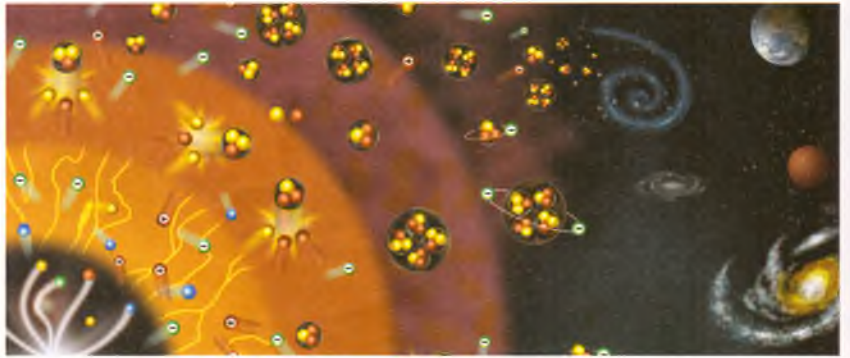




**Figura 1.** Sir Fred Hoyle, durante la década de 1940, fue uno de los proponentes de la Teoría del universo estacionario, según la cual el universo es y será el mismo en todo momento y en todo lugar. Curiosa e irónicamente fue él mismo quien acuñó el término "Big Bang" a la teoría de "la gran explosión" y el universo en expansión.



# 1. Origen y evolución de la Tierra

La Tierra, como el universo en su totalidad, ha cambiado desde su formación y con el paso del tiempo. De hecho la especie humana ha sido responsable de una gran parte de las transformaciones de nuestro planeta.

## 1.1 Evolución del universo

Por mucho tiempo se pensó que el universo era estático, que siempre había sido como lo vemos actualmente y que no tenía límites. En el siglo XX, los astrónomos hicieron una observación que cambiaría para siempre esta idea: las galaxias se están alejando las unas de las otras, y la velocidad a la que se alejan las galaxias más distantes es mayor que la velocidad a la que se alejan las galaxias cercanas. Este descubrimiento resultó extraño en vista de lo que hasta el momento se había pensado; si el universo fuera estático (figura 1) no se esperaría que las galaxias se movieran y, en caso de que así fuera, se esperaría que lo hicieran acercándose entre sí impulsadas por la fuerza de gravedad dadas sus enormes masas.

Todo parecía indicar que existió un momento en que la energía estaba concentrada en un único punto y que habría un impulso primario responsable de la actual expansión, lo que llamamos actualmente el **Big Bang** o "la gran explosión". Según esta teoría, el principio del universo tuvo lugar hace aproximadamente 14.000 millones de años, en un punto infinitamente denso y caliente, donde aún no existía la materia. Al expandirse y liberar toda su energía, fue enfriándose poco a poco hasta permitir la formación de las primeras partículas subatómicas livianas (electrones, protones y neutrones) y luego los primeros elementos químicos: hidrógeno y helio.

Una vez formados el hidrógeno y el helio, la temperatura del universo bajó y permitió que se formaran los demás elementos. En ese instante la fuerza de gravedad empezó a reunir la materia en diferentes centros en forma de nubes de gas, circulando en torno al centro de atracción. Gracias a este movimiento, la materia se fue calentando hasta alcanzar las temperaturas suficientes para que a partir de la fusión o unión de dos o más átomos pequeños, se fueran generando los demás elementos más pesados. Por esta razón se presume que la mayoría de los elementos nacieron en el núcleo de las estrellas.



### Miniexperimento

#### ELABORA UN MODELO DEL UNIVERSO EN EXPANSIÓN

##### Materiales

Un globo inflable, un marcador e hilo.

