

Los lugares donde vive la sociedad, muestran realidades diversas, pero todas ellas forman parte de un todo que es la Tierra. Las formas del modelado, climas, biomas, aguas en todas sus formas, definen paisajes diferentes, que se muestran de forma distinta. De ahí que el mundo se presente de forma tan heterogénea. Todos estos paisajes si bien mantienen su particularidad, no están aislados entre sí, sino al contrario, todos, en mayor o menor medida, se encuentran relacionados a través de las diferentes culturas que los habitan, de sus comunicaciones y transporte. Es esa interacción, vinculación y no pocas veces los intercambios entre los elementos básicos, le da identidad al Paisaje y la diferencia de los demás. La visión de conjunto para comprender cómo funciona el sistema Tierra o sus subsistemas, se posiciona en el enfoque sintético u holístico. El enfoque reduccionista (estudio de las partes separadas del todo) puede llegar a complementarlo.

### 1.1 Dinámica de los sistemas

Para realizar un estudio global, integrado se aplica el método basado en la **Teoría General de Sistemas** que consiste en conceptualizar un organismo como un sistema abierto, en constante intercambio con otros sistemas circundantes por medio de complejas interacciones. Se observan y analizan las relaciones e interacciones existentes entre las partes del objeto de estudio. A partir de esas relaciones se llega a conocer el comportamiento del sistema como un todo. Fue aplicado por Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) un biólogo y filósofo austriaco. La teoría se aplica a diferentes ciencias entre ellas, a la Geografía. El enfoque sistémico permite estudiar al objeto como caja negra o como caja blanca. En el primer caso el estudio se centra en las relaciones de un sistema con otros sistemas; analiza los flujos de materia, energía e información que entran y salen de él. Sin detenernos en las cantidades, J. Tricart informa de cómo se transmiten los flujos de energía en el Sistema Tierra (figura 1.1.a).

#### 1.1.1 Sistemas y sus tipologías

Un sistema es un conjunto de objetos (o partes) organizadas y relacionadas e interactuando entre sí y entre sus atributos. Los sistemas reciben (entrada, input) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida, output) información, energía o materia. Un sistema puede ser físico o concreto (una computadora, un televisor, un humano) o puede ser abstracto o conceptual (un software). Cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto un sistema puede estar formado por subsistemas y partes, y a la vez puede ser parte de un supersistema. Un grupo de elementos no constituye un sistema si no hay una relación e interacción, que de la idea de un "todo" con un propósito. Los sistemas pueden ser:

- **Abiertos:** puede compartir materia o energía con su entorno. Ejemplo: cuerpo humano, río, motor de un auto, una empresa, una ciudad.
- **Cerrados:** no puede compartir materia, pero si puede compartir energía con su entorno. Ej.: reloj, universo.
- **Aislado:** no puede compartir ni energía ni materia con su entorno. No existen los sistemas aislado pero se los crea para poder manipularlos mejor. Ejemplo; un termo. p

Todos los sistemas siguen las leyes de la termodinámica que son las que determinan los intercambios de materia y energía: a) Primera ley: conservación de la energía; b) Segunda ley: entropía. Los sistemas poseen una gran cantidad de características, las más importantes son:

<i>Elementos</i>	Los elementos de un sistema hacen referencia a cómo está éste constituido. Las partes o componentes de un sistema son las que tienen a cargo la ejecución del proceso y que, de manera organizada e íntimamente relacionadas, buscan lograr el objetivo.
<i>Interacción</i>	Dentro de un sistema existe una organización coherente en la cual cada elemento cumple una función, ocupa un lugar, se integra un orden. Por lo cual observamos una lógica de relaciones entre los componentes de un sistema.
<i>Estructura</i>	El sistema posee una organización interna. La organización es el equilibrio dinámico entre los procesos internos. La estructura del sistema posee un atributo que consiste en relativa estabilidad, es decir, en relaciones permanentes que se dan en su interior. Esta estructura integra y mantiene unida las partes y da lugar a la propiedad holística de sistema.

///...

///...

<b>Entorno</b>	Según la TGS, un sistema forma parte de un sistema de mayor magnitud y complejidad que lo condiciona y que constituye su entorno. Ningún sistema funciona de manera aislada. El medio ambiente de un sistema es, el conjunto de sistemas que están en relación con él, el sistema se encuentra en una constante interacción con su entorno manteniendo numerosos intercambios.
<b>Entropía</b>	Una característica de todos los sistemas es que tienden a moverse hacia estados de desorganización y desintegración. En cualquier transformación que se produzca la entropía del mismo aumenta o permanece constante de manera que alcance una configuración de entropía máxima, debido a los cambios que está experimentando, consiguiendo un equilibrio.

### 1.1.2 Relaciones de realimentación

Las relaciones pueden ser simples o complejas. Las relaciones complejas son las acciones de un elemento sobre otro que a su vez actúa sobre el primero. Pueden ser:

- **Positivas:** Al incrementarse las relaciones unas sobre otras, tiende a destruir el sistema. Ejemplo: la deforestación.
- **Negativas:** Este tipo de relación estabiliza los sistemas. Ejemplos: termostato de una calefacción, meandros de un curso de agua.

**Actividades**

Se intenta reducir los atascos de tránsito construyendo calles más anchas lo que supone que más ciudadanos se decidan a conducir y utilizarlas dando lugar a que la congestión del tráfico permanezca constante.

- a) Realice un modelo aplicando la TGS.
- b) Ofrezca soluciones que no impliquen la construcción de carreteras.

## 1.2 El sistema Tierra

La Tierra está en continuo movimiento y se desplaza con el resto de planetas y cuerpos del Sistema Solar alrededor del centro de nuestra Galaxia, la Vía Láctea. Es por ello que podríamos imaginarnos que, dentro de la nave Tierra, estamos recorriendo nuestra Galaxia y, por ahora, nuestro Universo. Pero ni siquiera tenemos conciencia de estos movimientos porque, aparentemente, poco afectan nuestra vida cotidiana.

La relación entre la Tierra y los rayos solares es el fenómeno astronómico más importante para la vida vegetal, animal y de los hombres. La Tierra se mueve en el espacio y los rayos solares inciden en diferentes ángulos sobre el Planeta lo que determina el recorrido aparente del Sol en el cielo, la duración del día y de la noche y la sucesión de las estaciones. Si se aplica el enfoque de caja negra, la Tierra se constituye en un sistema que recibe el flujo continuo de energía solar (neutrinos) y a su vez, remitirá al espacio exterior en forma de calor. La energía entrante es radiación electromagnética y la saliente será infrarroja emitida por la superficie. Las otras formas de energía (porque la atmósfera es selectiva y toma sólo algunos tipos de ondas) son reflejadas por las capas más externas de la atmósfera y la magnetosfera. El sistema Tierra autorregula su temperatura permitiendo la existencia de agua en estado líquida (0 a 100° C) necesaria para la vida.

### 1.2.1 El dispositivo del planeta Tierra

El sistema Tierra está formado por 6 subsistemas (figura 1.1.b)

- **Atmósfera:** Envoltura de gases que rodea la Tierra.
- **Hidrosfera:** Es la capa de agua en sus diferentes formas: superficial, dulce, subterránea, salada, líquida: océanos, mares, ríos, lagos y lagunas.
- **Geósfera:** Es la capa sólida de la Tierra con los materiales más densos terrosos y rocosos.
- **Biosfera:** Es la cubierta de vida, biota, el área ocupada por los seres vivos terrestres y acuáticos.
- **Criósfera:** Es la cubierta de hielos (continentales y marinos) como la Antártica, Groenlandia, el Ártico en invierno.
- **Sociósfera (sistema socio económico):** Comprende a todos los seres humanos constituidos en sociedad.

La consideración en subsistemas se realiza sólo y a fin de comprender el funcionamiento y comportamiento de la totalidad de la Tierra. Cada uno de los subsistemas, por ejemplo la *Criósfera* puede dividirse en sub-subsistemas: los glaciares, Groenlandia, el Ártico y el continente Antártico. Cada uno de ellos con su propia dinámica. Lo importante es saber que estos subsistemas son los principales con los que trabajan los geógrafos, climatólogos y otros científicos. Se debe tener en cuenta que no se pueden obtener conclusiones del conjunto sino y sólo a partir de su comportamiento particular debido a sus interacciones y a los lazos de retroalimentación (*feedback back*) que forman. Todo ello puede convertirse en expresiones matemáticas que, adecuadamente ordenadas, configuran un *modelo*.

Figura 1.1.a.- Flujos de energía

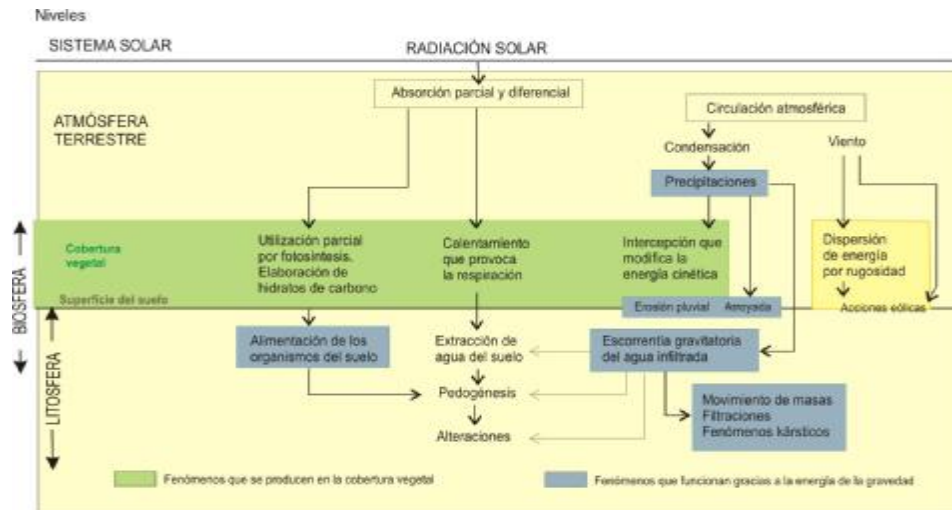
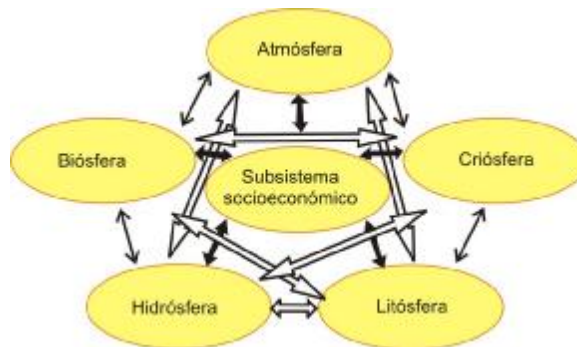


Figura 1.1.b.- Subsistemas



Inclusión del sistema socio-económico en los sistemas físico-químico-biológicos. Fuente: Javier Martín-Vide, Universitat de Barcelona.

