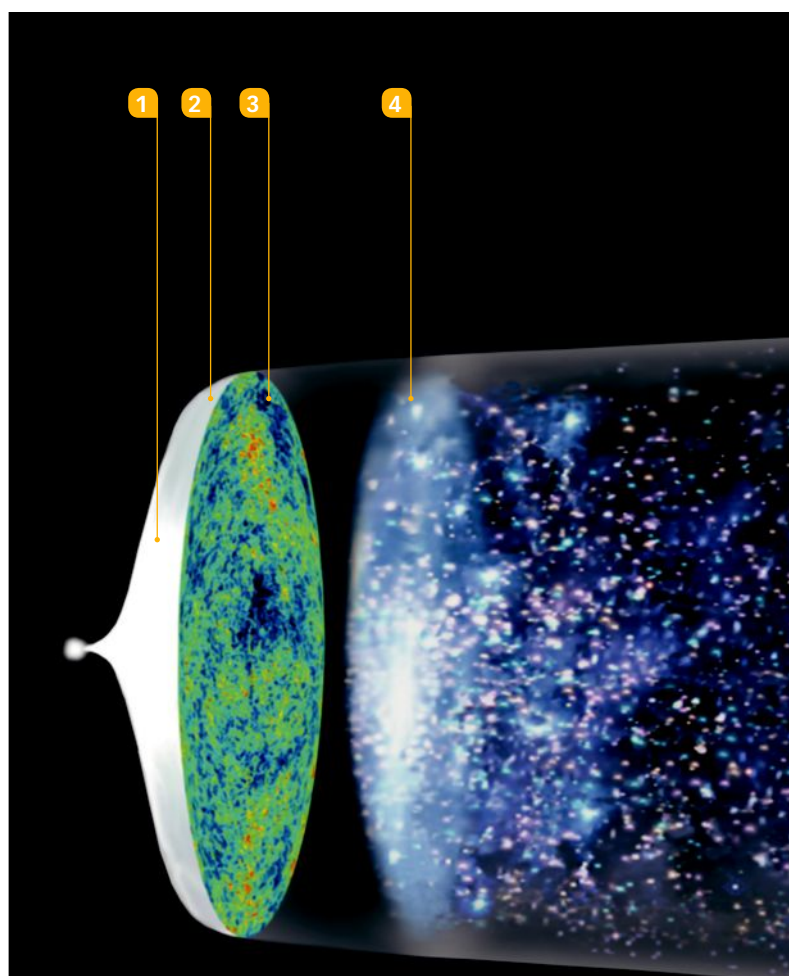
La bruma de partículas elementales siguió enfriándose hasta que, por vez primera, los protones, neutrones y electrones pudieron unirse para formar átomos de hidrógeno, helio y litio. Esto supuso un cambio fundamental, porque al desaparecer las partículas con carga eléctrica, que interferían con los fotones, estos ya pudieron viajar libremente: surgieron los primeros rayos de luz. El resto de esta primera luz es lo que nos llega desde todo el Universo como radiación cósmica de fondo.

4. 300 millones de años: estrellas y galaxias

Las zonas del espacio que eran ligeramente más densas que el resto empezaron a atraer materia (¡Newton funciona!). Al chocar, estas partículas se calentaron tanto que en los puntos más densos surgieron las primeras estrellas, las cuales, poco a poco, se congregaron para dar galaxias.

5. 9 000 millones de años: el Universo acelera su expansión

Las galaxias comenzaron a viajar a velocidades cada vez mayores. ¿Qué es lo que provocó esta aceleración? Esta es la mayor incógnita existente hoy en el estudio del Universo. Por el momento, los científicos han denominado **energía oscura** a esta fuerza misteriosa que actúa en sentido contrario a la fuerza de la gravedad.



INTERPRETA LA IMAGEN

- 15 Indica qué elementos de los que aparecen en la imagen puedes reconocer.
- 16 El contorno del dibujo tiene forma, aproximadamente, de campana. ¿A qué se debe el ensanchamiento que muestra en su última parte?