##### Procedimiento

1. Pinta sobre un globo sin inflar tres puntos: el primero y el segundo a una distancia ( $a$ ) del doble de la distancia entre el segundo y el tercero ( $b$ ).
2. Infla un poco el globo y mide las distancias iniciales con la ayuda de un hilo. Reporta las medidas en tu cuaderno.
3. Infla un poco más el globo teniendo en cuenta el número de soplos que diste. Vuelve a medir.
4. Repite la operación cinco veces.
5. Construye una gráfica de ( $a$ ) y ( $b$ ) contra el número de soplos.

##### Analiza

- a. ¿Qué puedes decir de la velocidad de distanciamiento entre los puntos? ¿Cuál aumenta más "rápido"?
- b. Si el globo fuera el universo y los puntos fueran galaxias, qué conclusión podrías sacar del experimento?



## 1.2 Formación del planeta Tierra

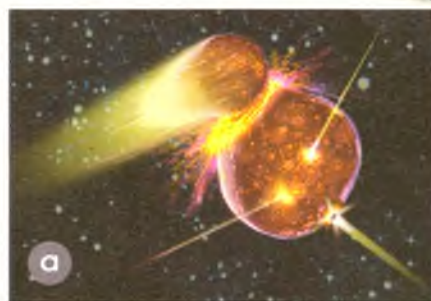
Se calcula que la Tierra tiene la misma antigüedad que el sistema solar, es decir, aproximadamente 4.500 millones de años.

La teoría **nebular** acerca del origen del sistema solar parece ser la más defendida actualmente. Esta teoría propone que los planetas se generaron al mismo tiempo que el Sol, como remolinos residuales de una única nube de gas y polvo que se iba expandiendo, la **nebulosa solar**. La expansión de esta nube fue frenando y comenzó a contraerse y sus partículas comenzaron a tomar un movimiento de rotación que fue dando a la nube una forma aplanada. Al contraerse más y más, la mayor parte de materia (gas y polvo) se concentró en el centro de la nebulosa solar, dando origen al Sol, mientras que el resto de materia se fue aglutinando, y formó cuerpos rocosos. A medida que la nebulosa fue enfriándose, los cuerpos rocosos fueron agregándose y dieron origen a cuerpos más grandes como meteoritos. Estos dieron origen a asteroides, estos a planetoides y finalmente de estos se originaron los **planetas**. Los planetas que lograron ocupar órbitas estables, como la Tierra, permanecieron en ellas, mientras otros terminaron colisionando entre sí o siendo expulsados del sistema solar.

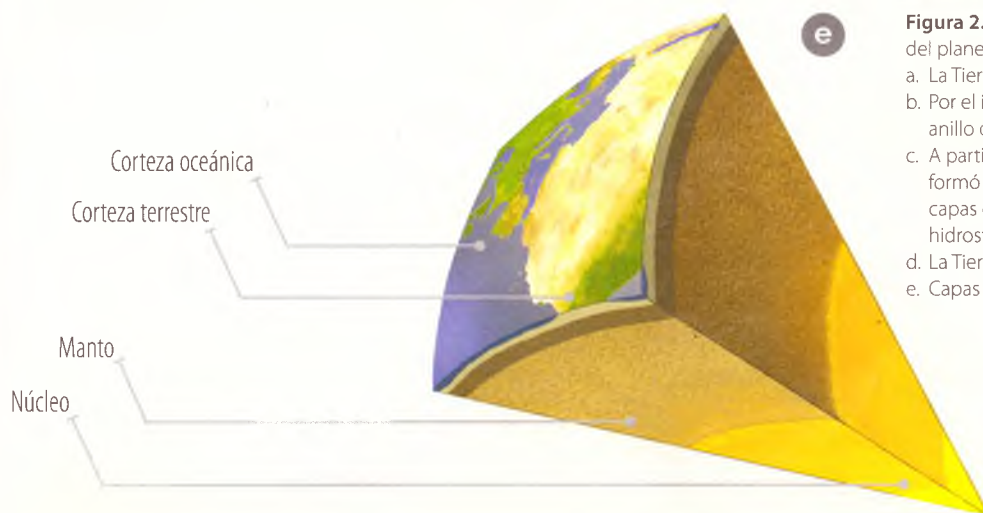
Cuando el planeta Tierra se formó era un gran cuerpo rocoso desprovisto de atmósfera y sometido a un intenso bombardeo de meteoritos, asteroides y cometas. Posteriormente, experimentó algunos procesos importantes que determinaron, en gran medida, su condición actual: la *colisión con otro planeta* y la *diferenciación en capas* (figura 2).

