

# APUNTES BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

4º ESO

Prof. Javier Rodríguez Arango

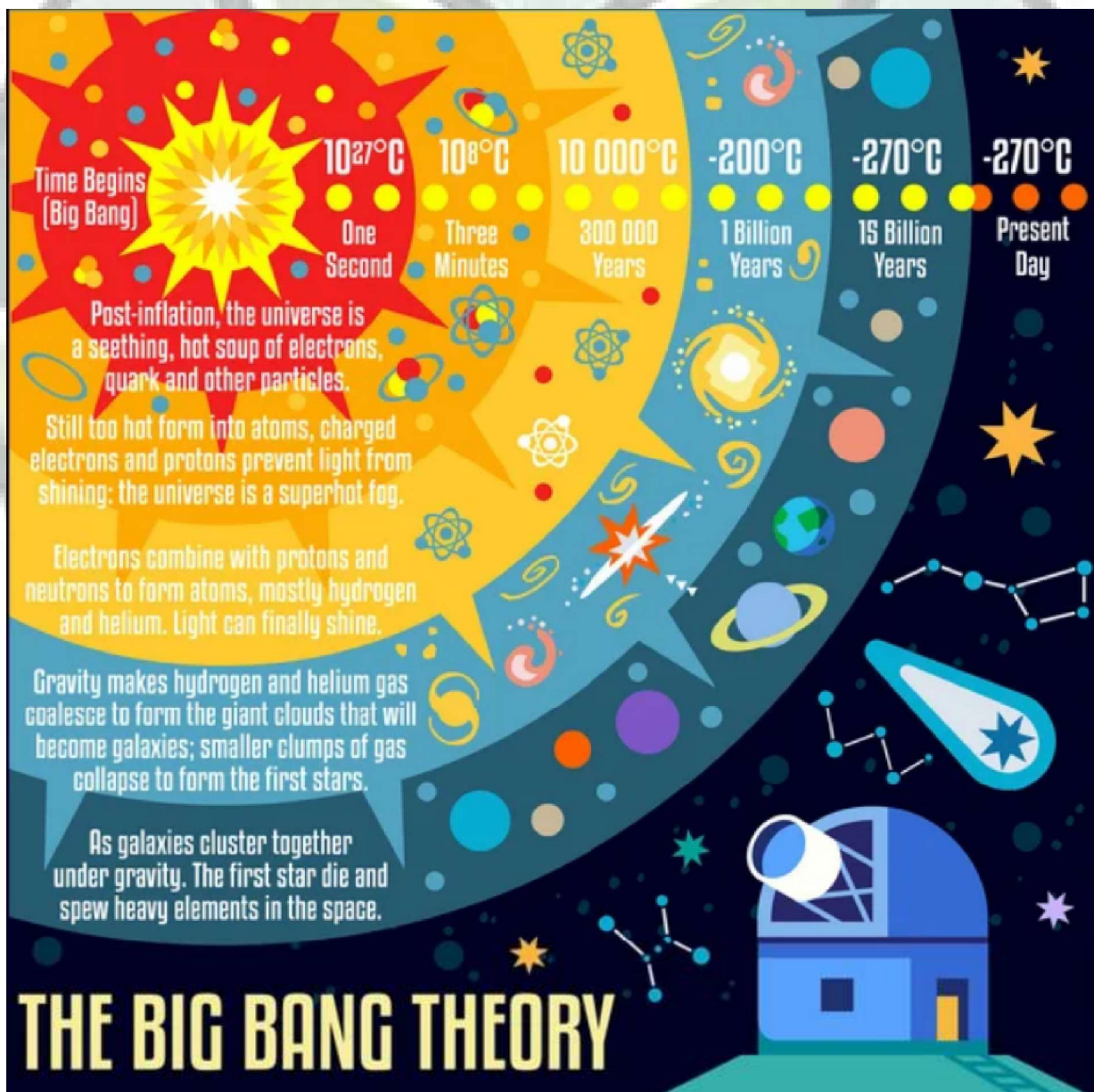


# Tema 1: El universo y la Tierra

## 1.1. El origen del universo y el Big Bang

El modelo cosmológico más aceptado para explicar el origen del universo es la **teoría del Big Bang**. Esta sostiene que hace unos 13.800 millones de años el universo estaba concentrado en un estado extremadamente denso y caliente. A partir de ese momento, comenzó una **expansión muy rápida** denominada **inflación**, en la que el espacio mismo se estiró de forma casi exponencial en una fracción de segundo.

