

2023

*Teóricos de la Cátedra de Introducción a la Geología.  
Materia común a varias carreras. FI. UNJu*

# Unidad 3 y 4

## *EL UNIVERSO Y EL SISTEMA SOLAR*

El cosmos está integrado por miles de millones de galaxias agrupadas en cúmulos. Una de ellas es nuestra Galaxia, es una espiral gigante, vista en corte transversal tiene forma de una lente biconvexa con un diámetro de 80.000 años - luz, el espesor en los bordes es de unos 1.000 años - luz, pero en el centro llegaría a 10.000 años - luz o quizás hasta 15.000 años - luz. La masa total de la Galaxia es de aproximadamente de unas 100 mil millones de estrellas individuales.



Galaxias espirales

Una de esas estrellas es nuestro Sol, que es una estrella media tanto por su brillo como por su masa; se encuentra ubicado marginalmente a unos 30.000 años - luz del centro galáctico. La forma muy achatada de la Galaxia hacía muy probable la hipótesis de su rotación general alrededor de un eje perpendicular a su plano; por otra parte, el espectrógrafo nos muestra que las galaxias espirales giran (efecto Doppler-Fizeau) y la nuestra es una de ellas.



Estructura interna del sol

El Sol es el centro del Sistema Solar y vinculados al mismo mediante la fuerza de la gravedad se hallan los otros elementos del sistema que comprende: nueve Planetas mayores, con sus 31 satélites o lunas, miles de pequeños planetoides o asteroides, miles de cometas, innumerables meteoritos y polvo interplanetario.

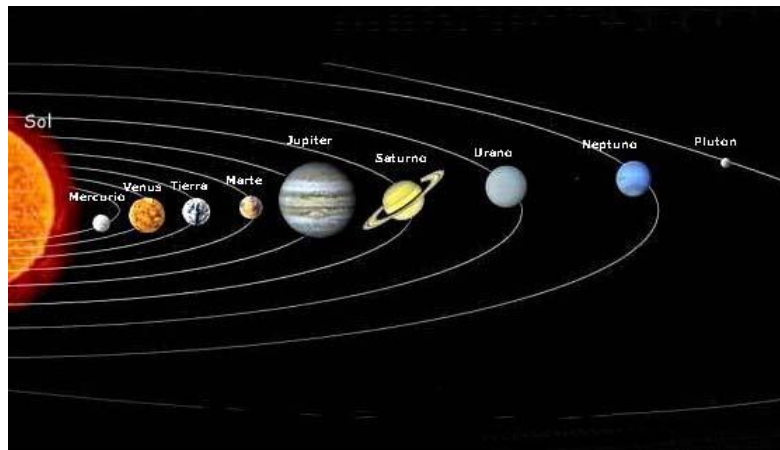
Únicamente el Sol posee luz propia, los planetas y las lunas brillan porque refleja la luz solar. El radio del sistema solar o sea la distancia desde el Sol hasta el planeta más distante es de 5.600 millones de kilómetros. No conocemos otro.

Los nueve planetas son: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón giran alrededor del Sol, aproximadamente en el mismo plano y en la misma dirección; entre Marte y Júpiter circulan los planetoides o asteroides representados por cuerpos de muy variadas dimensiones y casi todos sumamente pequeños para que se los observe a simple vista. Los planetas muestran una separación más bien regular en dos grupos contrastados: Grupo Interior: Mercurio, Venus Tierra y Marte; y Grupo Exterior: Júpiter, Saturno Urano, Neptuno y Plutón.

En base a su tamaño, también podemos separarlos en dos grupos naturales: **Planetas Mayores:** *Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno*, todos de grandes dimensiones, baja densidad y rodeados de enormes atmósferas; y los **Planetas Terrestres:** *Mercurio, Venus, Tierra, Marte y Plutón*; este grupo es denominado *Planetas Terrestre* por su semejanza con nuestro planeta y tienen dimensiones mas pequeñas comparadas con las anteriores.

La Tierra como integrante del Sistema Solar ocupa el quinto lugar en diámetro y masa y es el tercero en orden a partir del Sol. Efectúa un movimiento de rotación alrededor del Sol una vez por año, su masa es 1/330.000 de la del Sol.

Entre los planetas del Sistema Solar, la Tierra es uno de los más pesados, ya que su densidad media es de 5,52, ligeramente inferior a la de Mercurio (5,70) y bastante mayor que la masa de Venus (5,12). Tiene un campo gravitatorio ligeramente fuerte y recibe moderado calor del Sol, dándole a la superficie del planeta una temperatura media de 11°C, favorable para la vida.



Planetas del sistema solar

## Teorías Cosmogónicas

Pitágoras, habla por primera vez de la rotación terrestre. Ptolomeo funda los principios del Sistema Antropocéntrico, que domina durante la Edad Antigua y Media.