■ Hace aproximadamente 3.800 m.a., el planeta Tierra llegó a estar fundido casi por completo desplazándose hacia el centro los materiales más densos, fundamentalmente hierro, y el ascenso hacia la superficie de los materiales más ligeros como las rocas, y la salida al exterior de gases, principalmente vapor de agua y dióxido de carbono. Así se formaron las diferentes **capas de la Tierra**: el *núcleo*, el *manto*, la *corteza* y una envoltura gaseosa que terminaría formando la *atmósfera* y la *hidrosfera*.

■ El **impacto con un planeta** del tamaño de Marte lanzó una gran cantidad de material al espacio por lo cual la Tierra adquirió un anillo de polvo y rocas similar a los anillos de Saturno. Esos materiales formaron la Luna.



e



**Figura 2.** Secuencia de la formación del planeta Tierra.

- La Tierra colisionó con un planeta.
- Por el impacto, nuestro planeta adquirió un anillo de polvo y rocas.
- A partir de estos materiales, finalmente, se formó la Luna y en la Tierra se formaron las capas de la tierra, además de la atmósfera y la hidrosfera.
- La Tierra en el sistema solar.
- Capas de la tierra.



### 1.3 El origen del agua

Las altas temperaturas de la Tierra provocaron que el hidrógeno y el oxígeno se liberaran de algunos minerales y se asociaran formando vapor de agua. De esta manera es posible que los océanos se hayan formado gradualmente por el agua que salía de los volcanes, teniendo en cuenta que casi el 90% de los gases expulsados durante las emisiones volcánicas corresponden a vapor de agua (figura 3). Hace 4.300 millones de años, doscientos millones de años después de la fusión de nuestro planeta, ya existía una corteza sólida y fría. Sobre esta corteza se fue acumulando el agua que provenía de la actividad volcánica.

El enfriamiento de la atmósfera, por su parte, debió provocar la precipitación del vapor de agua en forma de lluvia, la cual se evaporaba al tener contacto con el suelo hasta que la temperatura de la Tierra descendió lo suficiente como para soportar un océano líquido.

Así mismo, es posible que el choque de cometas contra el planeta aportara agua en forma de hielo, en particular en las últimas fases de la consolidación de la Tierra.

La posición de la Tierra en el sistema solar le permitió tener agua líquida de forma permanente lo que representó y representa actualmente una condición necesaria para la existencia de la vida.