Durante los primeros minutos se produjo la **nucleosíntesis primordial**, en la que se formaron los núcleos más ligeros: hidrógeno, helio y trazas de litio. A medida que el universo se expandía, se fue **enfriando**, hasta que, pasados unos 380.000 años, la temperatura descendió lo suficiente como para que protones y electrones se unieran y formaran átomos neutros. Este momento se conoce como **recombinación**. Tendría que pasar más del doble hasta las primeras estrellas.



Existen varias evidencias científicas que respaldan la teoría del Big Bang y nos ayudan a comprender que el universo tuvo un origen y que sigue en expansión:

- **Expansión de las galaxias:** en 1929, Edwin Hubble observó que la luz de las galaxias lejanas presentaba un **desplazamiento al rojo**, es decir, su luz se hacía más “roja” de lo esperado. Esto ocurre por el **efecto Doppler**, que indica que se están alejando de nosotros. Cuanto más lejos está una galaxia, más rápido se aleja. Esto solo se puede explicar si el espacio mismo se está expandiendo, lo que coincide con el modelo del Big Bang.
- **Radiación de fondo de microondas:** en 1965, Arno Penzias y Robert Wilson detectaron un débil ruido de microondas que provenía de todas las direcciones del cielo. Este fenómeno es el **eco térmico del Big Bang**, la luz liberada en el momento de la recombinación (cuando se formaron los primeros átomos) y que ha viajado por el espacio durante 13.800 millones de años. Hoy la observamos muy enfriada (a unos 2,7 K, es decir, cerca del cero absoluto), pero su existencia y distribución uniforme confirman que el universo estuvo en un estado muy caliente y denso.
- **Abundancia de elementos ligeros:** las proporciones observadas de hidrógeno, helio y litio en el universo coinciden con los cálculos teóricos de la **nucleosíntesis primordial** que predice la teoría del Big Bang. Si el universo no hubiera pasado por una fase caliente inicial, estas cantidades no serían las que observamos.
- **Estructura a gran escala del universo:** la distribución de las galaxias y de la materia en el espacio sigue patrones que concuerdan con las predicciones de los modelos de expansión del universo, lo que refuerza esta teoría.

Estas pruebas combinadas constituyen un conjunto muy sólido de evidencias que apuntan a que el universo tuvo un inicio en un estado caliente y denso, y que desde entonces no ha dejado de expandirse y evolucionar.

## 1.2. Formación de las primeras estrellas

Tras la recombinación, la materia comenzó a agruparse bajo la acción de la **gravedad**, formando grandes nubes de gas y polvo estelares llamadas **nebulosas**. Las regiones más densas de estas nubes colapsaron por fuerzas gravitacionales, aumentando su temperatura y presión hasta iniciar la **fusión nuclear** de núcleos de hidrógeno en helio, lo que dio lugar a las primeras estrellas. Estas **estrellas primordiales** eran muy masivas, vivieron poco tiempo y al explotar en supernovas liberaron elementos más pesados, enriqueciendo el medio interestelar.

El **ciclo de vida estelar** (página 21 del libro) está determinado principalmente por la **masa inicial** de la estrella. La mayor parte de la vida de una estrella transcurre en la llamada **secuencia principal**, una etapa en la que la estrella mantiene un equilibrio entre la **gravedad**, que tiende a colapsarla, y la **presión de radiación**, generada por la energía de la fusión nuclear en su núcleo. En esta fase, las estrellas transforman hidrógeno en helio de forma estable y continua, emitiendo luz y calor. Nuestro Sol se encuentra actualmente en la secuencia principal, aproximadamente en la mitad de su vida.