En 1543, Nicolás Copérnico, lo supera con su obra "De Revolutionibus Orbium Coelestium" (revoluciones de las esferas celestes). Poco después, Galileo descubre con el telescopio algunas lunas de Júpiter, los anillos de Saturno y las manchas solares, demostrando asimismo que la Vía Láctea es una ingente masa de estrellas.

Las primeras explicaciones sobre el origen del Sistema Solar corresponden a: Descartes, Kant (1775), Buffón y luego Laplace (1796), cuya teoría superó a las existentes e incluso las posteriores.

En general, las teorías sobre el origen del sistema solar, pueden reunirse en dos grupos, ambos coinciden en un aspecto: La presencia de partículas pequeñas sólidas o gaseosas, no líquidas (pues se habrían evaporado en el vacío).

**Teoría de la Uniformidad:** que consideran la formación de los planetas como un lento proceso continuo.

**Teorías Catastróficas:** que consideran la formación de los planetas a partir de un suceso excepcional y violento.

**Teoría de Laplace:** Es una de las teorías de la uniformidad. Sostiene el origen común de todo el sistema solar. Si bien carecía de una elaboración teórica exacta, encontró una rápida aceptación y se la llamó "**Teoría Nebular**".

Al comienzo el espacio hasta la actual órbita de Neptuno, estaba lleno de una inmensa masa de vapor o gases ígneos, de poca densidad. La tendencia de las moléculas a agruparse de acuerdo a la ley de gravitación universal de Newton, habría originado poco a poco un movimiento en espiral (podría haber sido impuesto el movimiento por la atracción de algún otro cuerpo celeste), de modo que la nebulosa adquirió un movimiento de rotación sobre sí misma, alrededor de un eje. La velocidad del movimiento habría aumentado paulatinamente al aumentar la densidad de la parte del núcleo, de acuerdo a las leyes de la mecánica, la nebulosa habría tomado forma de lenteja, que al girar sobre un eje menor habría dado una velocidad tan tremenda a las partículas situadas en el ecuador, hasta que el punto que la fuerza centrífuga superó a la centrípeta, desprendiéndose una parte en forma de anillo gaseoso.

El anillo gaseoso desprendido, siguiendo el mismo proceso que la masa central se subdividiría en fragmentos, los que continuando su movimiento de rotación se soldarían y formarían un futuro planeta. Conforme aumentaba la densidad del núcleo de la masa central, se repetiría el fenómeno varias veces, dando origen a los diversos planetas. En un caso, los fragmentos no pudieron unirse por la acción gravitatoria de Júpiter, resultando el enjambre de numerosos planetas o asteroides situados especialmente entre aquél y Marte.

- Durante el proceso de evolución, el momento de rotación de la esfera gaseosa (producto de la masa, velocidad de rotación y el cuadrado del radio), debería haberse repartido en forma proporcional entre los miembros, correspondiendo al Sol el 9% de la totalidad del movimiento, en razón de su gran masa. Sin embargo, el Sol solo tiene la setecientasava parte del total del movimiento.

Hoyle, matemático inglés, sobre la base anterior, desarrolló una teoría similar a la de Laplace, pero con una nueva idea debida a Alfren y Dauvillier: "**el campo magnético**". Originalmente existe una nube de gas que gira rápidamente, contrayéndose más y más. Cuando el diámetro ecuatorial es más pequeño que la órbita de Mercurio, algunos gases dejan el ecuador y forman un disco externo que rápidamente se vuelve más grande.

Las líneas de fuerzas magnéticas procedentes del cuerpo central (futuro Sol), se tuercen en espiral en el plano del disco central y tienden a frenar el movimiento, su rotación, al mismo tiempo que aceleran la rotación del disco exterior. Así el momento angular, la piedra de todo el problema, se transfiere del Sol al disco exterior, es decir a los futuros planetas. Los gases de ese disco externo se fragmentan y condensan en los planetas, con una composición que dependerá de su distancia al Sol: cerca, la temperatura es muy alta y solo condensan los átomos pesados, formando los planetas interiores. Lejos del Sol, hay más frío y se condensan los átomos de los elementos más ligeros, formando los planetas exteriores. Aquí se vuelven las ideas del astrónomo ruso Schmidt. Esta teoría parece ser la más completa y que explica mejor hasta ahora los diversos problemas planteados por las otras teorías.

## BIG BANG

La teoría del Big Bang ofrece una explicación de por qué las galaxias se formaron en una etapa específica de la expansión. Durante mucho tiempo las temperaturas eran demasiado altas y los átomos se movían muy rápido, de tal modo que se impedía que la atracción gravitacional los reuniese en nubes, sin embargo, después de alrededor de mil millones de años, a consecuencia de la expansión se había enfriado suficiente gas como para que se condensase en nubes y otra vez éstas pudieron colapsarse en galaxias.

Otro misterio, resuelto en parte por la teoría del big bang, descansan en la interacción de las partículas elementales y en las fuerzas que existen entre ellas. Para colocar esta hipótesis en perspectiva, debemos dar un gran salto, debemos ir a lo más pequeño, desde todo lo visible de las galaxias distantes hasta el mundo no visible de las partículas subatómicas.