Figura 1.2.a.- Composición del Sistema planeta Tierra

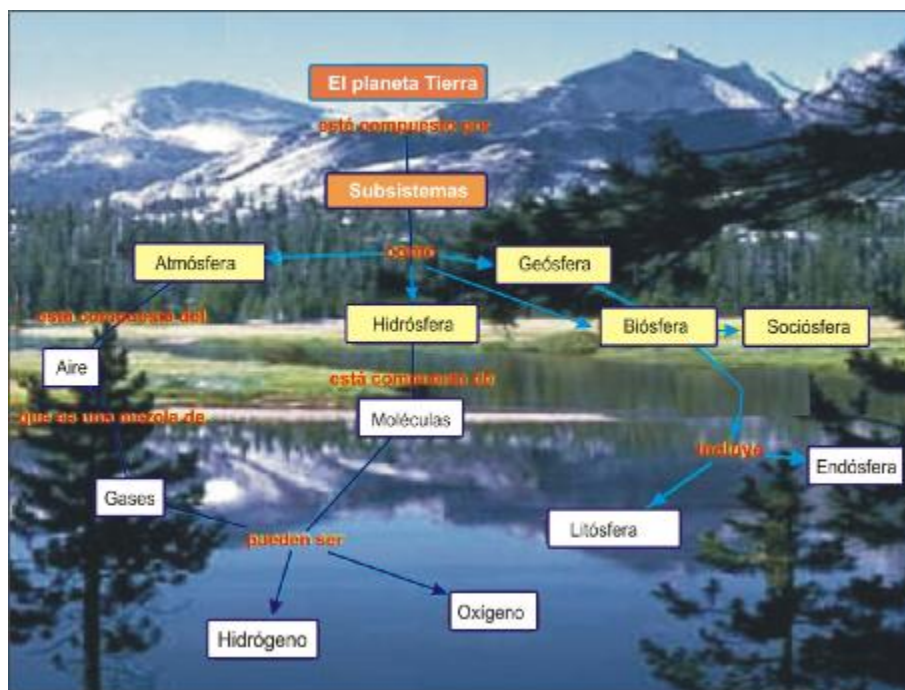
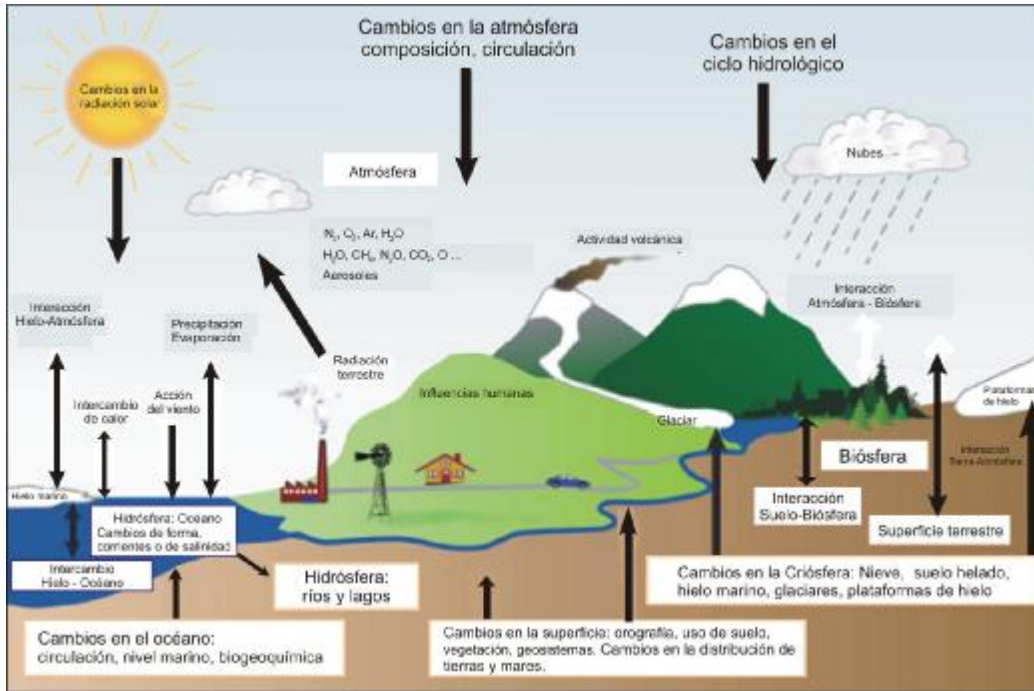
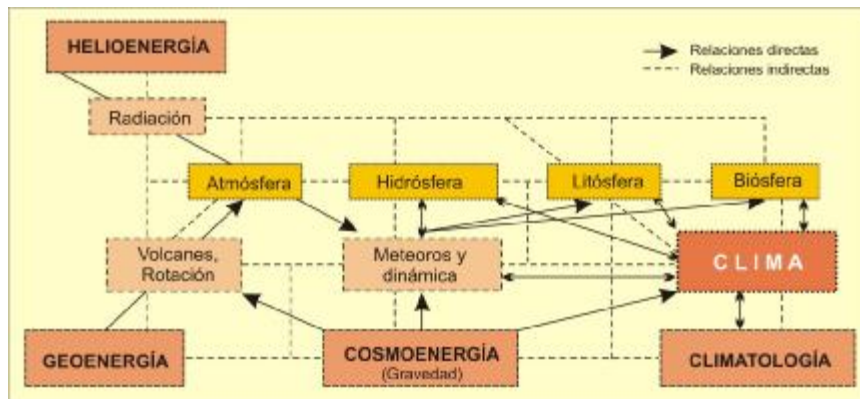


Figura 1.2.b.- Componentes del sistema climático



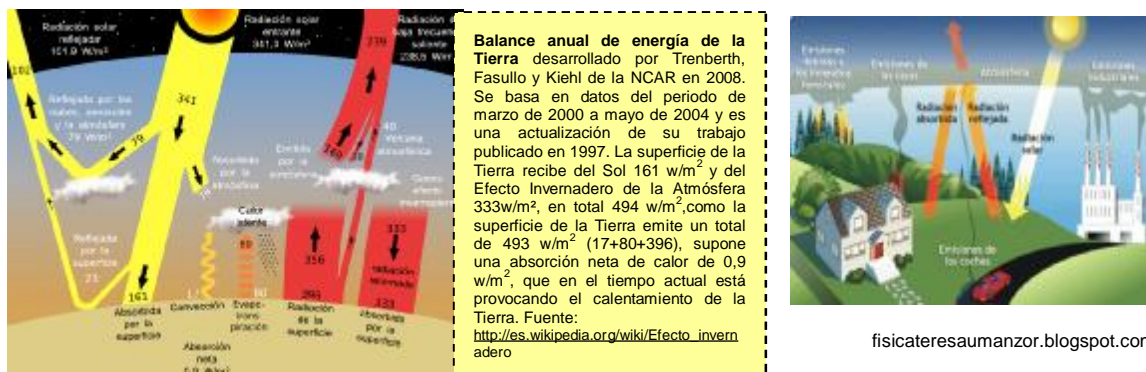
IPCC 4AR - <http://ustednoselocree.com/2009/12/09/componentes-sistema-climatico/> . Modificado y traducido B. Fritschy en 2013.

Figura 1.2.c.- Sistema climático: componentes y sus interacciones e interrelaciones



El esquema muestra una aproximación sistémica de mecanismos y respuestas del Sistema focalizado en el clima.  
Fuente: López Bermúdez, F., et al (2002). Modificado B. Fritschy en 2013.

Figura 1.2.d.- Balance energético de la Tierra – Efecto invernadero



fiscateresaumanzor.blogspot.com

## 1.2.2 Componentes del sistema climático

El amplio y complejo sistema del planeta Tierra contiene al subsistema climático mundial y sus variaciones cuyos mecanismos constituyen un sistema abierto compuesto por la atmósfera, los océanos, las masas de nieve y de hielo, las masas continentales y la biota (en especial la vegetación). Sus interacciones se organizan en una extensa gama de escalas espaciales y temporales que van desde los pequeños procesos que ocurren cada día a nuestro alrededor hasta aquellos que abarcan todo el Planeta y duran decenas de años. Observe las figuras 1.2 a y b, e identifique los subsistemas constituyentes del Planeta y del clima.

El sistema climático de la Tierra (figura 1.2.c) se compone de un conjunto de entidades o subsistemas que condicionan el clima de la Tierra. Cada uno de ellos, si estuviera aislado, evolucionaría individualmente, a igualdad de perturbación, de forma distinta en el tiempo (tienen *dinámicas* diferentes).

En el sistema todos los hechos están interrelacionados e interaccionan entre sí porque no se trata de simples relaciones de causalidad lineal y mecánica sino de interacciones funcionales recíprocas que buscan el equilibrio del sistema a la escala que se considere contribuyendo al equilibrio dinámico característico de la Tierra.<sup>1</sup>

Al focalizar el estudio en el **clima** se está facultado para considerarlo como sistema (figura 1.2.c) donde los factores climáticos como la radiación solar, la rotación de la Tierra, la distribución de tierras y aguas (marinas, oceánicas y fluviales) constituyen sus entradas. Las relaciones entre los elementos actúan con efectos de reciprocidad tanto en las salidas (output) como en las entradas (input): hielos polares, desiertos tropicales, selva ecuatorial... a través de los cuales condicionan los balances energéticos tales como el albedo, flujos de evaporación...

La atmósfera y sus movimientos, en especial el de la tropósfera, forman la parte fundamental. Las salidas de este sistema se expresan en los diferentes tipos de climas y sus variedades que caracteriza al planeta Tierra y se constituyen en la causa fundamental de la generación identitaria de los paisajes geográficos.

El predominio de los lazos de realimentación positiva explica por qué el clima de la Tierra ha experimentado en su historia geológica grandes variaciones. Las retroalimentaciones (positivas) actúan en ambas direcciones: amplifican tanto las tendencias hacia el frío como hacia el calor.

## 1.2.3 Principales interacciones

Existen factores claves que afectan al clima de la Tierra y que actúan en diferentes escalas temporales. Los más lentos son los movimientos de la órbita terrestre en torno al Sol y la extensión o retroceso de las placas de hielo polares. Los más rápidos con el polvo atmosférico, la regulación debida al vapor de agua, nubes y nieve y, especialmente, la variación de las concentraciones de los gases generadores del efecto invernadero. Otro factor no menos importante es la vida.