SABER MÁS**¿Qué es un fotón?**

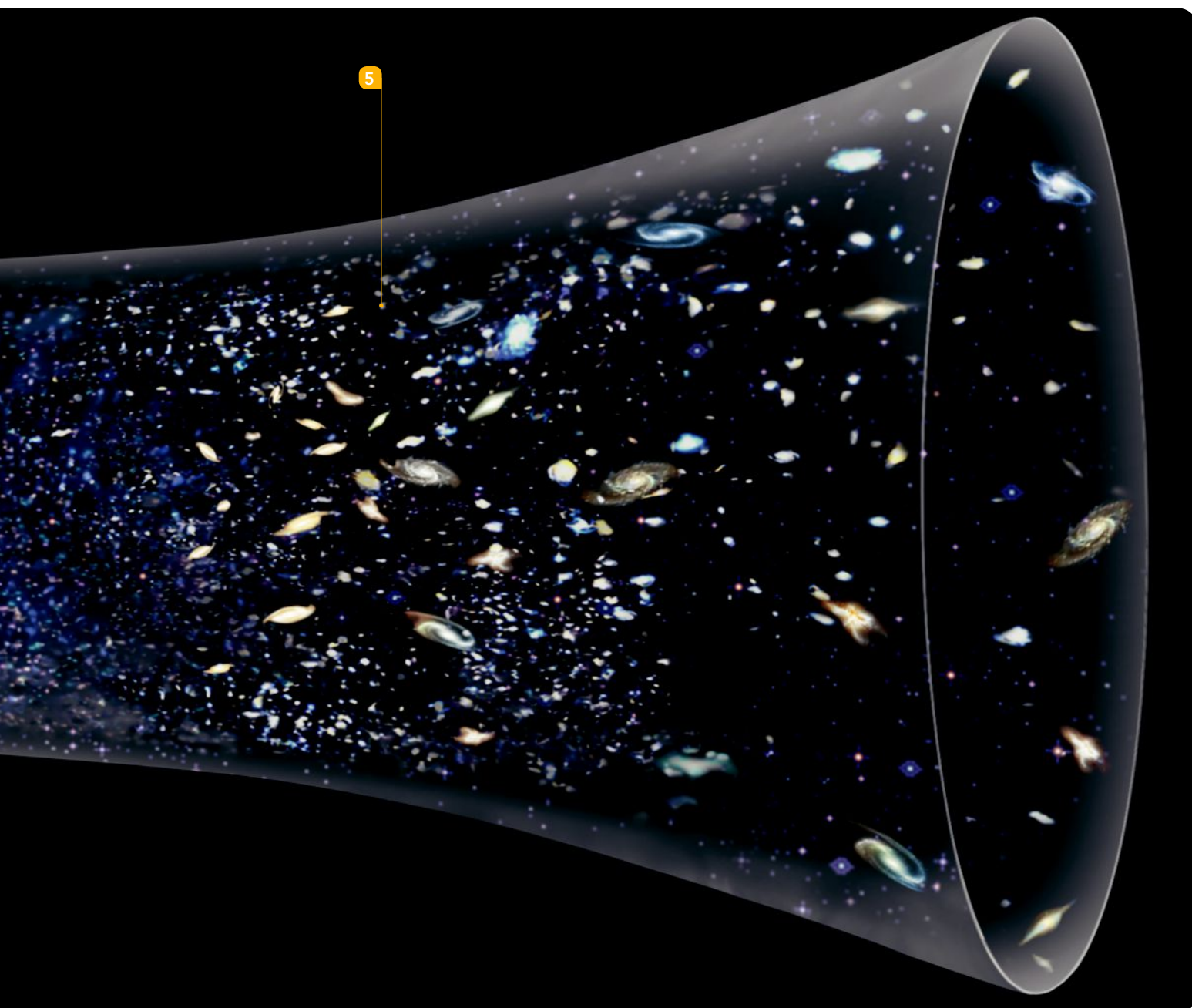
La luz y las demás radiaciones electromagnéticas están formadas por partículas denominadas **fotones**.