La teoría del Big Bang nos indica que el origen del Universo fue hace aproximadamente unos quince millones de años, en donde una esfera de fuego primordial, un billón de veces más caliente que el núcleo del Sol, y más pequeña que un átomo, el cuál contenía todo el espacio y el tiempo explotó debido a la gran energía acumulada.

Fraciones de segundos después con una temperatura infinita, la mezcla de materia y antimateria se expande extraordinariamente; una milésima se segundos más tarde nacen las primeras partículas que forman los protones y neutrones. La temperatura baja a mil millones de grados. A los diez segundos se forman electrones, la temperatura cae a tres mil millones de grados. Entre los tres minutos y trescientos mil años más tarde, aparecen los gases, los protones se combinan con los neutrones para formar núcleos de helio. Se forman átomos de helio e hidrógeno, aparecen las primeras ondulaciones de la estructura cósmica.

A los 800 millones de años surgen las galaxias. Las primeras estrellas de la Vía Láctea nacen a los 1.000 millones de años. Se considera que el Sol y sus planetas y satélites nacen a los 10.500 millones de años. A los 11.000 millones de años del Big Bang aparecen las primeras formas de vida en la Tierra.

¿Se acelera la expansión del universo? Astrónomos procedentes de varios países han llegado a una sorprendente conclusión tras estudiar con detenimiento la luz de 14 supernovas (estrellas que han explotado al llegar al final de sus vidas), situadas entre 7.000 y 10.000 millones de años luz de la Tierra. Esta distancia implica que los cataclísmicos sucesos que terminaron con cada una de ellas ocurrieron cuando el Universo apenas tenía la mitad de la edad que tiene ahora. Tras observar dichos objetos con detenimiento mediante la ayuda del telescopio espacial Hubble y otros basados en tierra y situados en Australia, Chile y Hawai, se ha podido analizar su movimiento y velocidad de recesión, comparándolos con los de supernovas mucho más cercanas. El resultado al que han llegado los astrónomos no sólo es que el Universo, efectivamente, se expande, sino que además está acelerando, lo cual sería sólo explicable por la presencia de una extraña fuerza antigravitatoria, más potente que la de atracción producida por la materia que compone el Universo. Lo que se pretendía era encontrar evidencias de que la citada expansión se está frenando debido a la acción de la gravedad, y no lo contrario, lo que ha obligado a los investigadores a buscar errores en sus observaciones, sin que hasta ahora hayan encontrado ninguno. Sin duda, una propuesta polémica que merecerá una gran atención por parte de la comunidad internacional. El descubrimiento, además, trae la solución a algunos problemas: si la expansión del Universo está acelerando, se resuelve el dilema que otorgaba a ciertas estrellas edades superiores a las del primero, ya que el Big Bang, la gran explosión, quedaría ahora establecido hace unos 14.000 millones de años. Los astrónomos deberán explicar el origen y la naturaleza de esta aceleración, que Einstein llamó constante cosmológica y que describió como una fuerza repulsiva, una propiedad del vacío en el espacio y el tiempo. La experiencia actual es que el vacío no contiene nada, pero según esto podría tener asociada al menos una fuerza, indetectable a corta distancia pero que sería evidente a más de 7.000 millones de años luz.

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA TIERRA**

Antes que la navegación espacial confirmara la redondez de la Tierra, mediante diversos métodos (astronómicos, mecánicos, etc), se determinó la forma del planeta.

Técnicamente, se define a la forma de la Tierra como un "*Geoide*"<sup>1</sup>, no es una esfera perfecta, sino semejante a un elipsoide de revolución, es decir achatada en los polos y ligeramente ensanchada en el ecuador.

La gravedad es una fuerza resultante de dos fuerzas: la de atracción debida a la masa del planeta o "fuerza centrípeta", y la "fuerza centrífuga", contraria a la anterior y debido a la rotación sobre su eje. Es decir, en los polos (para la superficie de la Tierra), la fuerza centrífuga es nula, creciendo hacia el ecuador donde es máxima. Ello provoca un aplastamiento en los polos y el consecuente ensanchamiento en el ecuador. La deformación indica la inhomogeneidad del planeta, que ha reaccionado como un cuerpo indeformable.