Según su masa (comparada con la del Sol), las estrellas tienen destinos muy diferentes:

- **Estrellas de muy baja masa** ( $< 0,08$  masas solares): no alcanzan la temperatura necesaria para iniciar la fusión del hidrógeno y se conocen como **enanas marrones**. No son verdaderas estrellas, emiten muy poca luz y con el tiempo se enfrían hasta apagarse.
- **Enanas rojas** ( $0,08-0,5$  masas solares): son las estrellas más pequeñas que logran iniciar la fusión nuclear. Son muy abundantes en la galaxia, de brillo débil y vida extremadamente larga (hasta billones de años). Se consumen lentamente y no llegan a convertirse en gigantes rojas; cuando agotan su combustible, se enfrían y se transforman en **enanas blancas** y, con el tiempo, en **enanas negras** (en teoría, ya que el universo aún es demasiado joven para que existan).
- **Estrellas de masa baja e intermedia** ( $0,5-8$  masas solares): incluyen al **Sol**. Pasan la mayor parte de su vida, miles de millones de años, en la secuencia principal. Cuando agotan su hidrógeno se expanden hasta convertirse en **gigantes rojas**. Finalmente expulsan sus capas externas formando una **nebulosa planetaria**, y el núcleo restante queda como **enana blanca**, un objeto muy denso que se enfría lentamente durante miles de millones de años.
- **Estrellas de gran masa** (de  $8$  a  $\sim 25$  masas solares): viven mucho menos tiempo (millones de años). Cuando agotan su hidrógeno, se transforman en **supergigantes**, y en su núcleo comienzan fusiones de elementos más pesados hasta producir hierro. En ese momento el núcleo colapsa y la estrella explota en una **supernova**, liberando enormes cantidades de energía y elementos químicos al espacio. El núcleo restante se convierte en una **estrella de neutrones**.
- **Estrellas supermasivas** ( $> 25$  masas solares): tras la explosión de supernova, su núcleo es tan masivo que colapsa completamente formando un **agujero negro estelar**, un objeto cuya gravedad es tan intensa que ni la luz puede escapar de él.

#### Ejemplos de estrellas conocidas:

- **Enanas rojas:** Próxima Centauri, la estrella más cercana al Sol (a 4,24 años luz). Son las estrellas más abundantes del universo.
- **Estrellas de tipo solar:** el propio **Sol** es el mejor ejemplo, en plena secuencia principal.
- **Gigantes rojas:** Betelgeuse, en la constelación de Orión, es una supergigante roja que se encuentra en las fases finales de su vida y podría explotar como supernova en los próximos cien mil años. [Quizás esta explosión podría liberar una nebulosa con los componentes necesarios para que surjan nuevos sistemas estelares con planetas y vida.](#)
- **Estrellas de neutrones:** el púlsar de la Nebulosa del Cangrejo (en la constelación de Tauro) es el núcleo colapsado de una estrella que explotó en el año 1054, visible en crónicas chinas.
- **Agujeros negros estelares:** Cygnus X-1 es uno de los primeros agujeros negros detectados, en el sistema binario de la constelación del Cisne.

Esta diversidad de destinos estelares es fundamental para la evolución del universo, ya que las supernovas enriquecen el medio interestelar con elementos pesados que, en el futuro, formarán nuevas estrellas, planetas e incluso los átomos que componen la vida.

### 1.3. Cúmulos estelares y galaxias

Las estrellas no están aisladas, sino que suelen agruparse en **cúmulos estelares**:

- **Cúmulos abiertos:** formados por estrellas jóvenes, poco numerosas y dispersas. Ejemplo: *las Pléyades*, visibles a simple vista en el cielo nocturno.
- **Cúmulos globulares:** grupos muy densos de estrellas muy antiguas, situados en el halo de las galaxias. Ejemplo: el cúmulo globular *M13*, en la constelación de Hércules.