► **Efecto invernadero:** fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que la superficie planetaria emite por haber sido calentada por la radiación estelar. Afecta a todos los cuerpos planetarios rocosos dotados de atmósfera. Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero. En el sistema solar, los planetas que presentan efecto invernadero son Venus, la Tierra y Marte.

Ciertos gases como el vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) son transparentes a la luz visible del Sol que los atraviesa pero no a la luz infrarroja emitida por la superficie terrestre donde es retenida y aumenta la temperatura. Forman un manto que mantiene la temperatura media de la Tierra en 15°C (figura 1.2.d).

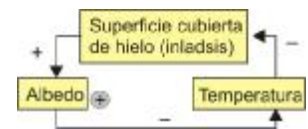
Entonces, la cantidad de calor retenido depende de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. La concentración no es permanente y depende de subsistemas tales como el ciclo del agua y del carbono. Pero esta situación, que es de carácter natural, no debe ser confundida con el aumento desmesurado de los gases atmosféricos que propician el efecto. Este incremento provocado por el hombre se torna en un problema ambiental. Las causas: deforestación, quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo), incendios... (figura 1.2.d).

---

<sup>1</sup> Esta hipótesis fue ideada por el científico británico James Lovelock. Denominada "Gaia", diosa griega de la Tierra.

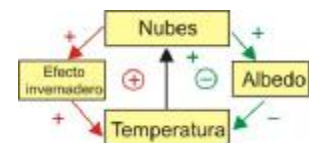
► **Efecto albedo:** es el porcentaje de luz solar reflejada por la Tierra del total incidente de forma tal que, a mayor albedo, menor temperatura. La superficie de hielo es la más reflectante. Es un caso de retroalimentación positiva que tiende a desequilibrar el equilibrio del sistema terrestre.

► **El polvo atmosférico:** las erupciones volcánicas y el impacto de meteoritos introducen gran cantidad de materia en forma de pequeñas partículas que permanecen en suspensión en la atmósfera por varios años. El reflejo de la luz sobre las partículas impide que la luz llegue a la superficie disminuyendo la temperatura de la Tierra. Es el efecto invernadero pero invertido. A mayor cantidad de polvo atmosférico, mayor albedo.



► **Variaciones de la órbita terrestre en torno al Sol:** uno de los 5 movimientos del Planeta es el de *Nutación*. Al parecer es el causante de los ciclos climáticos (Ciclos de Milankovich) que se producen cada 10.000 y 20.000 años. Está vinculado con la cantidad de energía solar que llega a la Tierra como a la parte de su superficie que la recibe. Se cree que es el principal factor de las glaciaciones ya que al disminuir la radiación incidente, disminuye la temperatura con lo que se activa el sistema de retroalimentación hielo-albedo.

► **Las nubes:** tienen una doble acción sobre el clima: por un lado aumentan el albedo porque reflejan parte de la radiación solar y, por la otra, reemiten la luz infrarroja potenciando el efecto invernadero. Son generadoras de procesos de alimentación positiva y negativa. Las investigaciones indican que, si la nube es baja, aumentará el albedo; si es alta, el efecto es el de invernadero.

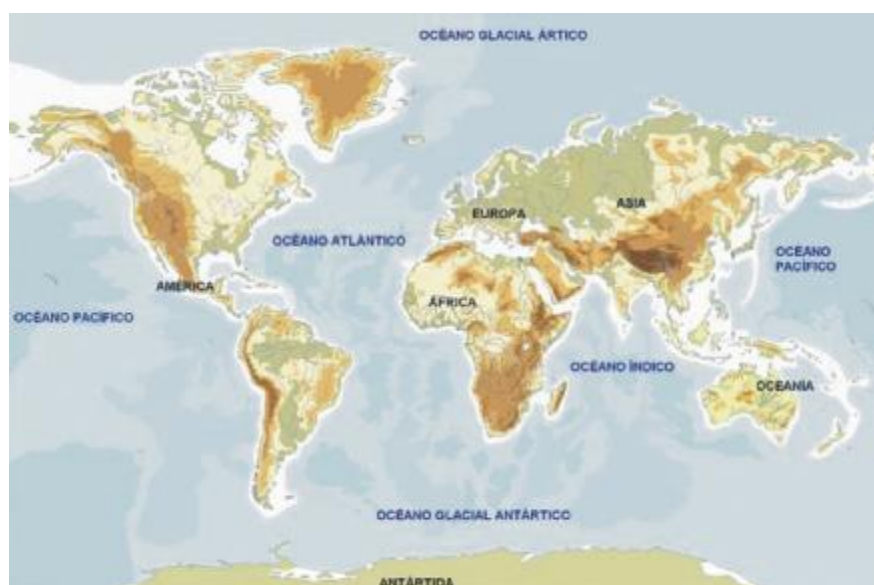


► **El océano y la distribución de tierras y mares:** el océano es el regulador del clima de mayor importancia. Las corrientes oceánicas transportan calor de unas zonas a otras suavizando el clima. Además funcionan como almacén y gestor de algunos gases del efecto invernadero (vapor de agua y dióxido de carbono) siendo uno de los principales reguladores de sus ciclos. La tectónica de placas tendrá una función indirecta en esta regulación puesto que la extensión de las corrientes oceánicas dependerá de la distribución de tierras y mares.

La mayor parte de la superficie terrestre está formada por los océanos **Atlántico, Pacífico e Índico**. Hay autores que también incluyen al océano **Antártico** y océano **Ártico** totalizando 5; para otros, tanto el Ártico como el Antártico corresponden a la categoría de mares. Es interesante saber es que los océanos cubren el 70.7% (el resto, 23.9% está ocupado por los continentes). Los **mares** son menos extensos y menos profundos que los océanos. Algunos ocupan los bordes de los continentes, como el mar Argentino otros son prolongaciones de los océanos entre masas continentales, como el Mediterráneo entre Europa, Asia y África y, otros, no tienen comunicación con los océanos, como el Caspio.

Superficie del Planeta:	510.000.000 km <sup>2</sup>
Tierras emergidas:	149.400.000 km <sup>2</sup>
Tierras sumergidas:	360.700.000 km <sup>2</sup>

Océanos y continentes del planeta Tierra



Fuente: contenidos.educarex.es/.../mapa\_continentes.html

Continentes		
1	ASIA	44,579,000 km <sup>2</sup>
2	AMÉRICA	42,075,000 km <sup>2</sup>
3	ÁFRICA	30,065,000 km <sup>2</sup>
4	ANTÁRTIDA	13,209,000 km <sup>2</sup>
5	EUROPA	9,938,000 km <sup>2</sup>
6	OCEANIA	7,687,000 km <sup>2</sup>

Océanos	
PACÍFICO	155,557,000 km <sup>2</sup>
ATLÁNTICO	76,762,000 km <sup>2</sup>
ÍNDICO	68,556,000 km <sup>2</sup>
ANTÁRTICO	20,327,000 km <sup>2</sup>
ÁRTICO	14,056,000 km <sup>2</sup>
<a href="http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/geografia">www.kalipedia.com/kalipediamedia/geografia</a>	

**Actividades**

a) En un planisferio ubique los continentes y océanos de la tabla.

b) En mapas individuales ubique los mares de América, Europa, África y Asia.

AYUDA: En <http://www.atlasescolar.com.ar/> encuentra ayuda: Mapas de Continentes, Políticos y de Países.

### 1.3 El Universo

El **Universo** es el conjunto que forman los cuerpos celestes (planetas, estrellas...) y el espacio interestelar que los rodea. Según la Teoría del Big Bang, el mismo nació hace 15.000 millones de años a través de una súbita expansión, parecida a una explosión. Esto generó, espacio, materia (en forma de gas, principalmente en hidrógeno y en menor medida de helio) y energía (luz y calor).

El Universo contiene galaxias, cúmulos de galaxias y estructuras de mayor tamaño llamadas super cúmulos, además de materia intergaláctica. Todavía no se sabe con exactitud la magnitud del Universo, a pesar de la avanzada tecnología disponible en la actualidad. La materia no se distribuye de manera uniforme, sino que se concentra en lugares concretos: galaxias, estrellas, planetas... Sin embargo, el 90% del Universo es una masa oscura, que no se puede observar.

Las estrellas que se observan en una noche sin nubes forman determinadas figuras denominadas "constelaciones". Sirven para localizar fácilmente la posición de los astros. En total, hay 88 agrupaciones de estrellas que aparecen en la esfera celeste y que toman su nombre de figuras religiosas o mitológicas, animales u objetos. Este término también se refiere a áreas delimitadas de la esfera celeste que comprenden los grupos de estrellas con nombre.

Los dibujos de constelaciones más antiguos que se conocen señalan que las constelaciones ya habían sido establecidas el 4000 a.C. A finales del siglo XVI, los primeros exploradores europeos de los mares del Sur trazaron mapas del hemisferio austral y se añadieron nuevas constelaciones. Para designar las aproximadamente 1.300 estrellas brillantes, se utiliza el genitivo del nombre de las constelaciones, precedido por una letra griega; este sistema fue introducido por Johann Bayer. Por ejemplo, a la famosa estrella Algol, en la constelación Perseo, se le llama Beta Persei.

Una Constelación conocida es la *Cruz del Sur* visible desde el hemisferio sur y Osa Mayor visible desde el hemisferio Norte. Estas y otras constelaciones permiten ubicar la posición de importantes puntos de referencia como, por ejemplo, los polos celestes. La mayor constelación de la esfera celeste es la de Hydra, que contiene 68 estrellas visibles a simple vista. La Cruz del Sur, por su parte, es la constelación más pequeña.

### 1.4 Las Estrellas y las Galaxias

Después de millones de años se formaron las primeras *estrellas*, astros con luz propia, que al agruparse dieron origen a las *galaxias*. La *Vía Láctea* es "nuestra galaxia", en ella se localiza el *Sistema Solar*. A causa de la atracción gravitatoria, la materia de las estrellas tiende a concentrarse en su centro. Pero eso hace que aumente su temperatura y presión.

A partir de ciertos límites, este aumento provoca reacciones nucleares que liberan energía y equilibran la fuerza de la gravedad, con lo que el tamaño de la estrella se mantiene más o menos estable durante un tiempo, emitiendo al espacio grandes cantidades de radiación, entre ellas, por supuesto, la luminosa.

Sin embargo, dependiendo de la cantidad de materia reunida en un astro y del momento del ciclo en el que se encuentra, se pueden dar fenómenos y comportamientos muy diversos. Enanas, gigantes, dobles, variables, cuásares, púlsares, agujeros negros...

