

# NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

## 1 El universo

El ser humano siempre ha dirigido su vista hacia el firmamento y se ha maravillado ante el espectáculo desplegado ante sus ojos. Pero también ha intentado desentrañar y aprovechar la **regularidad de Los ciclos** de la bóveda celeste. De hecho, cuando en el 4000 a. C. la civilización sumeria observó por primera vez el firmamento de manera sistemática lo hizo para crear un calendario agrícola basado en los movimientos celestes. Así mismo, el comienzo del año solar de los antiguos egipcios venía marcado por la salida de la estrella Sothis — nuestra Sirio— por el horizonte antes del amanecer, momento que coincidía con la crecida anual del Nilo y, por lo tanto, con el principio del periodo de abundancia.

A esto se añade que las edificaciones más emblemáticas de las antiguas civilizaciones (dólmenes, pirámides, círculos de piedra, etc.)



Imagen del cielo nocturno en la que se observa la constelación de Orión, fácilmente identificable gracias al cinturón de Orión —las tres estrellas centrales— y Sirio —la estrella más brillante.



Stonehenge (Reino Unido) es uno de los monumentos milenarios más fascinantes. Sus constructores reunieron cientos de bloques de hasta 26 toneladas para construir dos círculos concéntricos en cuyo centro se sitúa la «piedra altar», que se alinea con la «piedra talón», para señalar el punto exacto de la salida del Sol en el solsticio de verano.

se alineaban con estrellas y constelaciones y que los astrónomos eran personas respetadas e influyentes. Aunque si algo tenían en común todas estas primitivas culturas es que otorgaban al cielo un carácter sobrenatural considerándolo morada de dioses cuyos fenómenos obedecían a leyes divinas. Fueron los griegos los primeros en romper con esta tendencia reconociendo un universo regido por leyes naturales. Con ellos comenzó un camino de búsqueda que concluyó cuando, en el siglo II, Claudio **Ptolomeo** publicó una obra de trece volúmenes titulada *Almagesto*, en la que describía un complejo **sistema geocéntrico**, con la Tierra como centro del universo, que se mantuvo vigente en occidente casi 1500 años. Durante el Renacimiento se produjo un cambio sustancial en el modo de entender el cosmos. En primer lugar, a principios del siglo XVI, NicoLás **Copérnico**

demonstró que los movimientos celestes son más coherentes si atribuimos una **posición central al Sol en vez de a la Tierra (sistema heliocéntrico)**. Aparentemente, este pensamiento contradecía la experiencia cotidiana y fue perseguido hasta que, aprovechando el recién descubierto **telescopio**, Galileo Galilei demostró sin lugar a dudas que la **Tierra gira alrededor del Sol**, a la vez que construía los cimientos de una ciencia basada en la observación y la experimentación. Su obra influyó en el científico

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

alemán Johannes **Kepler**, que elaboró **tres leyes** sobre el movimiento planetario aún vigentes hoy, la primera de las cuales revela que la **órbita de los cuerpos celestes es elíptica** y no circular. Y poco después, Isaac **Newton** formuló su **teoría de la gravitación universal**, que completaba una noción del universo basada en sencillas leyes mecánicas.

### **Ten en cuenta**

*Una de las características más evidentes de las estrellas es su luminosidad, que mide la cantidad de radiación emitida. Se puede relacionar con la masa, el tamaño y la temperatura de la estrella para realizar la clasificación espectral de Harvard, la más utilizada en Astronomía. Dicha clasificación fue creada en 1901 por Annie Jump Cannon, a quien le corresponde también el honor de ser la persona que más estrellas ha catalogado en la historia. ¡Más de 250000!.*

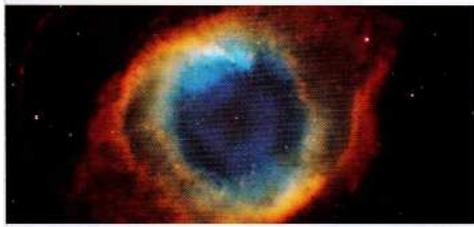
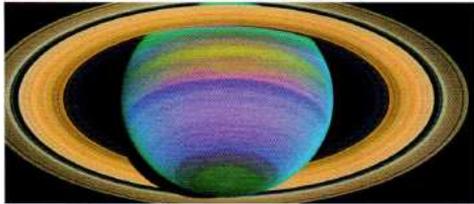
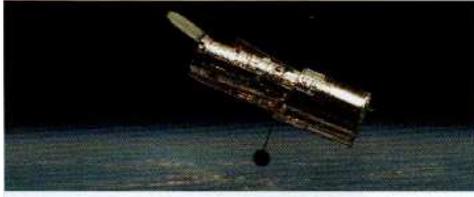
### **1.1 Espacio y tiempo**