A una escala mucho mayor, las estrellas, el gas y el polvo se organizan en **galaxias**, enormes conjuntos de materia unidos por la gravedad. Se estima que en el universo observable hay más de dos billones de galaxias. Según su forma, se clasifican en:

- **Galaxias espirales:** tienen un núcleo brillante y brazos en espiral. Ejemplo: *la Vía Láctea*. Algunas, como la Vía Láctea, poseen una barra central de estrellas que cruza el núcleo; estas se llaman **galaxias espirales barradas**.
- **Galaxias elípticas:** con forma de elipse, contienen estrellas viejas y poco gas.
- **Galaxias irregulares:** no tienen forma definida, a menudo debido a colisiones con otras galaxias.

Nuestra galaxia, la **Vía Láctea**, es una espiral barrada de unos 100.000 años luz de diámetro (página 23 del libro - unidades de medida). El **Sistema Solar** se encuentra en el **brazo de Orión**, a unos **27.000 años luz del centro galáctico**. La Vía Láctea contiene cientos de miles de millones de estrellas.

Las galaxias no están quietas, se mueven y, a veces, colisionan y se fusionan. Dentro de unos 4.000 millones de años, la Vía Láctea y la galaxia de **Andrómeda** se unirán para formar una galaxia mayor. Además, los astrónomos piensan que nuestra galaxia es una **galaxia caníbal**, ya que ha colisionado con otras galaxias más pequeñas en el pasado y ha capturado muchas de sus estrellas, que ahora forman parte de su halo.

### 1.4. Origen del Sistema Solar

El **Sistema Solar** se formó hace unos 4.600 millones de años a partir de una gran **nube de gas y polvo** interestelar, compuesta por materiales que procedían de explosiones de estrellas anteriores (supernovas). Esta nube empezó a contraerse por efecto de la **gravedad**. Al girar cada vez más rápido, fue adoptando una forma de **disco**. En el centro del disco se acumuló la mayor parte de la materia, formando el **protosol**. Cuando en su interior comenzó la **fusión nuclear**, nació nuestra estrella: el **Sol**.

En el resto del disco, el polvo y las rocas se fueron uniendo por choques, formando pequeños cuerpos llamados **planetesimales**. Estos planetesimales crecieron al seguir fusionándose, dando lugar a los **protoplanetas** y, tras millones de años, a los **planetas**. Este proceso lo conocemos como modelo o teoría planetesimal.

Tenéis en TEAMS recursos extra sobre el origen del Sistema Solar.

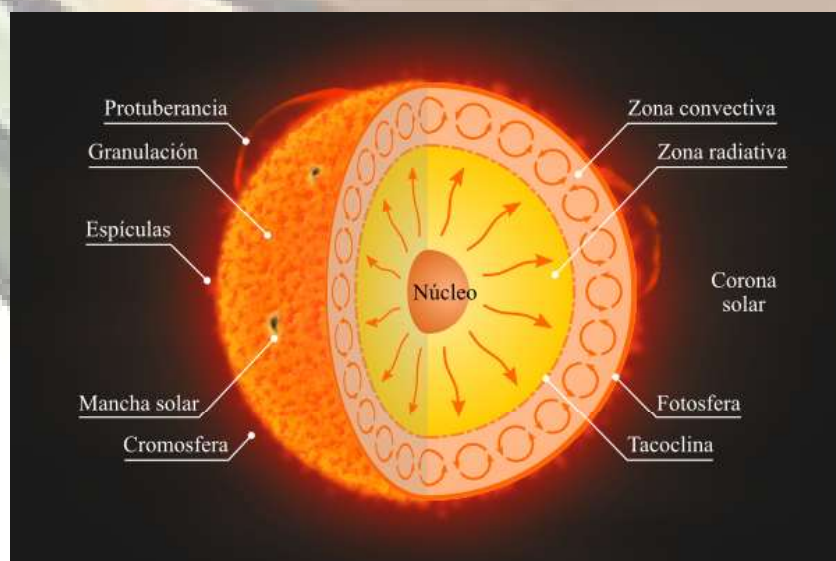
Los planetas que se formaron cerca del Sol, los planetas interiores, quedaron con una composición principalmente rocosa (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte) debido a las altas temperaturas que impedían la condensación de los materiales más ligeros como el hidrógeno y el helio. Por su parte, los planetas exteriores que se originaron en las regiones más lejanas y frías pudieron acumular gran cantidad de gases dando lugar a los gigantes gaseosos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). La Tierra, en la llamada **zona habitable** del Sistema Solar, se encuentra en una posición perfecta ya que permitió que quedara el suficiente hidrógeno en su atmósfera para que pudiera reaccionar con el oxígeno originando agua y sin que se congele. También influyeron su tamaño (para retener atmósfera), su campo magnético y los impactos de cometas y asteroides que trajeron agua durante los primeros millones de años.