Dimensiones de la Tierra	
Radio ecuatorial	6.378.160 m
Radio polar	6.356.778 m
Diferencia	21.382 m
Relación de achatamiento	1.298, 3

#### **Sobre estas dimensiones cabe señalar:**

- Si la Tierra fuera homogénea, la relación de achatamiento debería ser matemáticamente igual a 1/231,7, pero como no es homogénea, ya que en su interior es más denso que las capas corticales, la relación de achatamiento es de 1/298,3.
- Los satélites han demostrado que los radios ecuatoriales no son iguales, siendo 95 mts más largos en el Océano Indico, que en América.
- La superficie de la Tierra: 510 millones de Km<sup>2</sup>.
- Volumen de la Tierra: 1.083 x 10<sup>18</sup> (1.083 trillones de metros cúbicos)
- masa de la Tierra: 5.876 x 10<sup>18</sup> (5.876 trillones de toneladas)

#### **Su posición en el Sistema Solar es el siguiente:**

- Ocupa el tercer lugar por su distancia al Sol, siendo uno de los planetas interiores.
- Ocupa el segundo lugar por su densidad, después de Mercurio (algunos autores le atribuyen a este planeta una densidad 5,70 y otros 5,1. Es mucho más densa que los grandes planetas, los que son muy livianos, con excepción de Neptuno (d=2,22). La Luna, por su parte tiene una densidad de 3,34.

#### **Edad de la Tierra**

La primera interpretación proviene del mundo cristiano seguidores de la Biblia, creyeron durante mucho tiempo que la Tierra tenía unos cinco o seis mil años. Con el comienzo de la geología moderna, se revisan las edades. En el siglo XIX, ya se admiten 80 millones de años, que sería el tiempo para que una masa originalmente fundida se enfríe a la temperatura actual.

Se conocen por lo menos diez métodos de dataciones (astronómicos, biológicos, radioactivos, etc) que han sido utilizados para determinar la Edad de la Tierra:

- Consolidación de los continentes en base a la velocidad de crecimiento.
- Acumulación de sal en los mares, a partir de aguas supuestamente dulces.
- Velocidad de sedimentación y erosión.
- Aumento del período de rotación terrestre, frenado por las mareas, que de cuatro horas a pasado a veinticuatro.

- La consideración de la excentricidad de la órbita de Mercurio suponiendo la misma edad a todos los planetas.
- Aparición de la vida, en base a la longevidad de los órdenes.
- Aparición de los organismos unicelulares.
- Métodos radiactivos.

## **ISOSTASIA**

### **Anomalía de Bouguer**

Bouguer, en el año 1735 en los Andes Peruanos comprobó, que la desviación de la plomada era inesperadamente pequeña, similares discrepancias se hallaron con respecto a las enormes masas del Himalaya y meseta de Tibet, en tanto que cerca del mar, en el golfo de Vizcaya, la plomada se desviaba hacia el mar, en lugar de hacerlo hacia la masa continental (cordillera Cantábrica). De esto surgía una explicación: debía necesariamente haber un déficit de masa en los bloques de los continentes situados debajo de las grandes montañas visibles. Más tarde por medio de métodos sísmicos, se comprobó que efectivamente, las cordilleras tienen raíces siálicas (más ligeras), con profundidades en principio estimadas entre 40 y 70 km.; también se consideró que las llanuras costeras tenían una capa de sial de 10 a 12 km. de espesor y en los fondos oceánicos, es muy delgada (5 a 6 km.) o está casi o totalmente ausente. En otras palabras, la anomalía de Bouguer, puede explicarse diciendo que las áreas altas de los continentes descansan sobre materiales ligeros y las capas bajas, sobre materiales pesados; en esa forma se establece una compensación y los bloques se hallan en equilibrio, es decir que habría una compensación entre las formas más positivas y más negativas de relieve. Ese estado de compensación, ha sido llamado "isostasia" (del griego "stas", estado e "isos", igual).

Dutton el geólogo norteamericano, en el año 1889, utilizó el término para designar " la condición de equilibrio gravitatorio que regula la altura de los continentes y de los fondos oceánicos, de acuerdo con las densidades de sus rocas subyacentes".

Existen dos teorías para explicar la isostasia:

### **Teoría de Airy**

El físico inglés Airy, expresó ese estado de equilibrio de las masas continentales, comparándolo con bloques de madera de diferente forma y volumen, que flotando en el agua, se hundirían en el líquido más o menos en proporción a su forma y volumen (fig. 4). Aplicando la hipótesis a las partes de la corteza, éstas flotarían en las sustancias subyacentes, como balsas sobre el agua y en consecuencia habría una cierta profundidad, en que las presiones se igualarían, de la misma forma que en un líquido ("profundidad o nivel de compensación isostática").

### **Teoría de Pratt**

Sugiere que tanto las llanuras como montañas flotan sobre una capa profunda de material más denso, y que las alturas alcanzadas por sus respectivas superficies, con respecto a la capa más densa son inversamente proporcionales a las respectivas densidades de sus materiales (las montañas se elevan más por ser menos densos sus materiales que el sustrato de las llanuras).

Existen ejemplos concretos de la existencia de la isostasia, podemos mencionar por ejemplo:

- 1) El enorme peso de la capa de hielo que cubre la Antártida (4 km. de espesor), ha producido por reajuste isostático, el hundimiento de ese continente, como lo demuestra su plataforma continental, que se halla hasta -500 m, cuando lo normal es -180 a -200 m en los otros continentes.
- 2) Escandinavia, liberada del peso de hielo que la cubría hace unas decenas de miles de años, se está elevando lentamente, buscando restablecer el equilibrio isostático. Se estima que se ha

elevado 500m y que el reajuste llevará todavía 210 m más (en esa región se ha calculado que la viscosidad del medio donde se produce la isostasia, es cien trillones de veces mayor que la del agua, no obstante la cual, fluye bajo inmensas presiones y muy lentamente).