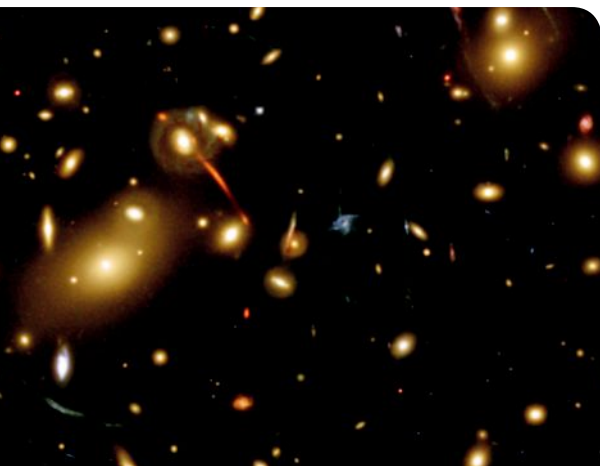
Los más energéticos corresponden a los rayos X y γ , y los menos energéticos, a las ondas de radio, las microondas y la luz visible.

ACTIVIDADES

17 ¿Cómo se formaron, según la teoría del *big bang*, las primeras estrellas y galaxias?

18 ¿Qué es la energía oscura y por qué se postula su existencia?





Cúmulo de galaxias Abell 2218.

Tras las galaxias que se observan en primer plano se ven unos puntos de luz que, en realidad, son algunas de las galaxias más remotas observadas, a unos 13000 millones de años luz.

¿Tiene límites el Universo?

Las unidades de longitud que empleamos en un planeta son demasiado pequeñas para el Universo. Las enormes distancias a las estrellas y, sobre todo, a las otras galaxias se miden en **años-luz**. Un año-luz es la distancia que la luz recorre en un año y equivale a 9460730472581 km, es decir, unos nueve billones de kilómetros.

Ahora que ya tenemos una unidad de medida y sabemos la edad del Universo (13800 millones de años), podemos hablar de su tamaño. El Universo observable mide 13800 millones de años-luz, que es la distancia que ha podido recorrer la luz en este tiempo. Esto es lo que se llama **horizonte**. Pero ¿qué hay más allá del horizonte?

Los científicos creen que en el Universo rige el llamado **principio cosmológico**, que dice que, a gran escala, cualquier zona del Universo es análoga a las demás. Este principio descarta que el Universo tenga límites, porque un límite sería un lugar especial.

De forma que, según la ciencia actual, el Universo debe de ser infinito.

¿Existen otros universos, además del nuestro?

Es el momento de hablar de los **multiversos**, una derivación muy popular de la hipótesis de la inflación. En esta etapa, el crecimiento del Universo sería tan brutal que este se rompería en burbujas que crecerían por separado, y cada una de ellas originaría un Universo distinto, quizá con leyes físicas propias. El número de universos sería tan alto que cualquier acontecimiento imaginable –por ejemplo, lanzar una moneda al aire– tendría infinitos resultados posibles.

Esta propiedad es fatal para poder demostrar la hipótesis, porque ningún experimento permite descartar una teoría que prevé cualquier resultado. Pero el problema de fondo es que la existencia de estos teóricos universos no se podrá comprobar jamás, ya que, por definición, permanecerían para siempre separados y sin ninguna posibilidad de contacto.

¿O tal vez nos equivocamos, como aquel filósofo del siglo XIX?



INTERPRETA LA IMAGEN

19

¿Qué representa cada esfera en el dibujo?
¿Reconoces en ellas algún elemento?

Representación artística de la hipótesis de los multiversos.

Esta hipótesis no se ha podido confirmar ni descartar y muchos científicos opinan que nunca se podrá.



¿Cuál es el futuro del Universo?

Por desgracia, las predicciones no son muy optimistas: la energía oscura separaría las galaxias unas de otras a distancias tan grandes que, en la práctica, cada una quedaría totalmente aislada de las demás, como si fuese la única en el Universo. Más adelante, las galaxias, las estrellas, los planetas y los mismos átomos se romperían, y sus restos quedarían separados. Esta hipótesis se ha llamado el **big rip** (gran desgarramiento). Pero podemos estar tranquilos: para eso, si es que de verdad ocurre, todavía faltan unos veinte mil millones de años.

ACTIVIDADES

- 20** ¿Qué es el principio cosmológico? Di si, a partir de este principio, el Universo tiene límites.
- 21** Explica en qué consiste el *big rip*.