**MISTERIO CIENTÍFICO**

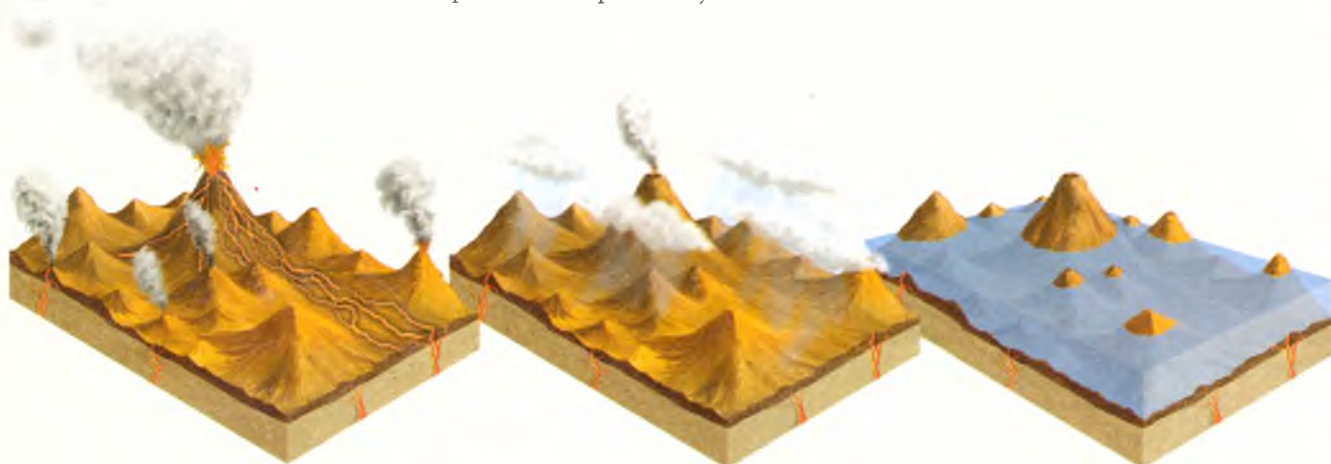
Aún es un misterio cómo se eliminan las sales del agua marina, ya que es probable que las deposiciones que se encuentran en las rocas no sean suficientes para eliminar miles de millones de años de entrada de sal. Aunque se ha propuesto que el excedente podría precipitar en minerales arcillosos, los vastos depósitos que de estos minerales deberían existir aun no han sido encontrados.

### 1.4 Origen de la salinidad en los océanos

Se cree que la mayor parte de las sales disueltas en el agua de mar provienen de la **erosión de las rocas de la corteza** por parte del ataque químico de aguas ácidas, lo que liberó iones positivos que fueron disueltos y transportados por los ríos al mar. Otra parte proviene de las **emisiones volcánicas** que, además de vapor de agua, aportaron otras sustancias volátiles como nitrógeno, dióxido de carbono, ácido clorhídrico y ácido sulfúrico que se disolvieron en el agua en forma de iones negativos.

Ya que los continentes no se acercaron a sus dimensiones actuales sino hasta después de varios miles de millones de años, es probable que el aporte de sal haya aumentado paulatinamente. Algunos científicos afirman que en estas circunstancias la salinidad del mar permaneció por debajo de su valor actual hasta hace 600 millones de años.

**Figura 3.** Para que los océanos se formaran, la corteza debía estar fría para así evitar la evaporación del agua que caía por precipitación.



El vulcanismo emite vapor de agua a la atmósfera.

El agua se precipita, cae en forma de lluvia sobre la corteza y, debido a las altas temperaturas, se evapora de nuevo.

La corteza se enfría y el agua permanece en forma líquida, de esta manera se forman los primeros océanos.



## 1.5 Origen de la atmósfera

Hoy día se cree que la **atmósfera primitiva** del planeta Tierra, es decir, la nube de gas y polvo que la rodeaba, contenía nitrógeno, monóxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno y gases inertes. Una lluvia de partículas que se conoce como el **viento solar** expulsó la mayor parte de esta atmósfera del globo terráqueo despojando al planeta Tierra de su primera capa gaseosa.

Al estar la Tierra en estado líquido y a altas temperaturas, expulsaba gran cantidad de gases hacia el exterior, pero el viento solar continuaba llevándose estos gases de su superficie.

Con la fusión del planeta Tierra se formó un núcleo metálico que permitió la formación del **campo magnético**. Este empezó a desviar los vientos solares y permitió la acumulación de gases volcánicos en la superficie terrestre, dando origen así a la **segunda atmósfera**.