Entre Marte y Júpiter quedaron restos de la formación que constituyen el **cinturón de asteroides**. Más allá de Neptuno se encuentra el **cinturón de Kuiper**, poblado de cuerpos helados y planetas enanos como *Plutón*. Desde estas regiones provienen algunos cometas y meteoritos que todavía hoy pueden llegar a la Tierra.

## 1.5. El Sol y los planetas

El **Sol** es una estrella de tamaño medio, de tipo espectral G2V, lo que significa que es una **estrella amarilla de secuencia principal**. Es la fuente de energía que hace posible la vida en la Tierra. Su estructura interna se divide en:

- **Núcleo:** donde tiene lugar la fusión nuclear (proceso en el que los núcleos de hidrógeno se unen para formar helio, liberando enormes cantidades de energía en forma de luz y calor), alcanzando unos 15 millones de °C.
- **Zona radiactiva:** por la que la energía atraviesa lentamente.
- **zona convectiva:** transportan la energía hacia el exterior en corrientes circulares de convección.



En la superficie la temperatura es de unos 5.500 °C. El Sol emite **viento solar**, un flujo de partículas cargadas que crea la **heliosfera**, la región del espacio bajo su influencia.

Los **planetas rocosos o interiores** (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) tienen superficie sólida:

- **Mercurio:** sin atmósfera significativa, con temperaturas extremas y superficie llena de cráteres por impacto de meteoritos.
- **Venus:** atmósfera muy densa de CO<sub>2</sub>, efecto invernadero extremo que causa temperaturas extremas >450 °C. Tiene una rotación lenta y retrógrada y carece de campo magnético.
- **Tierra:** atmósfera rica en N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, temperatura media de 15 °C y agua líquida en su superficie, que ha permitido el desarrollo de la vida tal como la conocemos. Su **campo magnético** nos protege de los vientos solares. Tiene un único satélite, la Luna.
- **Marte:** atmósfera tenue de CO<sub>2</sub>, temperaturas frías y casquetes de hielo de agua y CO<sub>2</sub> en las zonas polares. Evidencias de agua líquida en el pasado. Cuenta con dos satélites, Fobos y Deimos.

Los **planetas gigantes** se dividen en:

- **Júpiter y Saturno** (gigantes gaseosos): formados sobre todo por H y He, con atmósferas muy dinámicas con fenómenos atmosféricos extremos. Júpiter cuenta con un campo magnético muy intenso, además tiene la **Gran Mancha Roja**, un vórtice anticiclónico que lleva activo al menos desde 1830 aunque la primera referencia es 1664. Saturno posee espectaculares **anillos** y el satélite Titán, con una atmósfera densa y lagos de metano.
- **Urano y Neptuno** (gigantes helados): ricos en hielos de agua, metano y amoníaco. Urano tiene su eje de rotación muy inclinado además de anillos delgados. Neptuno presenta vientos muy rápidos.

Además de la Tierra, las lunas **Europa** (de Júpiter) y **Encélado** (de Saturno) podrían albergar agua líquida bajo su superficie, lo que las convierte en candidatas a contener vida microbiana. Para que haya vida, tal como la conocemos, se necesitan: **agua líquida, fuente de energía y elementos químicos esenciales** (C, H, O, N, P, S).

Otros cuerpos del Sistema Solar incluyen:

- **Planetas enanos:** Plutón, Eris, Haumea, Makemake, Ceres.
- **Cometas:** de núcleo helado, forman colas al acercarse al Sol.
- **Asteroides:** cuerpos rocosos, principalmente en el cinturón de asteroides.
- **Nube de Oort:** enorme reserva esférica de cometas en los límites del Sistema Solar.