SABER MÁS

Telescopios en la Antártida: buscando nuevas respuestas

A una altura de 3000 m, bajo una atmósfera muy seca y con una noche que dura seis meses, el Polo Sur es un lugar privilegiado para la astronomía. Un telescopio con una lente de diez metros situado en el mismo Polo Sur geográfico está dedicado actualmente a perseguir uno de los grandes secretos del Universo: la energía oscura. Para eso, el telescopio está confeccionando un catálogo de miles de cúmulos galácticos muy lejanos, cuya distribución reflejaría el equilibrio entre la gravedad y esta misteriosa fuerza de repulsión en el principio del Universo.



Otro telescopio que se encuentra en el Polo Sur es Bicep2. En 2014 saltó a la fama porque anunció la detección indirecta de **ondas gravitacionales** causadas por la etapa de inflación del *big bang*. Estas ondas son una especie de ondulaciones del espacio-tiempo, como las ondas formadas en un estanque por una piedra. La teoría de la relatividad general preveía estas ondas, que nunca antes se habían detectado. Sin embargo, la mayoría de la comunidad científica no aceptó los resultados de Bicep2. Las ondas gravitacionales fueron observadas por primera vez en 2016 por el observatorio LIGO.



En la Antártida se está llevando a cabo un segundo tipo de experimento que intenta averiguar qué partículas podrían componer la materia oscura. Dadas sus extrañas propiedades, no puede tratarse de ninguna de las partículas conocidas. Un equipo científico está lanzando a la estratosfera globos equipados con detectores ultrasensibles persiguiendo una tenue pista: han detectado electrones de muy alta energía que podrían surgir de la interacción de partículas desconocidas. Son científicos jugando a detectives de la naturaleza.



ACTIVIDADES FINALES



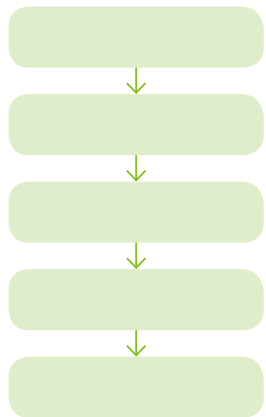
REPASA LO ESENCIAL

22 RESUMEN. Haz el resumen de la unidad copiando y completando las siguientes oraciones:

- Los objetos básicos que constituyen el Universo son las , que contienen y se agrupan para formar
- La fuerza que mantiene unidos los cúmulos es
- Las galaxias se alejan unas de otras. Esto ha hecho proponer la teoría , apoyada por hallazgos como
- Los elementos más abundantes en el Universo son
- En el núcleo de las estrellas se producen núcleos de diversos elementos mediante la
- Los elementos más pesados que el hierro
- Cuando la masa de una estrella es más del triple que la del Sol
- En el centro de la Vía Láctea se encuentra
- La historia del Universo se puede resumir en cinco etapas, tras el big bang:
- Hoy día se piensa que el futuro del Universo será

23 Ordena de menor a mayor:

Vía Láctea, Laniakaa, Sol, Grupo Local, brazo de Sagitario



24 Explica qué es la materia oscura y cómo se puede saber que existe si no puede verse.

25 La fuerza gravitatoria que se establece entre dos cuerpos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Explica, sin usar expresiones matemáticas, qué indica esta ecuación.

26 ¿En qué se basan los científicos para afirmar que las galaxias se están alejando unas de otras?

27 Explica qué es la llamada radiación cósmica de fondo y por qué su hallazgo apoyaba la teoría del *big bang*.

28 Aunque hay muchos elementos químicos, en el Universo abundan solo unos pocos. Contesta a las siguientes preguntas:

- ¿De qué elementos químicos están formadas mayoritariamente las estrellas y las galaxias?
- ¿Cómo se ha logrado averiguarlo?

29 ¿Mantienen las estrellas su composición durante toda su existencia? Explica tu respuesta.

30 Si la especie humana consigue perdurar y evita su extinción durante varios miles de millones de años, estará obligada a abandonar la Tierra y buscar otro hogar en el Universo.

¿Estás de acuerdo? Explica por qué.