3) Se considera que las regiones sísmicas y volcánicas, son inestables, debido a que en ellas no se ha llegado al equilibrio isostático.

Finalmente es preciso señalar que en rigor, nunca se arriba a un equilibrio isostático definitivo, ya que los continentes, son constantemente presionados, lo que implica transferencia de material al mar, es decir transferencia de peso, que debe ser compensada.

## ESTRUCTURA INTERNA

### Composición Interna de la Tierra

La Tierra es un cuerpo heterogéneo. Por estudios de determinación de su densidad media, velocidad de propagación de las ondas sísmicas, composición química de los meteoritos y otras investigaciones geofísicas y geoquímicas que compensan la imposibilidad de llegar al interior de la Tierra, se llega a la conclusión de que la estructura del planeta es el resultado de un gran proceso de desmezcla. Por ello, **la Tierra es un cuerpo heterogéneo, sus partes profundas son distintas a las superficiales, presentan diferencias en sentido vertical y horizontal, caracterizada cada uno por diferentes densidades, composición química del material y estado físico.**

#### Clasificación

- a) **Meteoritos férreos o Sideritos:** ricos en hierro, con contenido variable de níquel.
- b) **Meteoritos pétreos - férreos o Litosideritos:** contienen ferro - níquel y cantidades variables de silicatos (olivino, hipersteno, broncita, etc).

#### Datos del interior de la Tierra.

Prof. en Km	Discontinuidad	Capa	Posible Comp. Quím	Vel. Ondas P Km/seg	Estado	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Temper En C°
17	Conrad	Corteza Sup.	Granito	5,5-6,1	Sólido	2,7	400
40-120	Mohorovicic	Corteza inf.	Basalto Gabro ?	6,4-7,2	Sólido	3,0	600 -1000
250		Manto Sup.	Peridotita ?	7,8	Sólido	3,3	1.500-1.800
450		Astenósfera	Peridotita ?	8,1	Líquido ?	3,3	1.800 - 2500
2900	Gutenberg	Manto Inf	Peridotita ?	8,0-8,2 13,6	Sólido	5,3 - 6,7	5.500
5.000 5.200	Lehmann	Núcleo Externo	Ferro Níquel	9,4--10,4 11,2-11,7	Líquido	9,0 - 10,5 11,5	
5371		Núcleo Interno	FerroNíquel	11,2-11,7	Sólido	12 - 18	6.000

### Constitución de la corteza terrestre

El orden de abundancia de elementos en el Universo es el siguiente: Hidrógeno, Helio, Neón, Nitrógeno, Carbono, Silicio, Magnesio, Hierro, Azufre, Argón, Aluminio, Calcio, Sodio, Níquel, Fósforo, Cloro, Cromo, Manganeso, Potasio, Titanio, Cobalto, Flúor.

#### Los elementos químicos de la Tierra

El conocimiento de la composición química se limita a las capas exteriores de la Corteza Terrestre, los datos obtenidos son importantes para la interpretación de su historia geológica.

La comparación con los datos del Universo, destaca de inmediato una gran diferencia, lo que explica, que la mayor parte de los cuerpos del Universo son gaseosos, mas o menos condensados, dichos gases debieron escapar de la Tierra, probablemente por su escasa fuerza de atracción, especialmente en los primeros estadios del planeta, cuando estaban más calientes, eran mas

móviles por lo tanto la Tierra presentaba una rotación a mayor velocidad, aumentando la fuerza centrífuga y con ello, la posibilidad de escape de los gases.

Así vemos que en nuestro planeta son escasos el Hidrógeno, Helio, Neón, Nitrógeno (excepto en la atmósfera), Argón y Cloro. El Carbono, muy raro, pudo escapar en forma gaseosa como uno de sus óxidos o en forma de hidrocarburos (metano, acetileno, etc). Solo el Oxígeno, entre los elementos gaseosos, es él más abundante, quizás por su extraordinaria actividad para formar compuestos estables, con otros elementos, originando combinaciones demasiado pesadas como para escapar.

La Tierra se ha enriquecido con elementos pesados, especialmente, metales, tales como el Hierro y el Silicio, que son más abundantes que el Carbono.

### Composición química de la Tierra en sus distintas capas, expresada en por ciento de átomos

Capas	i			i	Metales
Atmósfera	6		1		0
Hielo terrestre		6			X
Biósfera		0	0		X
Hidrosfera		6	3		X
Litosfera			0	0	3
Manto			4	4	29
Núcleo					100
Tierra entera			8	2	37

Los elementos químicos se hallan distribuidos en proporciones diferentes en la corteza, por un proceso de selección que lleva a la concentración de grandes masas, de un número limitado de elementos.