A principios del siglo xx los científicos habían conseguido elaborar un sólido cuerpo de conocimientos con leyes sobre mecánica, óptica, termodinámica, electricidad, magnetismo, cinética, etc. Tanto es así que se pensaba que prácticamente todo había sido descubierto y que tan solo quedaba pendiente rellenar pequeñas lagunas. Pero nadie contaba con las revolucionarias ideas de un inspector técnico de la Oficina Nacional de Patentes de Berna llamado Albert **Einstein**, que en el año 1905 envió tres breves artículos a la revista *Annalen der Physik* y cambió para siempre nuestra forma de ver el mundo.

El tercer artículo de Einstein, titulado «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento», sirvió de base a la **teoría especial de La relatividad**, que aportó dos grandes ideas. En primer lugar, **demostró que nada podía superar la velocidad de la luz (300000 km/s)**. En segundo lugar, estableció la famosa ecuación  $E = mc^2$ , que sugiere que masa y energía son dos formas de la misma cosa: la energía es materia liberada y la materia es energía almacenada. La ecuación  $E = mc^2$  es, sin duda, la más famosa y la menos comprendida de la ciencia. **Indica una relación de equivalencia entre masa y energía y sugiere que, teóricamente, cualquier cuerpo sería capaz de liberar una ingente cantidad de energía.** El problema es que a los humanos no se nos da muy bien convertir materia en energía, que es lo mismo que decir que realizamos esta operación con una eficiencia muy baja. No somos capaces de transformar toda la materia en energía. Por ejemplo, si un hombre de 70 kg de masa pudiera transformar toda su materia en energía, liberaría una cantidad de energía equivalente a 30000 bombas de hidrógeno, el objeto más energético que hemos fabricado artificialmente.

Sin embargo, tanto los materiales radiactivos como las estrellas consiguen realizar esta conversión con gran eficiencia. Eso implica que son capaces de liberar grandes cantidades de energía en forma de radiación durante mucho tiempo sin que exista una pérdida apreciable de masa, es decir, sin consumirse. Este hecho proporcionó a los

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO



Imágenes obtenidas por el telescopio espacial Hubble (a) de Saturno y sus anillos (b) la nebulosa Helix (c) y la galaxia del Sombrero (d). (Cortesía: NASA.)

astrónomos **un universo de miles de millones de años**. Por otra parte, en 1924, un astrónomo llamado **Edwin Hubble** demostró que lo que se consideraba una lejana nube de gas llamada M31 en la constelación de Andrómeda era, en realidad, una galaxia de 100000 años luz de diámetro y situada a 900000 años luz de la Tierra. Posteriormente, demostró que no solo existían miles de galaxias, sino que estas se alejaban en todas direcciones. Esto equivale a decir que **el universo se está expandiendo**.

### Actividades

1. En las páginas de cualquier periódico o revista encontramos información sobre astrología, mientras que resulta difícil localizar alguna publicación de contenidos astronómicos. *a)* Define claramente los términos astrología y astronomía, y delimita los campos de acción de cada una. *b)* ¿Qué motivos encuentras para explicar semejante disparidad en el acceso a la información? *c)* ¿Por qué no debemos considerar la astrología como ciencia?
2. Busca información sobre los tipos de telescopios que existen: ondas de radio, espectro visible, infrarrojos, rayos ultravioleta y rayos X. *a)* Buscad los más modernos. *b)* ¿Dónde están situados? ¿En la superficie terrestre u orbitando alrededor? ¿Por qué? *c)* ¿Qué objetos detecta cada uno?

## 1.2 Origen y futuro del universo

Si, tal y como descubrió Hubble, **el universo se expande**, parece lógico pensar que **al principio todas las galaxias debían estar concentradas en un punto**. La idea fue propuesta por primera vez en 1927 por un sacerdote y matemático llamado Georges **Lemaître**. Pero, como tantas otras veces, el mundo necesitó decenios y un par de descubrimientos esenciales para que la hipótesis del **Big Bang** fuera definitivamente reconocida como teoría en 1965.