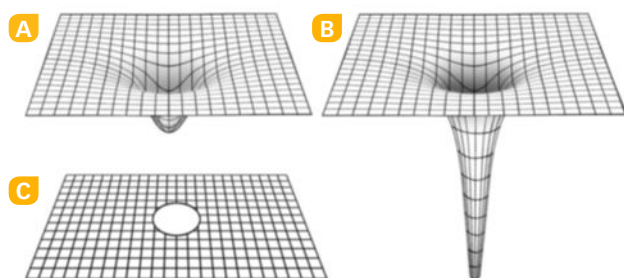
31 Explica qué es una supernova y de dónde procede la energía que libera. También explica por qué son importantes para nosotros.

32 ¿Podría existir vida en un planeta que orbitara en torno a una de las primeras estrellas que se formaron tras el *big bang*? Razona tu respuesta.

33 ¿Podremos observar alguna vez un agujero negro? Explica por qué.

34 ¿Cuál de los siguientes dibujos representa un agujero negro?

Explicalo basándote en la concepción de la gravedad de Albert Einstein.



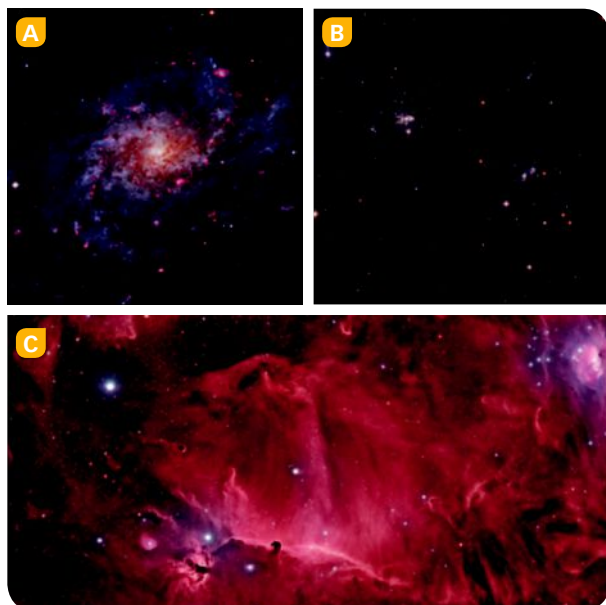
35 Explica qué son:

- El *big bang*.
- La inflación cósmica.
- La radiación cósmica de fondo.
- La energía oscura.

PRACTICA

- 36** Las siguientes fotografías han sido captadas mediante diversos telescopios.

Indica si corresponden a estrellas, galaxias o nebulosas y explica tu respuesta.

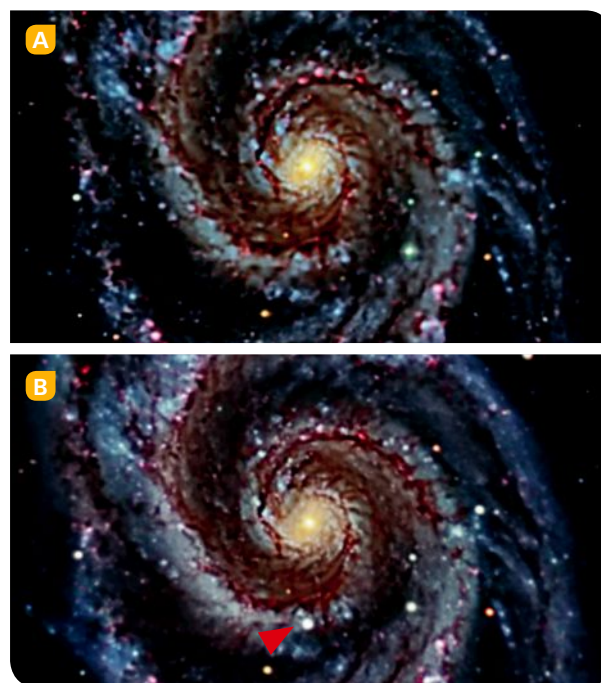


- 37** Explica la siguiente oración:

«Cuanto más lejos observamos con nuestros telescopios, más atrás retrocedemos en el tiempo».

- 38** Observa las dos imágenes, correspondientes a la galaxia M 51. La imagen de arriba se tomó antes que la de abajo.

Entre las dos imágenes ocurrió algo impactante. ¿Qué crees que pudo ser? Fíjate en lo que señala la punta de flecha.