## 1.6. La Tierra: Un planeta habitable

La Tierra es el único planeta conocido donde existe vida gracias a una combinación de factores que la hacen habitable. Estos factores han permitido mantener condiciones estables durante miles de millones de años.

- **Distancia al Sol:** la Tierra se encuentra en la **zona habitable** del Sistema Solar, una franja donde la radiación solar es suficiente para mantener el agua en estado líquido. El agua actúa como **disolvente universal** y regulador de temperatura, siendo esencial para los procesos biológicos.
- **Tamaño y gravedad:** el tamaño de la Tierra genera una gravedad suficiente para retener una atmósfera. Esta atmósfera produce un **efecto invernadero natural**, que mantiene la temperatura media en torno a 15°C, evitando variaciones térmicas extremas. El **efecto invernadero natural** es beneficioso para la vida, pero el aumento de gases de efecto invernadero por actividades humanas está intensificando el fenómeno y generando **cambio climático** que provoca fenómenos meteorológicos extremos, pérdida de biodiversidad y riesgos para la salud humana.
- **Campo magnético:** el movimiento del hierro fundido en el núcleo externo genera el **campo magnético terrestre** (geodinamo). Este desvía el viento solar y protege la atmósfera de su destrucción. En la **termosfera** las partículas cargadas interactúan con los gases atmosféricos en las regiones polares, produciendo las auroras boreales y australes.
- **Presencia de bioelementos:** los elementos químicos que forman la vida (C, H, O, N, P, S) tienen origen cósmico. Los más ligeros (H y He) se formaron en el **Big Bang**, mientras que los más pesados se originaron en el interior de estrellas y fueron liberados por explosiones de supernovas antes de la formación del Sistema Solar, tal como hemos visto en este tema. La Tierra los concentró en su corteza y océanos, lo que permitió la aparición de moléculas orgánicas.
- **Actividad tectónica:** la **tectónica de placas** renueva la superficie y recicla gases mediante el vulcanismo. En el pasado, las **erupciones volcánicas** liberaron gases que formaron la atmósfera primitiva y contribuyeron a la aparición de los océanos. Además, en momentos de **glaciaciones globales** (Tierra bola de nieve), el vulcanismo ayudó a elevar la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, favoreciendo el deshielo.
- **Estabilización de la atmósfera por la vida:** la aparición de organismos fotosintéticos permitió la producción de oxígeno y la formación de la **capa de ozono**, que protege de la radiación ultravioleta y facilitó la colonización de los ambientes terrestres.

## Movimientos de la Tierra

**Rotación:** el giro de la Tierra sobre su propio eje, de oeste a este. El eje de rotación está inclinado  $23,5^\circ$  respecto al plano de la órbita. La rotación tiene dos formas de medirse:

- **Día sideral:** dura 23 h 56 min, corresponde al tiempo que tarda la Tierra en dar un giro completo respecto a las estrellas lejanas.
- **Día solar:** dura 24 h, es el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos del Sol por el mismo meridiano, el que utilizamos para medir el tiempo en la vida diaria.

Este movimiento produce la **alternancia del día y la noche**. La rotación, junto con el movimiento de los materiales del núcleo externo (movimiento de convección), permite la generación del campo magnético terrestre, que nos protege de la radiación solar.

**Traslación:** el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, siguiendo una órbita ligeramente **elíptica**, que recorre en 365 días, 5 horas y 57 minutos. Durante este recorrido se distinguen:

- **Perihelio:** posición en la que la Tierra está más cerca del Sol (principios de enero).
- **Afelio:** posición en la que está más lejos (principios de julio).

La diferencia de distancia entre perihelio y afelio es pequeña, por lo que no es la causa de las estaciones. Por el contrario, las estaciones se deben a la inclinación del eje terrestre, que provoca variaciones de insolación (intensidad de energía solar recibida) en distintas épocas del año:

- **Equinoccios:** la duración del día y la noche es igual en todo el planeta (alrededor del 21 de marzo y 23 de septiembre).
- **Solsticios:** el día o la noche alcanzan su máxima duración (alrededor del 21 de junio y 21 de diciembre).