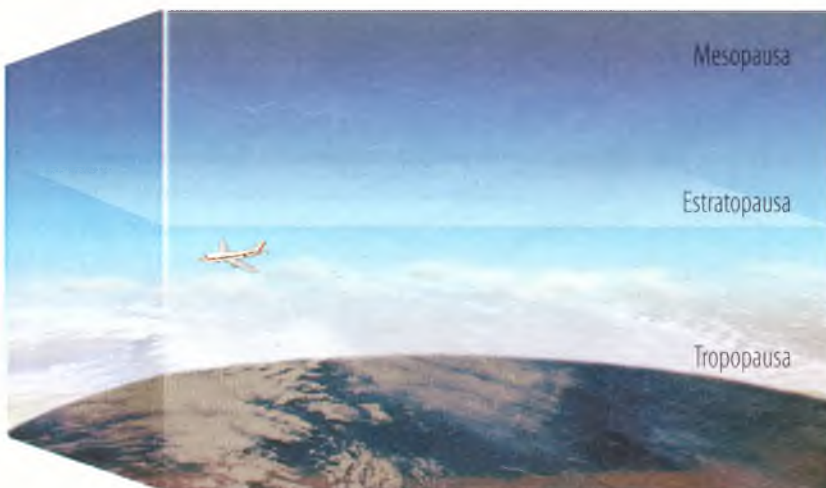
A medida que la actividad volcánica iba en aumento el agua, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno, que formaron la segunda atmósfera, se volvieron cada vez más abundantes. Una fracción del vapor de agua se disoció en la atmósfera superior debido a la acción de los rayos UV, lo que liberó oxígeno e hidrógeno. Así mismo, el surgimiento de la vida en forma de bacterias y su capacidad de realizar fotosíntesis produjeron la liberación de grandes cantidades de oxígeno que se encontraba asociado a las moléculas de agua. El oxígeno atmosférico se empezó a acumular una vez el consumo del mismo era menor que su producción.

El incremento del oxígeno y la presencia de los rayos ultravioleta provenientes del Sol provocó que algunas moléculas de  $O_2$  se rompieran liberando dos átomos de oxígeno los cuales se unían de forma espontánea a otras moléculas de  $O_2$  formando así moléculas de **ozono** ( $O_3$ ). La **capa de ozono**, ubicada a 50 km de la corteza terrestre, permitió a los organismos vivos colonizar las aguas menos profundas e incluso el ambiente terrestre y proteger a los seres vivos de los rayos ultravioleta.

Hace aproximadamente 2.000 m.a. y, a partir de entonces, la concentración de oxígeno en la atmósfera ha permanecido relativamente constante, lo que representa casi el 21% del volumen total (figura 4).

### TU SALUD

La capa de ozono se ha venido debilitando, por la acción de gases clorados que la industria humana ha liberado inconscientemente en la atmósfera. Para protegerte de los riesgos que causa la exposición directa a los rayos UV, debes usar cremas bloqueadoras, no solamente cuando estás de vacaciones, sino diariamente si te expones directamente a los rayos del Sol.



**Figura 4.** La atmósfera actual se formó, probablemente, por la liberación de gases desde el interior de la Tierra, cuando esta ya tenía una corteza sólida y más fría.



## 1.6 Evolución de la corteza terrestre

Desde que se formaron la corteza y los demás componentes de nuestro planeta, la Tierra no ha permanecido estática sino que ha estado en constante dinámica tanto en su estructura como en su composición. Desde su formación, la corteza ha estado cambiando; por ejemplo, el **relieve**, que comprende el conjunto de accidentes geográficos, ha ido cambiando debido a la acción de procesos geológicos internos y externos (figura 5).



**Figura 5.** En determinados lugares de la Tierra la temperatura es tan alta que las rocas se funden parcialmente y salen al exterior a través de los volcanes.

### 1.6.1 Procesos geológicos internos

Los procesos geológicos internos que modelan la corteza terrestre son, en general, de dos tipos: la *actividad volcánica* y la *actividad tectónica*.

#### 1.6.1.1 La actividad volcánica

El **vulcanismo** permite el paso de material desde el manto hacia la corteza a través del *magma*. El **magma** es una masa de roca fundida rica en gases cuya temperatura varía entre 700 y 1.200 °C y está compuesto por sílice y gases disueltos como el agua y el dióxido de carbono (figura 5).