TRABAJO COOPERATIVO

39 Hacer un mural sobre el Universo

Preparad en equipo un mural con las imágenes más atractivas del Universo. Para ello, podéis visitar las páginas web de la NASA o de la ESA.

Podéis repartiros el trabajo entre los miembros del equipo, de modo que cada uno busque información sobre un tipo de objeto: estrellas y constelaciones, nebulosas y galaxias. Luego debéis poneros de acuerdo entre todos para seleccionar las mejores imágenes.

Cada imagen del mural debe ir acompañada de un texto que explique lo que se observa en la imagen y especifique qué telescopio la ha tomado.

El último paso será pegar las imágenes y los textos sobre cartulina o sobre papel continuo.





Debatir sobre la exploración espacial

El 4 de octubre de 1957 se lanzó el Sputnik, el primer satélite artificial, y dio comienzo la denominada **carrera espacial**. Esta carrera tenía múltiples objetivos, pero uno de ellos era el científico: comprender el cosmos. Desde el principio se alzaron voces contra la exploración del espacio. Su principal argumento era que, en un mundo con tanta pobreza, resultaba inmoral dedicar tal cantidad de dinero a la exploración del Universo.

Todos podemos y debemos tener una opinión en este tema; pero, para ello, hacen falta datos. Aquí te ofrecemos diversos datos económicos expresados en millones de dólares. Los costes de misiones espaciales se han corregido teniendo en cuenta la inflación, es decir, reflejan cuál sería el gasto hoy día.

Presupuesto anual de algunas agencias espaciales (2014)

NASA (EE. UU.)	17 650 (0,5 % del PIB)
Roskosmos (Rusia)	7 400 (3,5 % del PIB)
ESA (Unión Europea)	5 000 (3,8 % del PIB)
Contribución española a la ESA	389 (3,8 % del PIB)

Coste de algunas misiones espaciales

Transbordador espacial (NASA)	199 000
Estación Espacial Internacional	150 000
Programa Apolo (NASA)	110 000
Curiosity (NASA)	2 500
Telescopio espacial Hubble (NASA)	2 500
Mangalyaan (India)	74

Mayores presupuestos de clubes de fútbol (2013)

Real Madrid	512
Barcelona	483
Manchester United	396
Bayern de Múnich	368
Chelsea	322

Mayores gastos militares (2011)

EE. UU.	607 000
China	84 900
Rusia	70 600
Gran Bretaña	65 700
Francia	65 300



Mayores donantes de ayuda al desarrollo (2015)

EE. UU.	32 730 (0,21 % del PIB)
Gran Bretaña	19 390 (0,71 % del PIB)
Alemania	16 250 (0,41 % del PIB)
Francia	10 370 (0,70 % del PIB)
Japón (2009)	9 190 (0,18 % del PIB)
Total	87 930
Contribución española	1 893 (0,14 % del PIB)

ACTIVIDADES

40 **USA LAS TIC.** Averigua en qué consisten las misiones espaciales que se nombran.

41 En 1970, la hermana Mary Jucunda, una religiosa que trabajaba en Zambia combatiendo la desnutrición infantil, escribió una carta a Ernst Stuhlinger, un científico de la NASA. En ella, le preguntaba cómo podía sugerir gastar miles de millones de dólares en mandar una misión tripulada a Marte mientras en la Tierra había tantos niños muriendo de hambre. Stuhlinger dio una amplia respuesta a la hermana Mary, que incluía la siguiente reflexión:

«Creo que viajar a la Luna, y luego a Marte y otros planetas, es una aventura que debemos emprender ahora, e incluso creo que ese proyecto, a la larga, contribuirá más a la solución de esos graves problemas que tenemos aquí en la Tierra que muchos otros potenciales proyectos de ayuda que se están debatiendo y discutiendo año tras año, y que son tan lentos a la hora de proporcionar ayuda tangible».

- ¿Qué crees que quería decir Stuhlinger? Explica si estás de acuerdo con él o si discrepas.
- Busca en Internet la carta completa y, de nuevo, explica si estás de acuerdo con él o no.

42 Organizad un debate sobre la exploración espacial. Respetad los turnos de intervención y usad datos para justificar vuestras opiniones.