Estas variaciones explican que las estaciones sean **opuestas en los hemisferios norte y sur**.

**Relevancia biológica:** los movimientos de la Tierra influyen en los **ciclos biológicos** de muchos organismos. Existen **ritmos circadianos** (de aproximadamente 24 h) regulados por la luz y la oscuridad, que controlan el sueño, la actividad y la fotosíntesis. También hay **ritmos estacionales**, como la migración de aves, la hibernación de algunos mamíferos o la floración de las plantas, que dependen de las estaciones generadas por la traslación.

## 1.7. La Luna

**Características generales:**

- Distancia media a la Tierra: 384 400 km.
- Diámetro  $\approx 1/4$  del terrestre y gravedad  $\approx 1/6$  de la de la Tierra.
- Superficie cubierta de cráteres y mares lunares (llanuras basálticas).
- Ausencia de atmósfera significativa lo que ocasiona grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche lunar y falta de erosión de su superficie.
- Su presencia ayuda a estabilizar el eje de rotación de la Tierra, manteniendo un clima relativamente estable.

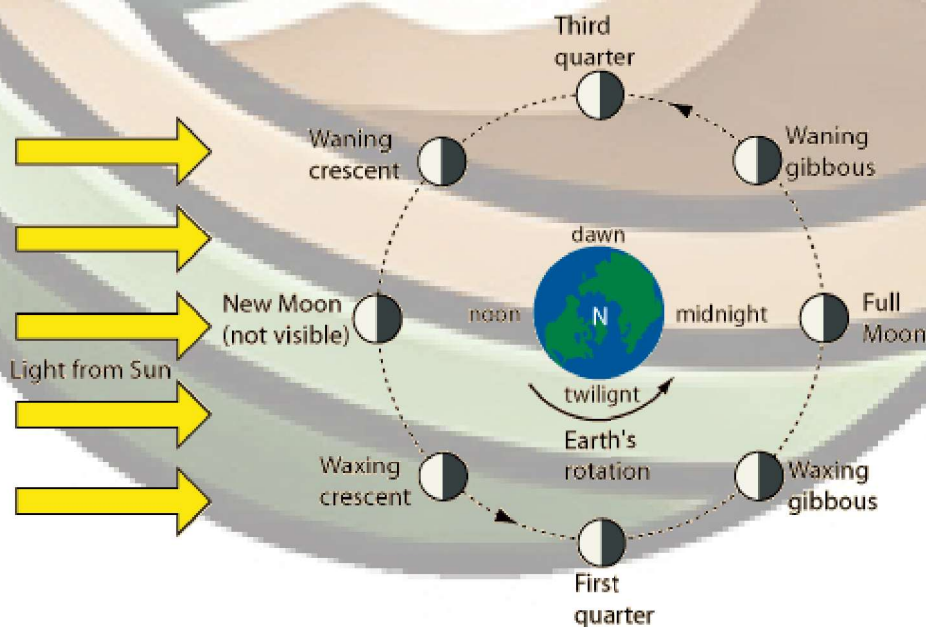
**Origen:** la hipótesis más aceptada es la del **impacto gigante**. De acuerdo con esta hipótesis, un protoplaneta llamado **Theia** habría colisionado con la Tierra hace  $\approx 4.500$  millones de años. El material expulsado tras el impacto, debió formar un anillo que se aglutinó dando lugar a la Luna, de forma semejante al origen de los planetas. Las principales evidencias que soportan esta teoría son la composición similar a la corteza terrestre, simulaciones por ordenador y análisis isotópicos (estudio de la proporción de isótopos de ciertos compuestos como el agua).

**Movimientos:** al igual que la Tierra, la Luna se desliza en el espacio llevando a cabo tres tipos de movimientos:

- **Rotación:** gira sobre su eje en 27,3 días.
- **Traslación:** orbita la Tierra en el mismo período que el de su rotación (rotación sincrónica), por lo que siempre muestra la misma cara.
- **Revolución:** ambos cuerpos giran alrededor del baricentro Tierra-Luna.