Hay otra selección que lleva a la concentración de otros elementos en partes restringidas de la corteza terrestre, formando los Yacimientos Minerales, que en general son de elementos menos difundidos.

De los elementos conocidos, solo Ocho se hallan en proporciones superiores al 1%, en las rocas de la corteza. Clarke y Washington, a través de investigaciones sobre el quimismo de la corteza realizan cinco mil análisis de rocas diferentes. Posteriormente, fueron confirmado por Goldschmidt, sobre la base de setenta y siete análisis de limos glaciales muy finos, la diferencia obtenidas entre ambos estudios eran muy poco significativa.

### Composición media de la parte exterior de la corteza terrestre en masa por ciento del total

Oxígeno	46,60	Calcio	3,63
---------	-------	--------	------



Silicio	27,72,	Sodio	2,83
Aluminio	8,13,00	Potasio	2,59
Hierro	5,00	Magnesio	2,09

Datos según Lawell y Flint (Geología Física)

Es importante resaltar que el Oxígeno forma combinaciones con todos los elementos que le siguen en orden decreciente, por lo que no es exagerado afirmar que la Corteza está compuesta esencialmente de Oxígeno tanto expresado en masa, moléculas y mucho más en volumen, teniendo en cuenta el gran radio iónico de este elemento. De acuerdo a ello, la corteza sería un agregado de iones oxígeno, unidos por iones silicio y por iones de metales comunes. Goldschmidt llamó a esta propiedad "Oxósfera".

Las rocas de la corteza se distribuyen en dos tipos bien definidos:

**a) Sial (Corteza Terrestre Superior)**

Compuesta principalmente por sílice (Si) y Alúmina (Al), son los granitos (roca plutónica), gneises (roca metamórficas) entre otras, con un peso específico de 2,7.

**b) Sima (Corteza Terrestre Inferior)**

Rocas ricas en silicatos de magnesio (Mg), mas pesadas y oscuras, su peso específico es 3,0 y entre ellas tenemos el basalto (roca volcánica), gabros (rocas plutónicas).

El Sial predomina en las masas continentales y en el subsuelo marino hasta los 4800 m. de profundidad. Por debajo de esa profundidad se extendería el Sima bajo los continentes y mares, de modo que en las capas superiores de la corteza distinguiremos:

**a) Corteza Superior:** desde la superficie terrestre hasta la Discontinuidad de Conrad (17 Km.), predominan las rocas sedimentarias y graníticas, con un peso específico es de 2,7.

**b) Corteza Inferior:** desde la Discontinuidad de Conrad a la de Mohorovicic (entre los 38- 40 Km), predominan los basaltos y su peso específico es de 3,0.

**d- Manto:** tiene propiedades de peridotita o eclogita, densidad de 3,3. Capa presente debajo de la corteza continental y oceánica, separada por la Discontinuidad de Mohorovicic.

Se piensa, que la masa siálica de los continentes flota en equilibrio hidrostático sobre las capas sísmicamente más densas. Ello explicaría la "Curva de Trabert", es decir que los niveles +300 y -4.800 m, correspondería a las alturas medias del Sial y Sima, respectivamente.

La Discontinuidad de Mohorovicic da lugar a razonamientos teóricos en el sentido de que los continentes hundirían sus raíces siálicas hasta los 35 Km. de profundidad promedio. Sin embargo, la realidad no parece ajustarse a dicho esquema, ya que entre los 15 y 20 km. de profundidad, las rocas siálicas pasarían a otras mas densas (discontinuidad de Conrad), hasta llegar a los 35 km., donde se produciría un cambio químico y también probablemente físico.

**Grado Geotérmico:** es el calor de la Tierra en un punto dado de su interior.

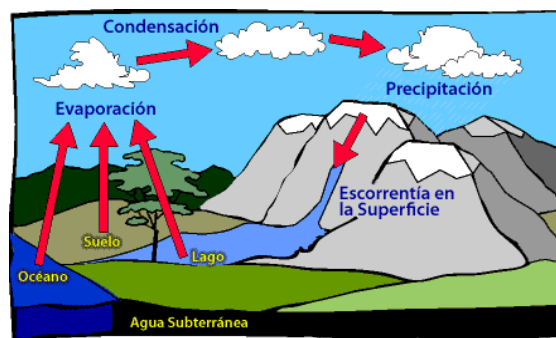
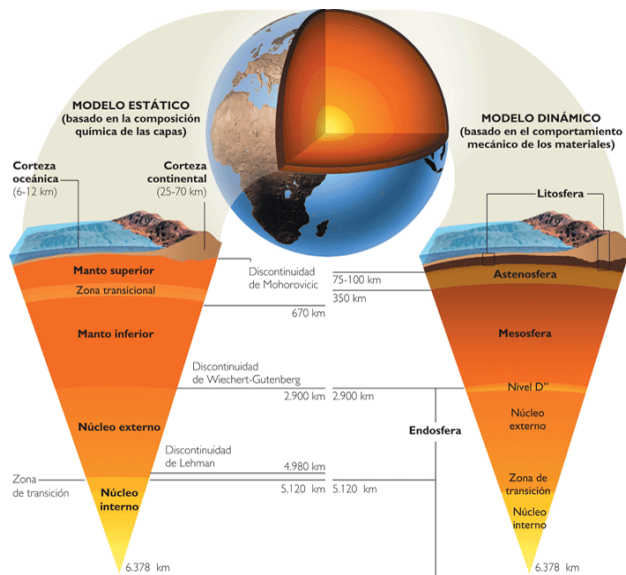
**Gradiente Geotérmico:** es la relación temperatura - profundidad, es decir, "la temperatura necesaria para lograr un aumento de un grado".