El Gran Telescopio Canarias

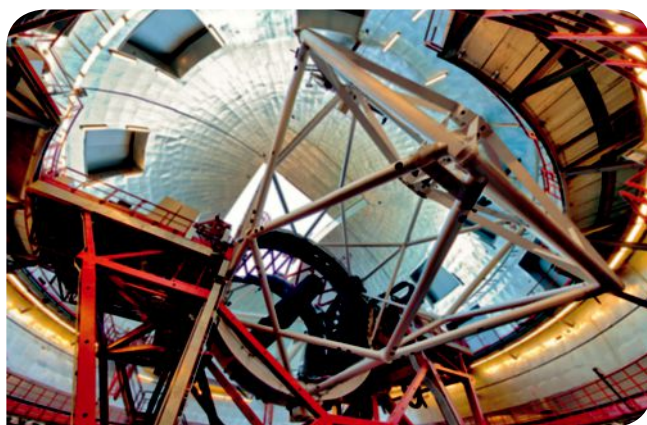
Para conocer el Universo dependemos de los telescopios, esos grandes ojos que observan el firmamento.

Y en España se encuentra uno de esos grandes ojos, el Gran Telescopio Canarias.

El Gran Telescopio Canarias (también conocido como GTC o GRANTECAN) es un proyecto liderado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, con el apoyo de la Administración del Estado y la Comunidad Autónoma de Canarias, a través de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) de la Comunidad Europea. Cuenta también con la participación de México y EE.UU. Su actividad científica comenzó en marzo de 2009.

El telescopio se encuentra en el Observatorio Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, a 2400 m sobre el nivel del mar, por encima del «mar de nubes». Se trata de un lugar privilegiado para la observación astronómica por la atmósfera transparente y estable que le proporcionan los vientos alisios.

El GTC es actualmente el mayor telescopio óptico e infrarrojo del mundo y uno de los más avanzados. Está compuesto por un espejo primario de 36 piezas hexagonales que, unidas, tienen una superficie colectora de 75,7 m², tamaño equivalente al de un espejo circular de 10,4 m de diámetro.



Cuenta con óptica activa y óptica adaptativa. La óptica activa es un sistema con el que los espejos se alinean, deforman y mueven a fin de mantener de un modo preciso su forma y posición, con independencia de las condiciones externas. La óptica adaptativa consiste en que los espejos son ligeramente deformables para compensar las aberraciones que sufre la luz a su paso por la atmósfera en cada momento. Es casi como observar sin atmósfera.

El telescopio está protegido por una cúpula para evitar al máximo la existencia de turbulencias externas e internas que pueden degradar la imagen.



Para hacerse una idea de las posibilidades de este instrumento, podemos considerar que con él podríamos distinguir los faros de un coche a 20000 km de distancia.

La función de un instrumento como este telescopio no es, simplemente, fotografiar los componentes del Universo. El telescopio envía la luz que recoge a sofisticados instrumentos que permiten investigar sobre la materia oscura, ver el nacimiento de las estrellas y galaxias más alejadas del Universo, profundizar en el estudio de los agujeros negros y su evolución, descubrir qué elementos químicos componían el Universo poco después del *big bang*... En definitiva, conocer más sobre el Universo, sus componentes, su historia y su evolución.

ACTIVIDADES

- 43 ¿Por qué los observatorios astronómicos se suelen situar en las cumbres de las montañas?
- 44 ¿Qué ventajas presentan las zonas altas de Canarias para la observación astronómica?
- 45 ¿Qué ventajas presenta el GTC frente a otros telescopios actuales?
- 46 El GTC observa el Universo mediante luz visible e infrarroja, pero existen otros grandes telescopios que emplean otras longitudes de onda del espectro electromagnético.
Busca información sobre alguno de estos otros telescopios y la información que proporcionan.
- 47 En la actualidad están instalándose telescopios en naves espaciales, desde donde envían imágenes.
Investiga sobre cuáles son los telescopios espaciales en funcionamiento y las ventajas que aportan.
- 48 Visita la web GTCdigital.net y explica las ventajas de utilizar un espejo compuesto en vez de uno fabricado de una sola pieza.