Las estrellas son masas de gases, principalmente hidrógeno y helio, que emiten luz. Se encuentran a temperaturas muy elevadas. En su interior hay reacciones nucleares. El Sol es una estrella. Vemos las estrellas, excepto el Sol, como puntos luminosos muy pequeños y sólo de noche porque están a enormes distancias de nosotros. Parecen estar fijas manteniendo la misma posición relativa en los cielos año tras año. En realidad, las estrellas están en rápido movimiento, pero a distancias tan grandes que sus cambios de posición se perciben sólo a través de los siglos.

Los astrónomos han calculado que el número de estrellas de la Vía Láctea, la galaxia a la que pertenece el Sol, asciende a cientos de miles de millones. Como nuestro Sol, una estrella típica tiene una superficie visible llamada fotosfera, una atmósfera llena de gases calientes y, por encima de ellas, una corona más difusa y una corriente de partículas denominada viento estelar. Las áreas más frías de la fotosfera, que en el Sol se llaman manchas solares, probablemente se encuentren en otras estrellas comunes. Esto se ha podido comprobar en algunas grandes estrellas próximas mediante interferometría.

## 1.5 Las Galaxias del Universo

Son acumulaciones enormes de estrellas, gases y polvo. En el Universo hay centenares de miles de millones. Cada galaxia puede estar formada por centenares de miles de millones de estrellas y otros astros. En el centro de las galaxias es donde se concentran más estrellas. Cada cuerpo de una galaxia se mueve a causa de la atracción de los otros. En general hay, además, un movimiento más amplio que hace que todo junto gire alrededor del centro.

Hay galaxias enormes como Andrómeda, o pequeñas como su vecina M32. Las hay en forma de globo, de lente, plana, elíptica, espiral (como la nuestra) o formas irregulares. Las galaxias se agrupan formando "cúmulos de galaxias". La galaxia grande más cercana es Andrómeda. Se puede observar a simple vista y parece una mancha luminosa de aspecto brumoso. Los astrónomos árabes ya la habían observado. Actualmente se la conoce con la denominación M31. Está a unos 2.200.000 años luz de nosotros. Es el doble de grande que la Vía Láctea.

Las galaxias tienen un origen y una evolución. Las primeras galaxias se empezaron a formar 1.000 millones de años después del Big-Bang. Las estrellas que las forman tienen un nacimiento, una vida y una muerte. El Sol, por ejemplo, es una estrella formada por elementos de estrellas anteriores muertas. Muchos núcleos de galaxias emiten una fuerte radiación, cosa que indica la probable presencia de un agujero negro. Los movimientos de las galaxias provocan, a veces, choques violentos. Pero, en general, las galaxias se alejan las unas de las otras, como puntos dibujados sobre la superficie de un globo que se infla.

La estructura interna de las estrellas no se puede observar de forma directa, pero hay estudios que indican corrientes de convección y una densidad y una temperatura que aumentan hasta alcanzar el núcleo, donde tienen lugar reacciones termonucleares. Las estrellas se componen sobre todo de hidrógeno y helio, con cantidad variable de elementos más pesados. La estrella más cercana al Sistema Solar es Alfa Centauro. Las estrellas evolucionan durante millones de años. Nacen cuando se acumula una gran cantidad de materia en un lugar del espacio. Se comprime y se calienta hasta que empieza una reacción nuclear, que consume la materia, convirtiéndola en energía. Las estrellas pequeñas la gastan lentamente y duran más que las grandes.

### 1.5.1 De Estrella a Agujero Negro

Las estrellas con una masa mucho mayor que la del Sol sufren una evolución más rápida, de unos pocos millones de años desde su nacimiento hasta la explosión de una supernova. Los restos de la estrella pueden ser una estrella de neutrones. Sin embargo, existe un límite para el tamaño de las estrellas de neutrones, más allá del cual estos cuerpos se ven obligados a contraerse hasta que se convierten en un agujero negro, del que no puede escapar ninguna radiación.

Estrellas típicas como el Sol pueden persistir durante muchos miles de millones de años. El destino final de las enanas de masa baja es desconocido, excepto que cesan de irradiar de forma apreciable. Lo más probable es que se conviertan en cenizas o enanas negras.

Los agujeros negros<sup>2</sup> son cuerpos con un campo gravitatorio extraordinariamente grande. No puede

---

<sup>2</sup> Para entender lo que es un agujero negro empecemos por una estrella como el Sol. El Sol tiene un diámetro de 1.390.000 kilómetros y una masa 330.000 veces superior a la de la Tierra. Teniendo en cuenta esa masa y la distancia de la superficie al centro se demuestra que cualquier objeto colocado sobre la superficie del Sol estaría sometido a una atracción gravitatoria 28 veces superior a la gravedad terrestre en la superficie. Una estrella corriente conserva su tamaño normal gracias al equilibrio entre una altísima temperatura central, que tiende a expandir la sustancia estelar, y la gigantesca atracción gravitatoria, que tiende a contraerla y estrujarla. Si en un momento dado la temperatura interna desciende, la gravitación se hará dueña de la situación. La estrella comienza a contraerse y a lo largo de ese proceso la estructura atómica del interior se desintegra. En lugar de átomos habrá ahora electrones, protones y neutrones sueltos. La estrella sigue contrayéndose hasta el momento en que la repulsión mutua de los electrones contrarresta cualquier contracción ulterior. La estrella es ahora una «enana blanca». Si una estrella como el Sol sufriera este colapso que conduce al estado de enana blanca, toda su masa quedaría reducida a una esfera de unos 16.000 km de diámetro, y su gravedad superficial (con la misma masa pero a una distancia mucho menor del centro) sería 210.000 veces superior a la de la Tierra. En determinadas condiciones la atracción gravitatoria se hace demasiado fuerte para ser contrarrestada por la repulsión electrónica. La estrella se contrae de nuevo, obligando a los electrones y protones a combinarse para formar neutrones y forzando también a estos últimos a apretarse en estrecho contacto. La estructura neutrónica contrarresta entonces cualquier ulterior contracción y lo que tenemos es una «estrella de neutrones», que podría albergar toda la masa de nuestro sol en una esfera de sólo 16 kilómetros de diámetro. La gravedad superficial sería 210.000.000.000 veces superior a la que tenemos en la Tierra. En ciertas condiciones, la gravitación puede superar incluso la resistencia de la estructura neutrónica. En ese caso ya no hay nada que pueda oponerse al colapso. La estrella puede contraerse hasta un volumen cero y la gravedad superficial aumentar hacia el infinito. Según la teoría de la relatividad, la luz emitida por una estrella pierde algo de su energía al avanzar contra el campo gravitatorio de la estrella. Cuanto más intenso es el campo, tanto mayor es la pérdida de energía, lo cual ha sido comprobado experimentalmente en el espacio y en el laboratorio. La luz emitida por una estrella ordinaria como el Sol pierde muy poca energía. La 22 -



escapar ninguna radiación electromagnética ni luminosa, por eso son negros. Están rodeados de una "frontera" esférica que permite que la luz entre pero no salga.

### 1.5.2 La Vía Láctea es nuestra Galaxia

En noches serenas podemos ver una franja blanca que atraviesa el cielo de lado a lado, con muchas estrellas. Son sólo una pequeña parte de nuestros vecinos. Entre todos formamos la Vía Láctea. Los romanos la llamaron "Camino de Leche", que es lo que significa vía láctea en latín.

El Sistema Solar está en uno de los brazos de la espiral, a unos 30.000 años luz del centro y unos 20.000 del extremo. La Vía Láctea es una galaxia grande, espiral y puede tener unos 100.000 millones de estrellas, entre ellas, el Sol. En total mide unos 100.000 años luz de diámetro y tiene una masa de más de dos billones de veces la del Sol. Cada 225 millones de años el Sistema Solar completa un giro alrededor del centro de la Galaxia.

Se mueve a unos 270 km/segundo. No se puede ver el brillante centro porque se interponen materiales opacos, polvo cósmico y gases fríos, que no dejan pasar la luz. Se cree que contiene un poderoso agujero negro. La Vía Láctea tiene forma de lente convexa. El núcleo tiene una zona central de forma elíptica y unos 8.000 años luz de diámetro. Las estrellas del núcleo están más agrupadas que las de los brazos. A su alrededor hay una nube de hidrógeno, algunas estrellas y cúmulos estelares.

### 1.6 Evolución del Universo. La expansión

Edwin Hubble descubrió que el Universo se expande. La teoría de la relatividad general de Albert Einstein ya lo había previsto. Se ha comprobado que las galaxias se alejan las unas de las otras. Si pasamos la película al revés, ¿dónde llegaremos? Los científicos intentan explicar el origen del Universo con diversas teorías. Las más aceptadas son la del Big Bang y la teoría Inflacionaria que se complementan.

La teoría del Big Bang o gran explosión, supone que, hace entre 12.000 y 15.000 millones de años, toda la materia del Universo estaba concentrada en una zona extraordinariamente pequeña del espacio y explotó. La materia salió impulsada con gran energía en todas direcciones.

Los choques y un cierto desorden hicieron que la materia se agrupara y se concentrara más en algunos lugares del espacio, y se formaron las primeras estrellas y las primeras Galaxias. Desde entonces, el Universo continúa en constante movimiento y evolución.

Esta teoría sobre el origen del Universo se basa en observaciones rigurosas y es matemáticamente correcta desde un instante después de la explosión, pero no tiene una explicación para el momento cero del origen del Universo, llamado "singularidad".

El descubrimiento de la expansión del Universo empieza en 1912, con los trabajos del astrónomo norteamericano Vesto M. Slipher. Mientras estudiaba los espectros de las Galaxias observó que, excepto en las más próximas, las líneas del espectro se desplazan hacia el rojo. Esto significa que la mayoría de las galaxias se alejan de la Vía Láctea ya que, corrigiendo este efecto en los espectros de las galaxias, se demuestra que las estrellas que las integran están compuestas de elementos químicos conocidos.

Este desplazamiento al rojo se debe al efecto Doppler. Si medimos el corrimiento del espectro de una estrella, podemos saber si se acerca o se aleja de nosotros. En la mayoría este desplazamiento es hacia el rojo, lo que indica que el foco de la radiación se aleja. Esto es interpretado como una confirmación de la expansión del Universo.