Así tenemos, que el grado geotérmico no es un valor constante para la misma profundidad, ya que es influido por: la forma del relieve, diferencias de conductividad calórica de las rocas (mayor en las rocas ígneas que en las rocas sedimentarias); la proximidad de la actividad volcánica, las masas de agua que enfrían la Tierra, etc.

Se toma como promedio de Gradiente Geotérmico 1°C cada 33 metros, si bien varía en las masas continentales (en América aumenta 2,5°C cada 100 m y en Europa 3°C, cada 100m). Es probable, que el calor aumente en forma lineal hasta los 30 a 70 km y luego la pendiente del gradiente geotérmico tiende a horizontalizarse; pues de lo contrario llegaría a temperaturas inconcebibles en el interior profundo.

Se cree que la radioactividad sería la principal fuente de calor interno en las capas litósfericas, donde se hallas concentrados esos elementos, especialmente en las rocas magmáticas.

El uranio y el torio serían los radioelementos que aportan mas calor a la Tierra. Cabe recordar que el Circón, mineral accesorios muy difundido en las rocas magmáticas, contiene una cierta cantidad de torio, siendo muy común en las preparaciones microscópicas de granitos antiguos, manchas de micas, producidas por dicho radioelementos.



## Atmósfera

La Tierra está rodeada por una envoltura gaseosa llamada atmósfera, que es imprescindible para la existencia de vida, pero su contaminación por la actividad humana puede provocar cambios que repercutan en ella de forma definitiva.

La atmósfera tiene un grosor aproximado de 1.000 km. y se divide en capas de grosor y características distintas:

**Troposfera:** es la capa inferior que se halla en contacto con la superficie de la Tierra y alcanza un grosor de unos 10 km. Hace posible la existencia de plantas y animales, ya que en su composición se encuentran la mayor parte de los gases que estos seres necesitan para vivir. Además, aquí ocurren todos los fenómenos meteorológicos y actúa de regulador de la temperatura del planeta, ya que el denominado efecto invernadero hace que la temperatura no llegue a valores extremos ni aumente o disminuya bruscamente, al ser absorbido el calor por las partículas de vapor de agua de las nubes.

**Estratosfera:** es la capa intermedia, situada entre los 10 y los 80 km. En la estratosfera la temperatura aumenta y el aire se enrarece hasta tal punto que los seres vivos no podrían sobrevivir en ella. Sin embargo es fundamental por tener la función de filtro de las radiaciones solares ultravioleta, gracias a la existencia en ella de la denominada capa de ozono.

**Ionosfera:** es la capa superior y la de mayores dimensiones, en ella el aire se enrarece cada vez más y la temperatura aumenta considerablemente. Es fundamental porque provoca la desintegración de los meteoritos que llegan a ella desde el espacio

### **Biosfera**

Es la capa del planeta Tierra en donde se desarrolla la vida. La capa incluye alturas utilizadas por algunas aves en sus vuelos, de hasta diez kilómetros sobre el nivel del mar y las profundidades marinas como la fosa de Puerto Rico de más de 8 kilómetros de profundidad. Sin embargo, estos son los extremos, en general, la capa de la Tierra con vida es delgada, ya que las capas superiores de la atmósfera tienen poco oxígeno y la temperatura es muy baja, mientras que las profundidades de los océanos mayores a 1,000 m son oscuras y frías. De hecho, se ha dicho que la biósfera es como la cáscara de una manzana en relación a su tamaño. El término biósfera incluye, entonces, todos los seres vivos que viven en la hidrósfera, atmósfera y litosfera.

La biósfera es única. Hasta el momento no se ha encontrado existencia de vida en ninguna otra parte del universo. La vida en el planeta Tierra depende del Sol. La energía proveniente del Sol en forma de luz es capturada por las plantas, algunas bacterias y protistas, mediante el maravilloso fenómeno de la fotosíntesis. La energía capturada transforma al bióxido de carbono en compuestos orgánicos, como los azúcares y se produce oxígeno. La inmensa mayoría de las especies de animales, hongos, plantas parásitas y muchas bacterias dependemos directa o indirectamente de la fotosíntesis.