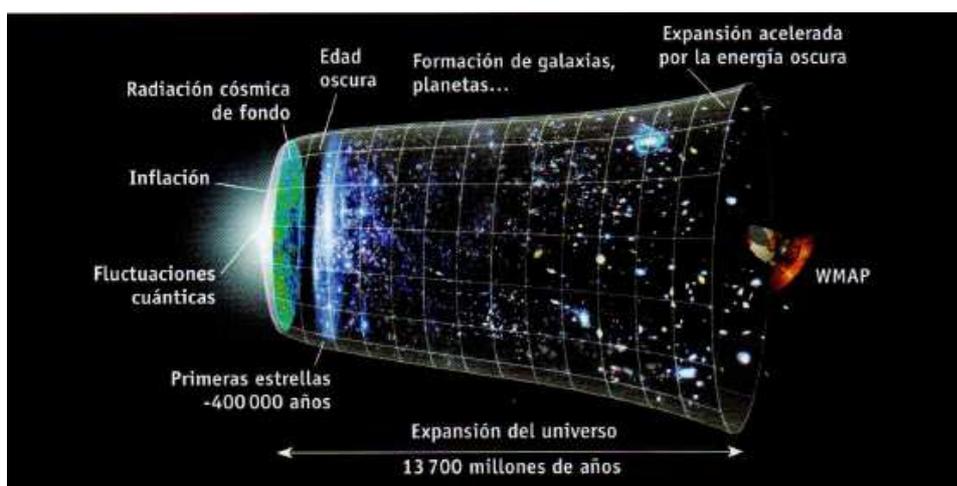
### A. El Big Bang

La teoría del Big Bang nos habla de lo que ocurrió inmediatamente después de la **Gran explosión**, que ni fue grande ni fue realmente una explosión. **Al principio, el universo estaba lleno de energía con una densidad y temperatura**

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

inimaginables. Aproximadamente,  $10^{-35}$  segundos más tarde se produjo una expansión acelerada (inflación cósmica) y, a continuación, la temperatura descendió permitiendo la aparición de las partículas elementales. Transcurridos 300000 años, dichas partículas se unieron formando los primeros átomos. Con el paso del tiempo, algunas regiones ligeramente más densas de la materia, debido a la atracción gravitatoria, fueron compactándose formando estrellas, galaxias y el resto de las estructuras astronómicas que existen actualmente.

La primera prueba que confirma la teoría del Big Bang la aportó el astrónomo Vesto **Slipher** al analizar el espectro luminoso de las galaxias más lejanas. En virtud del efecto Doppler, si una galaxia se acercara hacia nosotros, la veríamos de color azul, mientras que, si la galaxia se



**Expansión del universo.** La sonda WMAP de la NASA, lanzada en 2001, ha ayudado a entender cómo evolucionó el universo tras el Big Bang. (Cortesía: NASA.)

*alejara de nosotros, la observaríamos de color rojo.* Pues bien, invariablemente, miremos donde miremos, las galaxias siempre se observan de color rojo, de lo que deducimos que se alejan de nosotros en todas las direcciones.

La segunda y definitiva prueba a favor del Big Bang se obtuvo por azar en 1965, en los laboratorios Bell de Holmdel (Nueva Jersey, EE. UU.). Allí, dos jóvenes radioastrónomos llamados **Arno Penzias** y **Robert Wilson** trataban de utilizar una antena de comunicaciones, pero siempre obtenían un ruido de fondo persistente que parecía provenir de todas direcciones y que les impedía trabajar. Intentaron eliminar el ruido de todas las maneras posibles, pero seguía allí. Dicho ruido venía a confirmar la idea propuesta por el astrofísico **George Gamow**, que predijo que la radiación generada en el Big Bang, después de recorrer todo el cosmos, llegaría hasta nosotros en forma de microondas. Y ese era el origen del ruido captado por Penzias y Wilson.