En principio parece que las galaxias se alejan de la Vía Láctea en todas direcciones, dando la sensación de que nuestra Galaxia es el centro del Universo. Este efecto es consecuencia de la forma en que se expande el Universo. Es como si la Vía Láctea y el resto de galaxias fuesen puntos situados sobre la superficie de un globo. Al inflar el globo todos los puntos se alejan de nosotros. Si cambiásemos nuestra posición a cualquiera de los otros puntos y realizásemos la misma operación, observaríamos exactamente lo mismo.

---

emitida por una enana blanca, algo más; y la emitida por una estrella de neutrones aún más. A lo largo del proceso de colapso de la estrella de neutrones llega un momento en que la luz que emana de la superficie pierde toda su energía y no puede escapar. Un objeto sometido a una compresión mayor que la de las estrellas de neutrones tendría un campo gravitatorio tan intenso, que cualquier cosa que se aproximara a él quedaría atrapada y no podría volver a salir. Es como si el objeto atrapado hubiera caído en un agujero infinitamente hondo y no cesase nunca de caer. Y como ni siquiera la luz puede escapar, el objeto comprimido será negro. Literalmente, un «agujero negro».

## 1.7 Sistema Solar<sup>3</sup>

Es el conjunto de planetas, satélites, asteroides y otros cuerpos celestes que giran alrededor del Sol, describiendo órbitas elípticas. Todavía no se conoce con certeza cuál es el origen. Los científicos creen que puede situarse hace unos 4.600 millones de años, cuando una inmensa nube de gas y polvo se contrajo a causa de la fuerza de la gravedad y comenzó a girar a gran velocidad, probablemente, debido a la explosión de una *supernova* cercana.

La mayor parte de la materia se acumuló en el centro. La presión era tan elevada que los átomos comenzaron a partirse, liberando energía y formando una estrella. Al mismo tiempo se iban definiendo algunos remolinos que, al crecer, aumentaban su gravedad y recogían más materiales en cada vuelta.

También había muchas colisiones. Millones de objetos se acercaban y se unían o chocaban con violencia y se partían en trozos. Los encuentros constructivos predominaron y, en sólo 100 millones de años, adquirió un aspecto semejante al actual. Después cada cuerpo continuó su propia evolución.

Los **planetas**, son cuerpos opacos que no generan energía (luz y calor) sino que reflejan la energía liberada por el Sol<sup>4</sup>. Los más cercanos son Mercurio y Venus. La *Tierra* ocupa el tercer lugar en orden de distancia al Sol, lo que le permite recibir la cantidad de energía necesaria para el desarrollo de la vida. Los *satélites* son cuerpos celestes que giran alrededor de un planeta. La Tierra, tiene uno solo que es la *Luna*, gira a su alrededor y la acompaña en su camino alrededor del Sol. Otros Planetas que integran el Sistema Solar son Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Se mencionan además a los asteroides, cometas...

## 1.8 Evolución de la Tierra

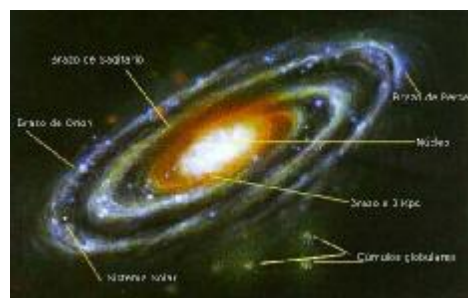
El origen del Universo se conoce sólo por teorías que están siendo discutidas. En un momento de la historia del Universo se formó una galaxia espiral que conocemos como Vía Láctea o camino de la leche. En uno de sus brazos se condensó una estrella, nuestro Sol, hace unos 4.800 millones de años. A su alrededor quedaron, girando, diversos cuerpos (planetésimos), entre ellos, la Tierra.

Al principio era una masa incandescente que, lentamente, se fue enfriando y adquiriendo una forma similar a la que hoy conocemos. La vida apareció cuando las condiciones lo permitieron. Primero, simples compuestos orgánicos; después, organismos unicelulares; más tarde lo hicieron los pluricelulares, vegetales y animales.

Los humanos evolucionamos de otros mamíferos hace apenas unos segundos en el tiempo geológico de la Tierra. Tanto las religiones como las ciencias han dividido la "creación" en diversas fases. Algunas más poéticas (como los siete días de la Biblia), otras más rigurosas, como las eras geológicas que acepta la ciencia. Las estudiaremos más adelante.

La Tierra que hoy conocemos era muy diferente hace 4.800 (?) millones de años. Entonces era una mezcla de rocas conglomeradas cuyo interior se calentó y fundió todo el Planeta. Con el tiempo la parte externa del Planeta se secó y se convirtió en sólida (corteza). Agua, tierra y aire interactuaban mientras mantos de lava manaban por las grietas de la corteza que se enriquecía y transformaba.

Cuando la temperatura bajó lo suficiente permitió la solidificación de la corteza terrestre que se convirtió en "estable". Al principio no tenía atmósfera y estaba (y sigue estando) expuesta a los impactos de meteoritos. El vulcanismo generó una gran cantidad de gases que acabaron formando una capa sobre la corteza. Su



galaxiauno.wikispaces.com



<sup>3</sup> El Sistema Solar está formado por el Sol, los planetas y sus satélites que les acompañan, asteroides, cometas, meteoroides, polvo y gas interplanetario. Las dimensiones de este sistema se especifican en términos de distancia media de la Tierra al Sol, denominada unidad astronómica (UA). Una UA corresponde a unos 150 millones de km. La frontera entre el Sistema Solar y el espacio interestelar - llamada heliopausa - se supone que se encuentra a 100 UA. Los cometas, sin embargo, son los más alejados del Sol; sus órbitas son muy excéntricas, extendiéndose hasta 50.000 UA o más. El Sol contiene el 99,85% de toda la materia en el Sistema Solar. Los planetas, que están condensados del mismo material que formó el Sol, contienen sólo el 0,135% de la masa del sistema. Júpiter contiene más de dos veces la materia de todos los otros planetas juntos. Los satélites de los planetas, cometas, asteroides, meteoroides, y el medio interplanetario constituyen el restante 0,015%.

<sup>4</sup> El Sol es la estrella más cercana a nosotros. Emite luz y energía en virtud de los procesos nucleares de su interior. El Sol ocupa una posición central en el Sistema Solar y contiene el 99,9 por 100 de su masa. Con su potente gravedad, fuerza el movimiento de los nueve planetas y miles de otros cuerpos menores a su alrededor. El Sol es uno de los cientos de miles de millones de estrellas que forman la Vía Láctea. Se encuentra a unos treinta años luz del centro de la Galaxia, girando a una velocidad de 250 km/seg., por lo que le cuesta unos doscientos veinticinco millones de años dar una vuelta completa. Es una estrella mediana que ha llegado casi a la mitad de su existencia. El Sol tiene un diámetro que equivale a 109 veces el de la Tierra, una masa 330.000 veces mayor y una densidad cuatro veces menor. Como todos los cuerpos celestes, tiene un movimiento de rotación alrededor de su propio eje, pero en el Sol este movimiento es distinto según las latitudes, debido a la no homogeneidad de la composición de la materia solar.

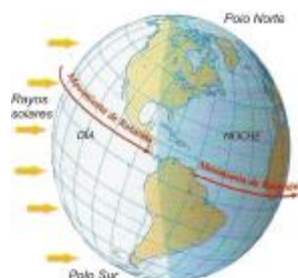
composición era muy distinta de la actual, pero fue la primera capa protectora y permitió la aparición del agua líquida. Algunos autores la llaman "Atmósfera I".

En las erupciones, a partir del oxígeno y del hidrógeno se generaba vapor de agua que, al ascender por la atmósfera, se condensaba dando origen a las primeras lluvias. Al cabo del tiempo, con la corteza más fría, el agua de las precipitaciones se pudo mantener líquida en las zonas más profundas de la corteza, formando mares y océanos, es decir, la *hidrosfera*.<sup>5</sup>

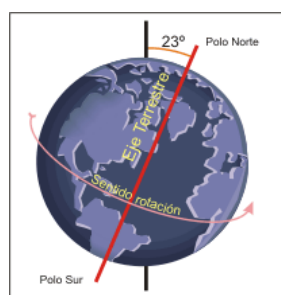
### 1.9 Los movimientos del planeta Tierra

La Tierra está en continuo movimiento. Se desplaza, con el resto de planetas y cuerpos del Sistema Solar, girando alrededor del centro de nuestra Galaxia, la Vía Láctea. Sin embargo, este movimiento afecta poco nuestra vida cotidiana. La relación entre la Tierra <sup>6</sup> y los rayos solares es el fenómeno astronómico más importante para la vida de las sociedades. La Tierra se mueve en el espacio y los rayos solares inciden en diferentes ángulos sobre el planeta, lo que determina *el recorrido aparente del Sol en el cielo, la duración del día y de la noche y la sucesión de las estaciones*.

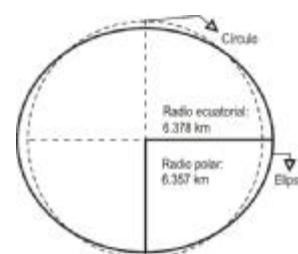
Movimiento de rotación



Sentido de la rotación

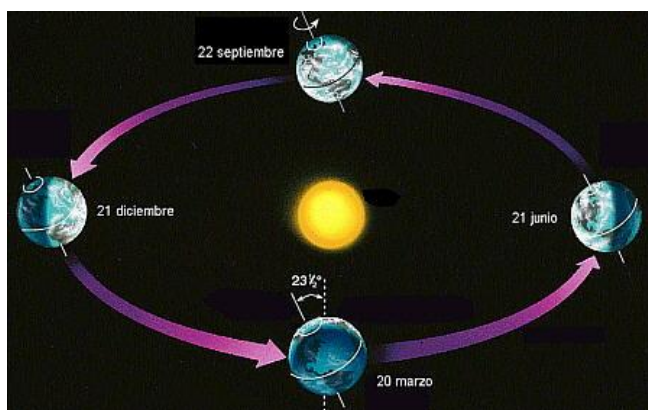


Radio polar y ecuatorial



Rotación: La Tierra gira sobre su eje una vez cada 23 horas, 56 minutos y 4,1 segundos. Por lo tanto, un punto del ecuador gira a poco más de 1.600 km/h y un punto de la Tierra a 45° de altitud N, gira a unos 1.073 km/h. Fuente: Galante, Andrea y otros

#### El movimiento de traslación y las estaciones



#### Principales dimensiones de la Tierra

Radio Ecuatorial:	6.378,1 km
Radio Polar:	6.356,7 km
Circunferencia Ecuatorial:	40.075,0 km
Circunferencia Polar:	40.008,0 km
Diámetro Ecuatorial:	12.756,2 km
Diámetro Polar:	12.713,4 km
Superficie:	510.000.000 km <sup>2</sup>
Volumen:	1.082.841.000.000 km <sup>3</sup>

Entre los movimientos que la Tierra realiza en el espacio, se pueden nombrar como los más importantes los de: *rotación* y de *traslación* o *revolución*. El más importante, para nosotros, es el movimiento que efectúa describiendo su órbita alrededor del Sol, ya que determina el año y el cambio de estaciones.