La Luna tarda aproximadamente 27,3 días en completar una vuelta alrededor de la Tierra (**mes sidéreo**). Sin embargo, para volver a mostrar la misma fase (por ejemplo, de luna llena a luna llena) necesita unos 29,5 días (**mes sinódico**). Esto se debe a que, mientras la Luna orbita la Tierra, la Tierra también se mueve alrededor del Sol, por lo que la Luna debe avanzar un poco más en su órbita para volver a alinearse con el Sol y la Tierra de la misma forma. Esta diferencia explica por qué las fases lunares no coinciden exactamente con el período de translación de la Luna.

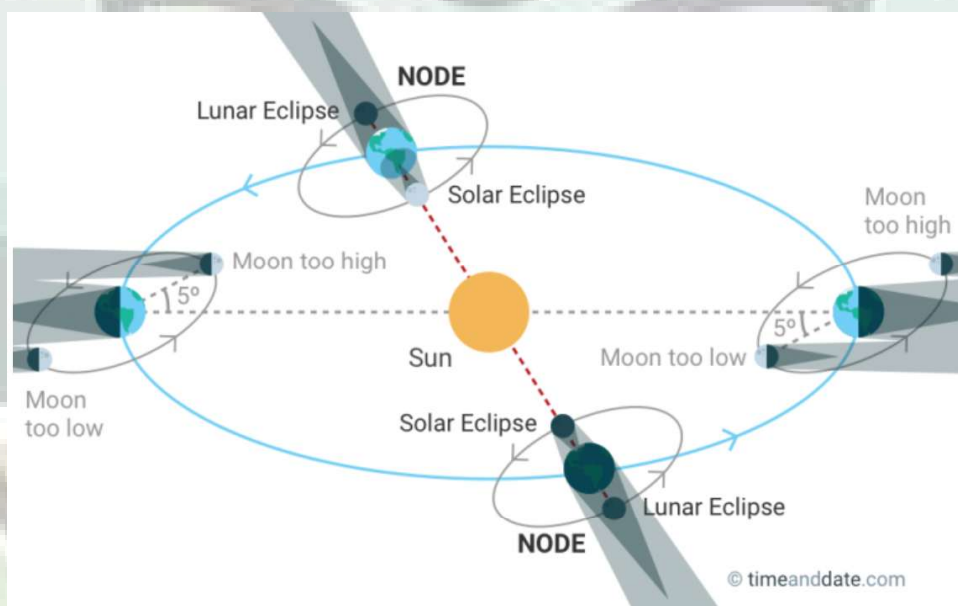
**Fases lunares:** luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante. Estas se deben a la diferente iluminación de la Luna en función de su posición relativa respecto al Sol y la Tierra, no por la sombra de esta última (página 31 del libro).



## Fenómenos Tierra-Sol-Luna

### Eclipses

- **Eclipse solar:** la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra. Puede ser:
  - **Total:** el Sol queda totalmente cubierto.
  - **Parcial:** sólo una parte del Sol es ocultada.
  - **Anular:** la Luna no cubre completamente el disco solar por encontrarse en el apogeo (más lejos de la Tierra).
- **Eclipse lunar:** la Tierra proyecta su sombra sobre la Luna. Puede ser penumbral, parcial o total. No ocurren cada mes porque la órbita de la Luna está inclinada unos  $5^\circ$  respecto al plano de la órbita terrestre.



**Mareas:** son causadas por la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre los océanos. La fuerza gravitatoria genera un **abultamiento** de agua en la zona de la Tierra más cercana y en la opuesta.

Denominamos **pleamar** a la marea alta y **bajamar** a la marea baja. Cuando se produce la máxima diferencia entre pleamar y bajamar, coincidiendo con la luna nueva y llena, se denominan **mareas vivas** y, por el contrario, **mareas muertas** cuando la diferencia es menor (cuartos lunares).

Debido a la rotación de la Tierra, se producen aproximadamente dos pleamares y dos bajamares al día, con un ligero desfase respecto a la posición exacta de la Luna.