### Ten en cuenta

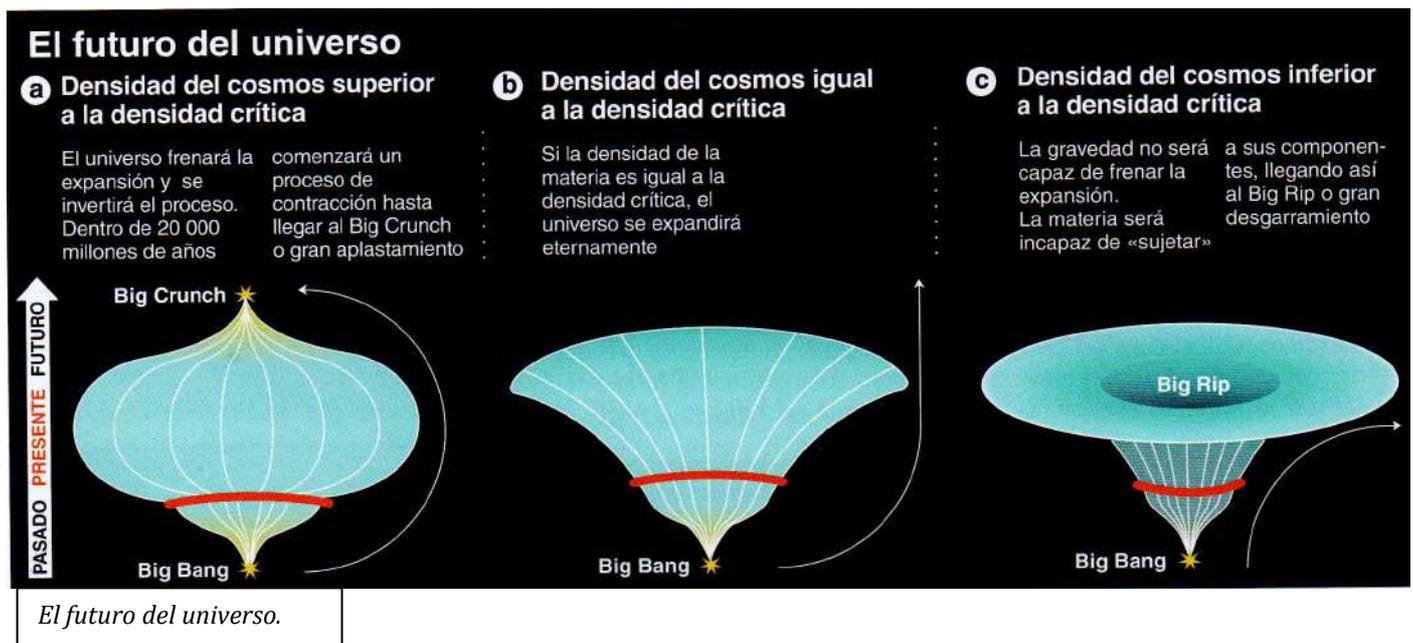
**Gracias a Einstein y a su teoría general de la relatividad no debemos concebir el Big Bang como una explosión de materia que se aleja para llenar un universo vacío. Tanto el espacio como el**

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

tiempo se crearon en ese instante primigenio, pero no como dos magnitudes diferentes, sino como una misma entidad denominada espacio-tiempo. Así pues, es el espacio-tiempo el que se extiende desde hace 15000 millones de años. Por ello, no tiene sentido preguntarse qué había antes del Big Bang o qué hay más allá del universo.

### B. EL final del universo

Si el Big Bang fue el principio del universo, cabe preguntarse cuál será su final. Para responder a esta cuestión debemos tener en cuenta la densidad de la materia del universo y compararla con un valor denominado **densidad crítica**.



Por otra parte, los astrónomos se han dado cuenta de que las galaxias se alejan entre sí a una velocidad mucho mayor de la que cabría esperar. La única explicación que han encontrado es que las galaxias deben contener más materia de la que podemos observar. Es la denominada **materia oscura**, y sus características aún no han sido desveladas. Además, se ha comprobado que el universo, lejos de tener un ritmo constante, sufrió una aceleración en su ritmo de expansión hace 3000 millones de años. Todo apunta a que la causa de dicha aceleración es la **energía oscura**, cuya naturaleza y origen también se desconocen.

Teniendo en cuenta estos dos nuevos elementos, la composición del universo quedaría de la siguiente manera: el 70 % correspondería a energía oscura, el 25 % sería materia oscura y la materia visible (estrellas, planetas, etc.) representaría solo el 5 %.

En la actualidad, los científicos siguen investigando el cosmos tanto a nivel experimental como teórico. La teoría de cuerdas, los **multiversos** y los espacios multidimensionales son algunos ejemplos de las últimas líneas de investigación.

# NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

## Actividades

3. El Big Bang se conoce como una «singularidad» a partir de la cual se originaron el tiempo y el espacio. ¿Podría la ciencia investigar las causas que originaron el Big Bang? Razona y discute los ámbitos sobre los que puede actuar la ciencia.
4. Visionad la charla de la física Patricia Burchat sobre la composición del universo disponible en la web [www.ted.com](http://www.ted.com).

## 2 Polvo de estrellas

La teoría del Big Bang predice que los primeros átomos en formarse fueron los más simples, el **hidrógeno** y el **helio**, que son también los **elementos químicos más abundantes del universo, aunque no de la Tierra**. Ahora bien, ¿de dónde procede el resto de elementos? De las estrellas, en cuyo interior se producen todos los componentes de la tabla periódica, incluidos los que forman parte de ti en este momento, gracias a unos procesos químicos denominados **reacciones termonucleares de fusión**.

El proceso comienza cuando frías nubes de gas y polvo comienzan a rotar sobre sí mismas por efecto de la gravedad. Esto provoca que la mayor parte de la materia se concentre en un punto central conocido como **protoestrella**. El aumento de choques entre las partículas hace que, en unos cuantos millones de años, la temperatura en el núcleo de la protoestrella se eleve tanto

**Así es la vida de una estrella**

Todo empieza cuando dos átomos de hidrógeno se fusionan en un átomo de helio.

**PROTOESTRELLA**

Masa menor de 1.4 veces la solar

**GIGANTE ROJA**

Cuando el hidrógeno de su núcleo se fusiona en helio, se expande.

**NEBULOSA PLANETARIA**

Expulsa sus capas externas y forma una nebulosa de gas.

**ENANA BLANCA**

La estrella se contrae, se enfría y palidece.

Masa superior a 1.4 veces la solar

**ESTRELLA MASIVA**

Consumido el hidrógeno, la gravedad comprime el núcleo. Los núcleos de helio se fusionan para producir carbono. Se originan elementos más pesados.

**SUPERNOVA**

Acabada la fusión, expulsa sus capas externas y forma una nebulosa de gas.

**AGUJERO NEGRO**

La materia no expulsada por la supernova puede formar un agujero negro.

**ESTRELLA DE NEUTRONES**

También puede transformarse en una estrella muy densa compuesta de neutrones.

*Evolución de las estrellas.*

que comience a brillar. Decimos entonces que ha nacido una **estrella**.

A partir de este momento, la estrella comienza a «quemar» su combustible, que no es otro que el hidrógeno. Dos átomos de hidrógeno se fusionan para dar un átomo de helio, generando luz y calor, en un proceso que puede durar miles de millones de años. Una vez consumido el hidrógeno, la estrella se comprime y sintetiza elementos cada vez más pesados: carbono,

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

oxígeno, azufre, hierro, etc. Cuando el núcleo de la estrella no puede contraerse más, tiene lugar una violenta explosión conocida como **supernova**.

### Importante

Denominamos **nebulosas** a las nubes de gas y polvo que, por fenómenos de condensación y agregación de materia, originarán las galaxias.

En cuanto a las **galaxias**, son sistemas de miles de millones de estrellas mantenidas juntas por efecto de la gravedad. Nuestra galaxia es la **Vía Láctea**. Tiene forma de espiral barrada con cuatro brazos, su diámetro ronda los 100 000 millones de años luz y la forman más de 200 000 millones de estrellas.



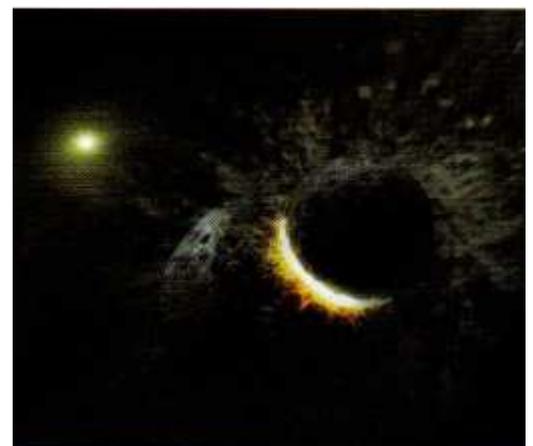
### Actividades

5. En el interior de las grandes estrellas se generan, debido a procesos de fusión termonuclear, todos los elementos de la tabla periódica más ligeros que el hierro. ¿Cómo explicas la formación de los elementos más pesados que el hierro?