Y, aún más, la rotación de la Tierra alrededor de su propio eje, que provoca el día y la noche, que determina nuestros horarios y biorritmos y que, en definitiva, forma parte inexcusable de nuestras vidas.

<sup>5</sup> <http://www.astromia.com/tierraluna/orientierra.htm>

<sup>6</sup> La Tierra es el tercer planeta desde el Sol y quinto en cuanto a tamaño. Gira describiendo una órbita elíptica alrededor del Sol, a unos 150 millones de km, en, aproximadamente, un año. Al mismo tiempo gira sobre su propio eje cada día. Es el único planeta conocido que tiene vida, aunque algunos de los otros planetas tienen atmósferas y contienen agua. La Tierra no es una esfera perfecta, ya que el ecuador se engrosa 21 km, el polo norte está dilatado 10 m y el polo sur está hundido unos 31 m. La Tierra posee una atmósfera rica en oxígeno, temperaturas moderadas, agua abundante y una composición química variada. El planeta se compone de rocas y metales, sólidos en el exterior, pero fundidos en el interior. Desde la antigüedad se han elaborado mapas para representar la Tierra. Con la llegada de la fotografía, los ordenadores y la astronáutica, la superficie terrestre ha sido estudiada con detalle, aunque todavía queda mucho por descubrir.

Queda claro, entonces que, en el **movimiento de rotación**, la Tierra gira sobre su eje originando la sucesión de los días y las noches. Este movimiento lo realiza de oeste a este, es decir, en sentido contrario al movimiento aparente del Sol. Las consecuencias de este movimiento son:

Sucesión del día y la noche	Aplanamiento polar	Desviación de los vientos y las corrientes marinas	Diferencia de horas
Al rotar sobre su eje, la Tierra expone progresivamente su superficie al Sol presentado una mitad iluminada (día) y otra en sombra (noche). El paso del día a la noche es paulatino y origina los crepúsculos (matutino o amanecer y vespertino o atardecer)	En su rotación, la Tierra desarrolla una fuerza centrífuga que origina el ensanchamiento ecuatorial y el achatamiento polar. Esto determina que su forma sea la de un geoide, si bien por razones prácticas se la representa como si fuera una esfera.	La velocidad de rotación de la Tierra varía desde el Ecuador hacia los polos, lo que hace que las masas que se desplazan sobre ella (agua, viento) desvíen sus trayectorias en el sentido de las agujas del reloj, en el hemisferio norte y en el sentido contrario, en el hemisferio sur.	Si dividimos los 360° de la circunferencia terrestre entre las 24 horas del día, se observa que, en una hora, la Tierra gira 15°. La Tierra puede ser, entonces, dividida en 24 husos horarios, delimitados por dos meridianos con 15° de diferencia entre sí.

Con el **movimiento de traslación**, la Tierra gira alrededor del Sol, junto a los otros planetas del Sistema Solar. Durante este movimiento la Tierra describe una **órbita elíptica** en la cual el Sol no ocupa el centro, sino uno de sus focos. Debido a esto, la distancia de la Tierra al Sol varía, en el curso del año, en unos 5.000.000 de km. Una vez al año la Tierra está más cerca del Sol (perihelio) y otra, más lejos (afelio).

La Tierra tarda 365 días, 5 hs, 48' y 46" en describir una elipse alrededor del Sol. Por convencionalismos, las sociedades han adoptado el **año civil**, el que toma 365 días completos, sin fracción. Para compensar la diferencia de horas entre ambos, cada 4 años se aumenta 1 día a febrero, mes + corto del año (bisiesto). Este movimiento se asocia a la **inclinación del eje terrestre (23° 27')** respecto al **plano de la órbita terrestre o elíptica**:

Sucesión de las estaciones:	Desigual duración de los días y las noches:
<p>Las posiciones en que se produce el inicio de una estación, son los <b>equinoccios</b> y los <b>solsticios</b>. Generalmente se toma el día 21 como inicio de una estación, pero en la realidad el cambio de la misma puede desplazarse entre los días 21 y 23.</p> <p>1. Los <b>equinoccios</b> son los momentos en que los rayos solares llegan perpendiculares a los puntos de la superficie terrestre que están sobre el Ecuador. Entonces, el círculo de iluminación pasa exactamente por los polos, y todos los puntos del globo tienen un día y una noche de doce horas cada uno. Los <b>equinoccios</b> marcan el inicio de la primavera (hemisferio norte: 21/3 y en el hemisferio sur: 21/9) y del otoño (hemisferio norte 21/9 y del hemisferio sur: 21/3). A partir del <b>equinoccio</b> del 21 de marzo hasta el del 21 de septiembre, el polo sur no recibe la luz del Sol. Es la larga noche polar del Antártico. A partir del <b>equinoccio</b> del 21 de septiembre, y hasta el del 21 de marzo, el polo sur está expuesto constantemente a la luz solar, debido a la inclinación de los rayos solares. Es el gran día polar del Antártico. En el polo norte, la noche o día polar se da en fechas inversa. (la noche polar se inicia el 21 de septiembre y el día polar el 21 de marzo).</p> <p>2. Los <b>solsticios</b> son los momentos en que los rayos solares llegan perpendiculares a los puntos de la superficie terrestre que están sobre los trópicos. Marcan el comienzo de las estaciones extremas. Así, el 21 de junio (verano para el hemisferio norte e invierno para el hemisferio sur), los rayos solares llegan perpendiculares a los puntos que están sobre el Trópico de Cáncer. Para el hemisferio sur, como comienza el invierno: los días son más cortos que las noches, recibe menos calor, pues los rayos solares llegan oblicuos y distribuyen el calor en una superficie mayor de la atmósfera. Por su parte, el 21 de diciembre (verano para el hemisferio sur e invierno para el hemisferio norte), los rayos solares llegan perpendiculares a los puntos que están sobre el Trópico de Capricornio. Para el hemisferio sur comienza el verano: los días son más largos que las noches, recibe más calor porque los rayos solares llegan en forma directa.</p> <p>En el hemisferio norte ocurre la situación inversa.</p>	<p>El ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre es diferente en las distintas zonas del Planeta, determinando:</p> <p>La <b>zona cálida</b>, se encuentra entre los trópicos. Es la única que recibe verticalmente los rayos solares en el curso del año. Por ello, presenta temperaturas más elevadas y <b>menos diferencias entre la duración del día y de la noche</b> y entre las estaciones del año.</p> <p>Las <b>zonas templadas</b>, se encuentran entre los trópicos y los círculos polares de cada hemisferio. Como allí los rayos solares nunca llegan perpendicularmente, tienen una temperatura moderada. En ellas, se notan claramente las estaciones y <b>existe una mayor diferencia entre la duración de los días y las noches</b>.</p> <p>Las <b>zonas frías o polares</b>, se encuentran entre el polo y el círculo polar de cada hemisferio. La <b>diferencia de duración de los días y las noches es muy acentuada y aumenta nitidamente desde los círculos polares al polo</b>. Los rayos solares llegan muy oblicuos, jamás el Sol se levanta mucho sobre el horizonte y las temperaturas, en consecuencia, son muy bajas.</p>

## 1.10 Husos horarios

El **huso horario** es una zona de la superficie terrestre comprendida entre dos **meridianos**. Tiene forma de semicírculo. Une los polos Norte y Sur. Cada uno de estos meridianos mide 15° de longitud. Todos los husos horarios se definen en relación al Tiempo Universal Coordinado (UTC). Se llaman husos porque tienen forma de huso de hilar o de gajo de naranja. Son 24 **zonas** cuyo punto de inicio es el **Meridiano de Greenwich** localidad cercana a Londres, Gran Bretaña. Se parte de allí para comenzar a contarlas.<sup>7</sup>

Esas **24 zonas** se dividen en 12 husos al Este y 12 al Oeste del **Meridiano de Greenwich**. Puesto que la Tierra gira de Oeste a Este, al pasar de un huso horario a otro en dirección Este hay que sumar una hora. Por el contrario, al pasar de Este a Oeste hay que restar una hora. El meridiano de 180°, conocido como línea internacional de cambio de fecha, marca el cambio de día. El huso de Argentina es UTC-3 todo el año desde 2011.

<sup>7</sup> <http://www.astromia.com/glosario/fotos/hushorario.jpg> <http://saber-que.blogspot.com.ar/2011/01/horario.html>