## **CARACTERÍSTICA DEL FONDO OCEÁNICO, Y CONTINENTE**

El relieve oceánico es mucho menos irregular que el relieve continental debido a que no actúan sobre él los agentes externos. A medida que aumenta la profundidad también crece la quietud de las aguas.

### **La plataforma continental**

Desde la costa hacia el interior del océano se extiende una planicie de una suave inclinación, de anchura variable: es la plataforma continental, una extensión del relieve de la tierra firme hacia el océano. Cuando el margen de tierra firme es montañoso (la Sierra Madre del Sur o los Andes), la plataforma continental es estrecha, menor de 15 km y llega a ser incluso de 2 a 5 km.

La plataforma continental es más ancha frente a las planicies costeras, de 15-30 km, aunque en algunos casos es mayor: en algunas regiones del planeta, hasta 400 km y más. En otros casos las planicies costeras no son tan anchas, entonces el relieve submarino pasa en una corta distancia a una profundidad de 4 000 m.

### **El talud continental**

Se trata de una ladera también de carácter global que se extiende hasta profundidades de 2 500 a 4 000 m, con una pendiente promedio de 4 a 7°, en ocasiones de 30 grados y más y una anchura de 8 a 260 km. Es la porción mayor del continente cubierta por los océanos. Los rasgos del relieve del talud continental son complejos, lo único que hay en común en esta gran estructura, además de su disposición global, es el declive general de más de 1000 m. En su superficie se reconocen escarpes (porciones de fuerte inclinación), mesas, montes submarinos (de varios cientos de metros), cañones submarinos, etc.

### **Fosa oceánica**

Se le llama a las zonas del suelo submarino deprimidas y alargadas donde aumenta la profundidad del océano. Es una forma de relieve que se encuentra en el mar y que puede llegar hasta los 12 km de profundidad.

La temperatura del agua en las fosas oceánicas suele ser muy baja. Normalmente suele oscilar entre los 0° y 2°C. De momento, la fosa oceánica más profunda actualmente es la Sima Challenger con 11.033 metros de profundidad. Aunque no lo parezca, en las fosas oceánicas existe vida marina, como por ejemplo los moluscos.

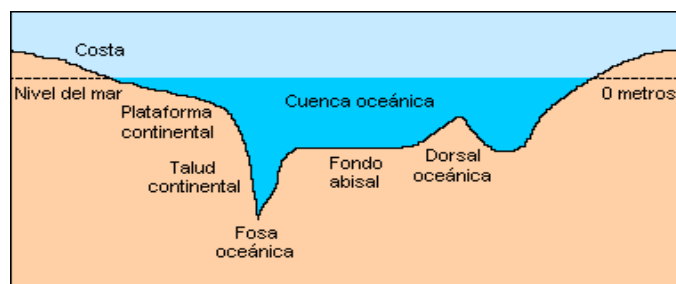
En el Pacífico occidental se encuentra el mayor número de fosas y las más profundas, con seis fosas que superan los 10.000 m de profundidad.

### Abisal

Se denomina **abisal** o zona abisopelágica a uno de los niveles en los que está dividido el océano según su profundidad, corresponde al espacio oceánico entre 3,000 y 6,000 metros de profundidad. Es una zona oscura donde la luz solar no llega.

La palabra abisal procede de abismo, lugar profundo y oscuro. Esta región se caracteriza por un ambiente frío, presión hidrostática extremadamente elevada, escasez de nutrientes y ausencia total de luz. Una fosa abisal se forma cuando la corteza oceánica subduce bajo la corteza continental con un leve ángulo de inclinación lo que produce ruptura de la litosfera y la formación de una fosa.

En el fondo del océano no existe vegetación que realice la fotosíntesis, es decir no existen algas verdes., esta zona depende en gran parte del particulado de detritos que cae desde la superficie, excepto en las zonas donde se presentan las Chimeneas Hidrotermales, que depende de la energía volcánica, en donde la producción primaria, depende de la quimiosíntesis que es desarrollada por especies bacterianas, presentes sobre el sustrato o los organismos presentes (como en el caso de las branquias de los pogonoforos).



### El relieve en las costas:

La costa es la zona de contacto entre la tierra y el mar. Las costas pueden ser bajas o altas. En las zonas de costa baja predominan las playas. En las zonas de costa alta predominan los acantilados, altos y escarpados, y las calas. Las formas de relieve más destacadas son:

- Las penínsulas, que son trozos de tierra rodeados de agua por todas partes menos por una, el istmo.
- Los cabos son parte de la costa que penetra en el mar más que el resto del litoral. A veces reciben el nombre de puntas.

- Los golfos son entradas de mar en tierra. Se denominan bahías si tienen pequeñas dimensiones.
- En ocasiones, el mar penetra en la tierra y ocupa un valle, dando lugar a una ría. Si el mar ocupa un valle formado por un glaciar, se crea un fiordo.
- Las islas son porciones de tierra rodeada de agua por todas partes. Un conjunto de islas próximas forman un archipiélago .

### Alturas continentales y profundidades marinas