6. Cuanta mayor cantidad de combustible inicial (hidrógeno) tiene una estrella, menos tiempo tarda en consumirlo. Explica esta aparente paradoja.

### 3 El sistema solar

El proceso de formación de las estrellas también es aplicable a nuestro Sol. Ahora bien, ¿de dónde proceden los planetas que giran a su alrededor, incluida la propia Tierra? ¿Y cuál es el origen de satélites, asteroides y cometas? Para responder a estas cuestiones, a lo largo de la historia se han propuesto diversas **teorías** que podemos clasificar en dos grupos: las **catastrofistas**, que planteaban la hipótesis de un pasado violento como causa inicial, y las **evolutivas**, que postulaban un proceso continuo y ordenado. Actualmente se identifica el origen del sistema solar con el de la Vía Láctea. Gigantescas



*En la actualidad se admite que la Luna se formó tras la colisión contra la Tierra de un cuerpo de aproximadamente un séptimo del tamaño de nuestro planeta. (Cortesía: NASA.)*

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

nubes de gas y polvo comenzaron una turbulenta contracción, formando en su seno grandes remolinos que condensaron la materia para dar lugar a estrellas. A su vez, dentro de estos remolinos surgieron otros más pequeños capaces de condensarse formando planetas. Si tomamos en cuenta el impacto magnético y gravitatorio del Sol, tenemos la **teoría de Hoyle**, la más aceptada en la actualidad.

Los astrónomos definen los **planetas** como cuerpos celestes que orbitan en torno a una estrella, que cuentan con suficiente masa para tener gravedad propia y adquirir forma redonda, y que han despejado las inmediaciones de su órbita. En el sistema solar hay ocho planetas. Y orbitando a su alrededor se encuentran los **satélites**. Solo Júpiter tiene más de 60 satélites.

Además, alrededor del Sol giran los **asteroides**, objetos rocosos o metálicos que ocupan un cinturón entre Marte y Júpiter. Son fragmentos de planetas que no llegaron a formarse. También existen **cometas**, pequeños núcleos de hielo y roca rodeados de una atmósfera nebulosa llamada cabellera.

¿Qué futuro le espera al sistema solar? Dentro de 5000 millones de años, al agotarse el hidrógeno, el Sol crecerá hasta convertirse en lo que se conoce como estrella **gigante roja**, engullendo a la Tierra en el proceso. Durante los siguientes cien millones de años la gigante roja se expandirá y contraerá varias veces, expulsando capas de gas. Mientras el gas expulsado brilla en forma de nebulosa, el núcleo, convertido en **enana blanca**, se desvanecerá lentamente a lo largo de millones de años.

### **Ten en cuenta**

#### **Teorías catastrofistas**

*En 1745, Georges Louis de Leclerc de Buffon sugirió que el sistema solar es la consecuencia del choque del Sol con un cometa, entendiendo por cometa un cuerpo de masa similar al Sol. En 1905 surgió la hipótesis planetesimal, o de la «cuasicolisión», según la cual el paso de una estrella cerca del Sol arrancó parte de su material, que quedó girando alrededor, formando con el tiempo masas sólidas (planetesimales) y, posteriormente, planetas.*

#### **Teorías evolutivas**

*En 1796, Pierre Simon de Laplace propuso la hipótesis nebular, según la cual, al concentrarse la nube de gas y polvo, la mayoría de la materia se agrupó en el centro para formar el protosol mientras una pequeña parte, localizada en la periferia del futuro astro, fue expulsada en forma de anillo de gas, que siguió girando de forma independiente y se concentró para formar planetas.*

### **Actividades**

7. Atendiendo al origen del sistema solar:

- ¿Cabría esperar la existencia de planetas alrededor de estrellas similares al Sol?
- ¿Y alrededor de estrellas mucho mayores que él?

## NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

c) Busca información sobre los denominados planetas errantes.

8. Explica y diferencia los términos meteoroides, meteoros y meteoritos. ¿Qué es una lluvia de estrellas?

9. Responde a las siguientes cuestiones:

a) Averigua cómo y cuándo se formó la Luna.

b) ¿Cuál es su papel sobre la inclinación del eje terrestre? ¿Qué otros efectos tiene sobre la Tierra?

c) ¿Es cierto que la Luna y la Tierra se están alejando? Busca información al respecto.