Imágenes del Universo donde estamos insertos

El Universo



Alpha Centauro A



Vida de una estrella



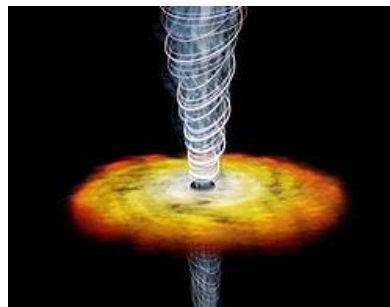
Agujero Negro



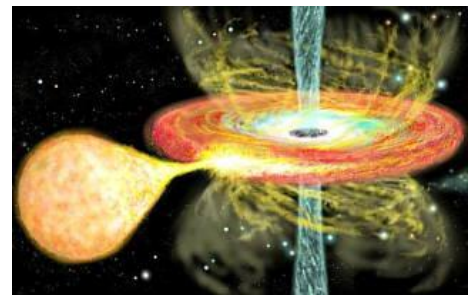
Estrellas dobles



Cuásar



Agujero negro



Galaxias del Universo



Vía Láctea y Sistema Solar



Vía Láctea o Camino de la leche



Andrómeda



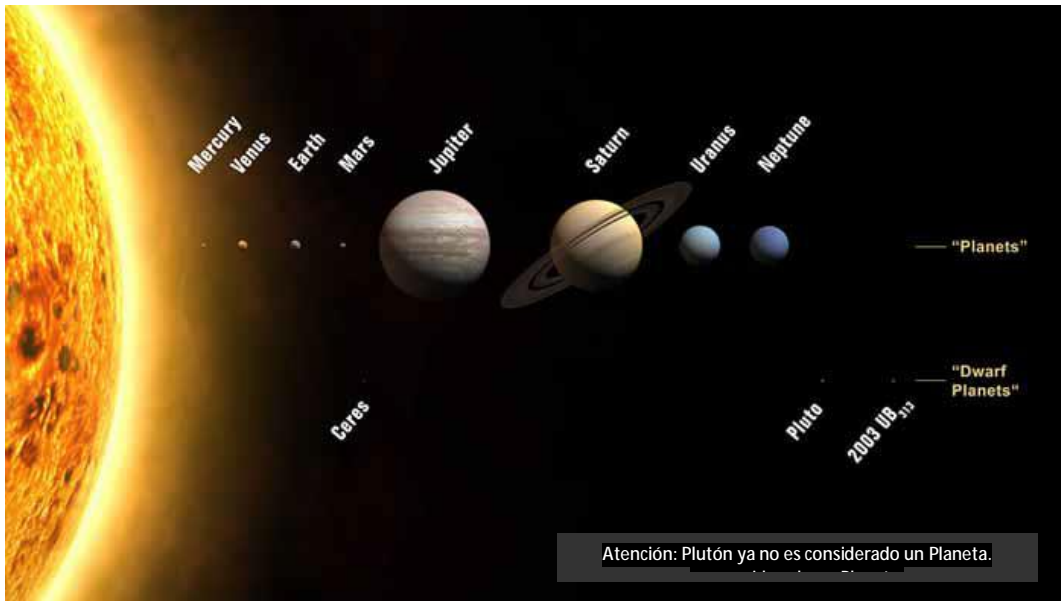
Supernova en explosión



Anillos de materia expulsada por agujero negro



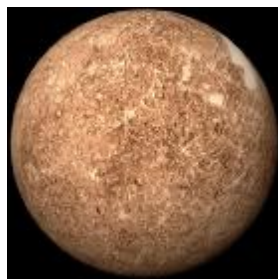
Fotomontaje del Sistema Solar



Sol



Mercurio



Venus



Planeta Tierra



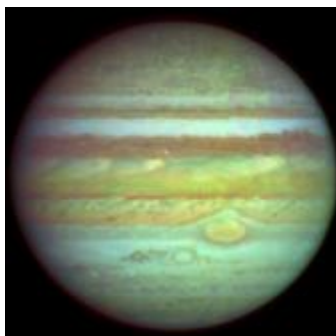
Luna



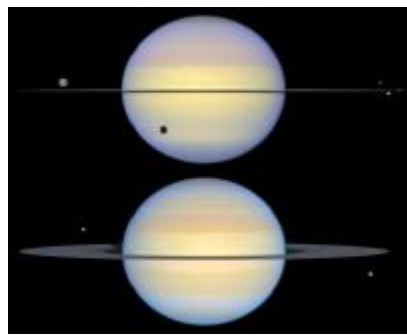
Marte



Júpiter



Saturno



Urano



Fuente: <http://www.astromia.com/fotosolar/fotosolar.htm>

## 1.11 La Luna y sus características

Hay, básicamente, tres teorías sobre el origen de la luna:

- Era un astro independiente que, al pasar cerca de la Tierra, quedó capturado en órbita.
- La Tierra y la Luna nacieron de la misma masa de materia que giraba alrededor del Sol.
- La luna surgió de una especie de "hinchazón" de la Tierra que se desprendió por la fuerza centrífuga.

Actualmente se admite una cuarta teoría que es como una mezcla de las otras tres: cuando la Tierra se estaba formando, sufrió un choque con un gran cuerpo del espacio. Parte de la masa salió expulsada y se aglutinó para formar nuestro satélite. Y, aún, una quinta teoría que describe la formación de la Luna a partir de los materiales que los monstruosos volcanes de la época de formación lanzaban a grandes alturas.

**1.11.1 Movimientos de la Luna.** La Luna es el único satélite natural de la Tierra. Gira alrededor de su eje (rotación) en aproximadamente 27.32 días (mes sidéreo) y se traslada alrededor de la Tierra (traslación) en el mismo intervalo de tiempo, de ahí que siempre nos muestra la misma cara. Además, nuestro satélite completa una revolución relativa al Sol en aproximadamente 29.53 días (mes sinódico), período en el cual comienzan a repetirse las fases lunares.

Los instantes de salida, tránsito y puesta del Sol y de la Luna están relacionados con las fases. La Luna se traslada alrededor de la Tierra en sentido directo, en dirección Este. Como el Sol se mueve  $1^\circ$  por día hacia el Este. La Luna atrasa diariamente su salida respecto a la del Sol unos  $50'$ .

**1.11.2 Rotación y traslación de la Luna.** La Luna gira alrededor de la Tierra aproximadamente una vez al mes. Si la Tierra no girara en un día completo, sería muy fácil detectar el movimiento de la Luna en su órbita. Este movimiento hace que la Luna avance alrededor de  $12^\circ$  en el cielo cada día.

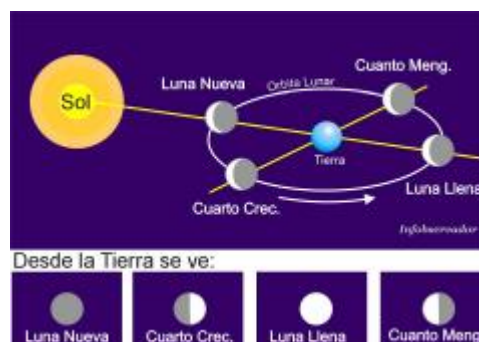
Si la Tierra no rotara, lo que veríamos sería la Luna cruzando la bóveda celeste durante dos semanas, y luego se iría y tardaría dos semanas ausente, durante las cuales la Luna sería visible en el lado opuesto del Globo. Sin embargo, la Tierra completa un giro cada día, mientras que la Luna se mueve en su órbita también hacia el este. Así, cada día le toma a la Tierra alrededor de 50 minutos más para estar de frente con la Luna nuevamente (lo cual significa que nosotros podemos ver la Luna en el Cielo). El giro de la Tierra y el movimiento orbital de la Luna se combinan, de tal suerte que la salida de la Luna se retrasa del orden de 50 minutos cada día.

**1.11.3 Las fases de la luna.** Según la disposición de la Luna, la Tierra y el Sol, se ve iluminada una mayor o menor porción de la cara visible de la luna.<sup>8</sup>

- La Luna Nueva o novilunio es cuando la Luna está entre la Tierra y el Sol y por lo tanto no la vemos.
- En el Cuarto Creciente, la Luna, la Tierra y el Sol forman un ángulo recto, por lo que se puede observar en el cielo la mitad de la Luna, en su período de crecimiento.
- La Luna Llena o plenilunio ocurre cuando La Tierra se ubica entre el Sol y la Luna; ésta recibe los rayos del sol en su cara visible, por lo tanto, se ve completa.
- Finalmente, en el Cuarto Menguante los tres cuerpos vuelven a formar ángulo recto, por lo que se puede observar en el cielo la otra mitad de la cara lunar.

Las fases de la luna son las diferentes iluminaciones que presenta nuestro satélite en el curso de un mes. La órbita de la Tierra forma un ángulo de  $5^\circ$  con la órbita de la Luna, de manera que cuando la luna se encuentra entre el sol y la tierra, uno de sus hemisferios, el que nosotros vemos, queda en la zona oscura, y por lo tanto, queda invisible a nuestra vista: a esto le llamamos luna nueva o novilunio.

A medida que la luna sigue su movimiento de traslación, va creciendo la superficie iluminada visible desde la tierra, hasta que una semana más tarde llega a mostrarnos la mitad de su hemisferio iluminado; es el llamado cuarto creciente. Una semana más tarde percibimos todo el hemisferio iluminado: es la llamada luna llena o plenilunio. A la semana siguiente, la superficie iluminada empieza a decrecer o menguar, hasta llegar a la mitad: es el cuarto menguante. Al final de la cuarta semana llega a su posición inicial y desaparece completamente de nuestra vista, para recomenzar un nuevo ciclo.



<sup>8</sup> <http://2.bp.blogspot.com/-cOXsrmjSX8E/TWaaTx3b0WII/AAAAAAAAAAZol-q5A7Q3Jyx4/s1600/fases-de-la-luna.jpg>



## Los cinco movimientos de la Tierra

Por Milhaud el 10 julio, 2010 <http://naukas.com/2010/07/10/los-cinco-movimientos-de-la-tierra>

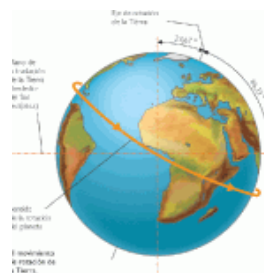
Cuando éramos chicos, en el colegio nos enseñaron cómo pese a que en la antigüedad se creía que la Tierra era plana y el centro del universo, gracias a grandes personajes de la historia, se demostró que la tierra ni era plana, ni era el centro del universo. De hecho, ésta es la que gira en torno al sol, realizando el movimiento conocido como de *translación*, y mientras gira en torno al sol también gira en torno a sí misma, realizando el movimiento de *rotación*. Pero más allá de todo esto, no nos contaron nada más, pese a que sí que lo hay. La Tierra no se mueve únicamente en torno al sol y sobre sí misma, sino que además tiene otros tres movimientos principales adicionales: *precesión de los equinoccios*, *nutación* y el *bamboleo de Chandler*.

Además de estos cinco movimientos principales, existen otros movimientos históricamente considerados secundarios como son las *variaciones del plano elíptico* en el que se describe el movimiento de translación, las *variaciones en la excentricidad* de la elipse descrita en este movimiento, o los movimientos que realiza la Tierra por estar dentro del Sistema Solar, o por estar dentro de la Vía Láctea. A continuación, una breve descripción de cada uno de los 5 movimientos principales:

### ► Movimiento de Rotación

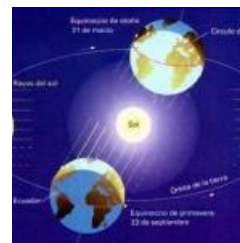
Este movimiento, de sobra conocido por todos, se define como el que hace la Tierra sobre su propio eje. La rotación es el movimiento por el cual existen los días y las noches, y cada rotación tiene una duración de prácticamente un día (más concretamente son 23 horas 56 minutos y 4.1 segundos).

No se puede decir que exista un único descubridor de la existencia de este movimiento, aunque el primero que hizo una propuesta firme al respecto fue Johannes Müller en el siglo XV, aunque no fue hasta más tarde, con la ayuda de Copérnico y Newton, cuando la existencia de la rotación terrestre quedó totalmente demostrada.