A través de los volcanes el magma asciende desde el interior de la Tierra y se derrama de forma líquida o **lava**. Cuando la lava se enfría, se solidifica y forma las **rocas ígneas** que se agregan a la corteza. Según si el contenido de sílice en el magma es alto o bajo puede formar diferentes tipos de rocas.

El calor que producen las emisiones de magma hacia la superficie transforma la roca preexistente a su alrededor generando **rocas metamórficas** debido al cambio de temperatura.

#### 1.6.1.2 La tectónica de placas

La corteza exterior de la Tierra se encuentra fragmentada en grandes bloques que se conocen como **placas tectónicas**. Estas se mueven horizontalmente sobre una capa viscosa llamada **astenosfera** y dan origen a la **actividad tectónica** de la Tierra que ha sido responsable del movimiento de los continentes, la formación de los supercontinentes y de las transformaciones del relieve de la superficie terrestre.

Debido a la actividad tectónica, las placas pueden chocar dando lugar a **montañas**, **cordilleras** y **continentes**; alejarse dando origen a **dorsales oceánicas** o **cordilleras** que se encuentran en los fondos marinos; o rozarse formando **pliegues** y **fallas geológicas** que provocan la formación de otro tipo de rocas metamórficas debido a la acción mecánica de la fricción.



## 1.6.2 Procesos geológicos externos

Los **procesos geológicos externos** suceden por la acción de la atmósfera, la hidrosfera y los seres vivos que moldean y transforman progresivamente el relieve. Se distinguen dos procesos externos principales, la *meteorización* y la *denudación*, que se explican a continuación.

### 1.6.2.1 La meteorización

La **meteorización** es el proceso de transformación directa de las rocas de la corteza terrestre. Al meteorizarse, las rocas cambian sus propiedades y características físicas y químicas, lo que provoca que se vayan fragmentando.

La meteorización puede ser *física* o *química*. La **meteorización física** o **mecánica** es el proceso en que la roca se fractura en pequeños pedazos. En la **meteorización química**, las propiedades químicas de los minerales y demás sustancias que componen la roca se alteran por acción de ácidos, agua, oxígeno y demás reactivos potenciales que abundan en el ambiente. El clima es un importante factor de meteorización y determina la predominancia del uno o del otro. Por ejemplo, en zonas secas y frías predomina la meteorización física y en los climas cálidos y húmedos predomina la meteorización química.

### 1.6.2.2 La denudación

El ciclo de la **denudación** del relieve comprende todos los procesos que siguen las partículas resultantes de la meteorización hasta llegar finalmente al fondo marino (figura 6). Este ciclo se divide en tres diferentes etapas: *erosión*, *transporte* y *sedimentación*. La **erosión** es la movilización de los materiales que resultan de la meteorización por medio de agentes como el agua, el viento o el hielo. El **transporte** es el traslado de las partículas desde las zonas donde ocurre la erosión hasta el lugar donde se sedimentan. La **sedimentación** consiste en el depósito o acumulación de dichas partículas en el mar en las zonas conocidas como **cuencas sedimentarias**.



#### POR LA SALUD DE TU PLANETA

Los bosques nos ofrecen gran cantidad de recursos, entre ellos, la madera para fabricar papel, o para hacer construcciones. Cuando se talan los bosques, las principales consecuencias sobre la corteza terrestre son la erosión del suelo y la desestabilización de los sistemas naturales de regulación de aguas del suelo. Esto último causa sequías e inundaciones, mientras que la erosión del suelo provoca pérdida de nutrientes, minerales y materia orgánica indispensables para el crecimiento de nueva cobertura vegetal. Para contribuir a la disminución de la tala de los bosques, procura rebajar la cantidad de papel que utilizas a diario y usa más papel reciclable.

**Figura 6.** El ciclo de denudación. El material rocoso es atacado por diferentes agentes, viaja por diferentes medios de transporte y termina, al final, en el fondo de los mares donde hará parte de las rocas en un futuro.