### ► Movimiento de Translación

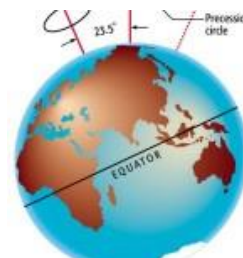
Al igual que el movimiento de rotación, el de translación es de sobra conocido por todos. Se define como el movimiento que hace la Tierra en torno al sol, describiendo una elipse que tarda en ser recorrida *365 días, 5 horas y 47 minutos*. Debido al hecho de recorrer una órbita, la Tierra varía su distancia respecto al sol mientras describe esta trayectoria, dándose el perihelio (punto más cercano al sol) los primeros días de Enero, y el afelio (punto más alejado del sol) los primeros días de Julio.



El primero en proponer la existencia de este movimiento fue el griego *Filolao de Crotona*, aunque los seguidores de la teoría geocéntrica mantuvieron este pensamiento enterrado hasta que en el siglo XVI Copérnico revolucionó la astronomía con su modelo heliocéntrico que, pese a no ser el primero, sí que fue el primero en recibir un gran apoyo y respeto por la sociedad de la época.

### ► De Precesión de los Equinoccios

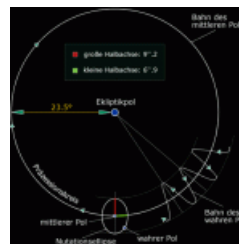
Si bien al comienzo del artículo he afirmado que en las escuelas sólo se enseñan los movimientos de translación y rotación, bien es cierto que algunos afortunados han podido ser ilustrados en un tercer movimiento de la tierra no tan conocido como los dos anteriores. El movimiento de precesión de los equinoccios es el que *describe el inclinado eje de la tierra de forma circular*. Más concretamente, es el movimiento que hace el polo norte terrestre respecto al punto central de la elipse que describe la Tierra en el movimiento de translación. Este movimiento fue descrito y calculado por primera vez en la antigua Grecia por Hiparco de Nicea. La causa física fundamental de la existencia de este movimiento es el momento de fuerza que ejerce el Sol sobre la Tierra, aunque este movimiento también se ve fuertemente afectado por el movimiento de las placas tectónicas, por lo cual su periodicidad no es tan precisa como en el caso de los movimientos de rotación y translación. Aún así, su duración estimada es de 25 780 años, lo que también es conocido como año platónico.





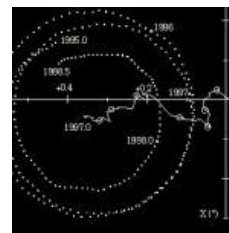
### ► Movimiento de Nutación

Entrando ya en movimientos más complejos, nos encontramos con el movimiento de nutación. El eje de la Tierra, como acabamos de describir en el punto anterior, se mueve de forma circular mediante el movimiento de precesión, pero los círculos que describe no son exactos. De hecho, el movimiento de nutación lo que hace es generar oscilaciones haciendo que el eje de la tierra se incline un poco más o un poco menos respecto a la circunferencia que describe el movimiento de precesión. Este movimiento, fue descubierto en 1728 por James Bradley, pero cuando lo dio a conocer no conocía aún la causa de la existencia del mismo. Esto fue demostrado 20 años más tarde, cuando los cálculos de distintos físicos y astrónomos determinaron que este movimiento era causado directamente por la *atracción gravitatoria de la Luna*.



### ► Bamboleo de Chandler

Por si no eran pocos los cuatro movimientos ya existentes, en 1891 el astrónomo Seth Carlo Chandler descubrió una nueva irregularidad en la oscilación del eje de la Tierra. Este nuevo movimiento, conocido como el bamboleo de Chandler, se trata de un movimiento oscilatorio del eje de la Tierra que hace que se desplace hasta 9 m de la posición predicha para un momento concreto. La causa real de la existencia de este movimiento aún no ha sido averiguada a día de hoy, aunque ha habido varias teorías al respecto, desde que podría estar causado por los cambios climáticos hasta que la causa real podría ser las variaciones de concentración salina en el mar. El máximo rango registrado por esta oscilación ocurrió en el año 1910, y por razones que aún se desconocen, este movimiento desapareció durante seis semanas en el año 2006.



Ω

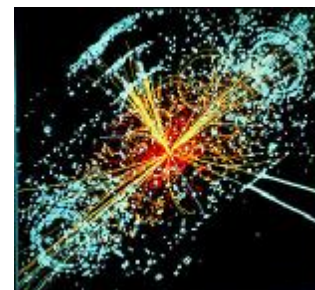
## Lectura complementaria

### Bosón de Higgs

El **bosón de Higgs** o **partícula de Higgs** es una partícula elemental propuesta en el Modelo estándar de física de partículas. Recibe su nombre en honor a Peter Higgs quien, junto con otros, propuso en 1964, el hoy llamado mecanismo de Higgs, para explicar el origen de la masa de las partículas elementales. El Bosón de Higgs constituye el cuanto del campo de Higgs (la más pequeña excitación posible de este campo). Según el modelo, no posee espín, carga eléctrica o color. Es muy inestable y se desintegra rápido. Su vida media es del orden del zeptosegundo.

La existencia del bosón de Higgs y del campo de Higgs asociado serían el más simple de varios métodos del Modelo estándar de física de partículas que intentan explicar la razón de la existencia de masa en las partículas elementales. Esta teoría sugiere que un campo impregna todo el espacio, y que las partículas elementales que interactúan con él adquieren masa, mientras que las que no interactúan con él, no la tienen. En particular, dicho mecanismo justifica la enorme masa de los bosones vectoriales W y Z, como también la ausencia de masa de los fotones. Tanto las partículas W y Z, como el fotón son bosones sin masa propia, los primeros muestran una enorme masa porque interactúan fuertemente con el campo de Higgs, y el fotón no muestra ninguna masa porque no interactúa en absoluto con el campo de Higgs.

El bosón de Higgs ha sido objeto de una larga búsqueda en física de partículas. Si se demostrara su existencia, el modelo estaría completo. Si se demostrara que no existe, otros modelos propuestos en los que no se involucra el Higgs podrían ser considerados. El 4 de julio de 2012, el CERN anunció la observación de una nueva partícula «consistente con el bosón de Higgs», pero se necesita más tiempo y datos para confirmarlo. CERN Press Release: CERN experiments observe particle consistent with long-sought Higgs boson» (en inglés) (04-06-2012).



Una traza hipotética del bosón de Higgs en una colisión simulada de protón-protón

Ω



## Actividades de recapitulación

1. Realice un crucigrama con estos conceptos<sup>9</sup>:

Verticales:

- 1: Cuerpo celeste que brilla en el cielo con luz propia.
- 2: Agrupación de estrellas, gases y polvo. Por lo general en forma elíptica o espiral.
- 4: Astro que gira en torno a un planeta, describiendo una órbita sometida a la fuerza de gravitación.

Horizontales:

- 3: El conjunto constituido por una estrella central y planetas, satélites, asteroides, cometas u otros cuerpos celestes que giren a su alrededor.
- 5: Cuerpo celeste que orbita alrededor de una estrella, tiene suficiente masa, su forma es prácticamente esférica y ha limpiado la vecindad de su órbita de planetesimales.
- 6: El conjunto de astros que existen en el espacio.

1						2					
3		4									
					5						
				6							

Relacione con una flecha cada concepto con su definición

Universo	El conjunto constituido por una estrella central y planetas, satélites, asteroides, cometas u otros cuerpos celestes que giren a su alrededor
Estrella	Cuerpo celeste que orbita alrededor de una estrella, tiene suficiente masa, su forma es prácticamente esférica y ha limpiado la vecindad de su órbita de planetesimales.
Galaxia	Astro que gira en torno a un planeta describiendo una órbita sometida a la fuerza de gravitación.
Planeta	Agrupación de estrellas, gases y polvo. Por lo general en forma elíptica o espiral.
Satélite	El conjunto de astros que existen en el espacio.
Sistema solar	Cuerpo celeste que brilla en el cielo con luz propia.

### Fuentes consultadas, otras recomendadas y enlaces sugeridos

- Basri, G.; Brown, M.; Annu. Rev. Earth Planet. Sci.. 34,193–216 (2006)  
 Edgeworth, *Monthly Notes Royal Astron. Soc.*, 109, 600 (1949).  
 Fernández, J. (1980). *Monthly Notes Royal Astron. Soc.*, 192, 481.  
 Fraknoi, A. (2008). "Teaching What a Planet Is", *Astronomy Education Review*, Issue 2, Volume 5 (<http://aer.noao.edu/cgi-bin/article.pl?id=207>)  
<http://astro.cas.cz/nunciuz/appendix.html#tancredi>  
<http://hubble.nasa.gov/>  
<http://hubble.nasa.gov/missions/intro.php>  
<http://hubblesite.org/>  
<http://hubblesite.org/gallery/wallpaper/>  
<http://kepler.nasa.gov/Mission/discoveries/kepler21b>  
<http://luis-fernandez-carril.suite101.net/exoplanetas-la-vista-en-otro-mundo-a28905>. Planeta gigante gaseoso extrasolar -  
<http://www.astromia.com/astronomia/telescopiohubble.htm>  
<http://www.google.com.ar/images?hl=es&source=hp&q=big+bang&gbv=2>  
<http://www.nasa.gov/home/index.html>  
[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler/main/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.html)  
<http://www.noao.edu/news/2011/pr1108.php>  
[http://www.quo.es/ciencia/astronomia/origen\\_de\\_las\\_galaxias](http://www.quo.es/ciencia/astronomia/origen_de_las_galaxias)  
<http://www.seti.org/?gclid=CKOd076i4q0CFRFV7AodQ1V-ig>  
<http://www.slideshare.net/dgblasco/la-tierra-en-el-universo>  
<http://www.slideshare.net/JoseAngelMartinez/la-tierra-planeta-del-sistema-solar>  
<http://www.xtec.es/~rmolins1/textos/es/univers01.htm>  
<http://www.youtube.com/spacelab?feature=etp-gs-space>

Se sugiere visitar el sitio web del Planetario Ciudad de Buenos Aires: <http://www.planetario.gov.ar/>  
Ver el documental "La historia de la Tierra" [http://almez.pntic.mec.es/~jmac0005/ESO\\_Geo/TIERRA/videos/video\\_pt\\_003.htm](http://almez.pntic.mec.es/~jmac0005/ESO_Geo/TIERRA/videos/video_pt_003.htm)



<sup>9</sup> Algunas Actividades fueron adaptadas de [http://almez.pntic.mec.es/~jmac0005/ESO\\_Geo/TIERRA/Html/actividades1.htm](http://almez.pntic.mec.es/~jmac0005/ESO_Geo/TIERRA/Html/actividades1.htm)  
32 -