Bolilla 1 - INTRODUCCIÓN

Definición, Objetivos. Geoesferas. Leyes. Disciplinas auxiliares. Repaso: Estructura atómica, configuración electrónica. TP. Nuclidios: Tipos. Reacciones nucleares: Tipos de decaimiento. Desintegración forzada, artificial o provocada. La tierra y el sistema solar: Origen de los elementos, del universo y del sistema solar. Abundancia de los elementos en el cosmos. Ley de Goldschmidt y Oddo-Harkins. Regla de las capas. Abundancia de los elementos en la tierra. Factor de deficiencia. Estructura interna de la tierra: Según sus propiedades químicas y físicas. Composición de la corteza terrestre: Litología. Química.

DEFINICIÓN – OBJETIVOS – GEOESFERAS – LEYES - DISCIPLINAS AUXILIARES

Según Goldschmidt, la geoquímica estudia la abundancia relativa y absoluta de los elementos y nuclidios en la tierra y de los modelos de migración y distribución de estos elementos en las geoesferas, aplicando leyes y principios fisicoquímicos.   
Las geoesferas son 4: Litósfera (roca), hidrósfera (agua dulce/salada, superficial/subterránea, sólida y líquida), atmósfera (capa gaseosa) y biósfera (material viviente).   
Los principios fisicoquímicos que se usan en su estudio son: Equilibrio en sistemas homogéneos y heterogéneos (sólido-sólido y fundido-sólido), termodinámica, potencial redox, reacciones nucleares, sistemas coloidales y cristaloquímica.   
Las disciplinas auxiliares de la geoquímica son: Geología, química, cosmoquímica, fisicoquímica, geofísica, física, astrofísica, hidrogeoquímica, biogeoquímica, atmosgeoquímica, litogeoquímica, meteorología, oceanografía, hidrogeología, mineralogía, petrología, sedimentología, ciencias biológicas.

REPASO: ESTRUCTURA ATÓMICA, CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA, TABLA PERIÓDICA.

Los estados de la materia son 5: sólido, líquido, gaseoso, plasma (combinación de cargas negativas, positivas y átomos neutros que pueden adquirir temperaturas muy altas de hasta 10.000) y quagma.

Quagma: Quarks + gluon plasma constituyen el 5° estado de la material. Partículas fundamentales que se combinan para dar protones, neutrones y electrones en agrones en números de 2 (mesones) o 3 (bariones) y están ligados por el plasma.

NUCLIDIOS. Tipos

Agrupamiento de protones y neutrones que puede ser observable o detectable por algún instrumento nuclear (tiene existencia real). Símbolo: AZE. A: masa atómica (p + n), Z: Número de p+. Un elemento puede tener más de un tipo de nuclidio.

* Isótopos: Nuclidios del mismo elemento con igual número de protones y diferente número de neutrones. ≠ A, = Z, ≠ N  
  Ej: Protio 11H (0 n) - Deuterio 21H (1 n) - Tritio 31H (2 n).
* Isóbaros: Nuclidios de elementos diferentes con número diferente de protones en el núcleo pero con la misma masa. = A, ≠ Z, ≠ N.   
  Ej: A = 40 4018Ar Z= 18, N=22 - 4019K Z= 19, N=21 - 4020Ca Z= 20, N=20  
  Ej: A = 87 8737Rb Z= 37, N=50 - 8738Sr Z= 38, N=49   
  Ej: A = 96 Zr (Z=40, N=56), Mo (Z=42, N=54), Ru (Z=44, N=52)
* Isótonos: Nuclidios de elementos de diferentes con igual número de neutrones y distinta masa y protones. ≠ A, ≠ Z, = N.  
  Ej: 31H - 41He N= 2
* Isodiáferos: Átomos de elementos diferentes (≠ p, n y masa) con el mismo número de exceso de neutrones con respecto a la cantidad de protones.   
  Ej: Exceso = 2 146C Z=6, N=8 - 42N Z= 2, N=4  
  Ej: Exceso = 23 14762Sm Z=62, N=85 - 14360Nd Z=60, N=83

REACCIONES NUCLEARES: TIPOS DE DECAIMIENTO. DESINTEGRACIÓN FORZADA, ARTIFICIAL O PROVOCADA.

Los nuclidios sufren decaimientos que involucran al núcleo y no a los electrones de valencia.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Partícula emitida | Nuclidio original | Nuclidio resultante | Reacción |
| α: Se pierden 2 p y 2 n. El elemento cambia 2 unidades hacia la izquierda en la TP. La masa cambia en 4 unidades. Sm-Nd | Z, A | Z-2, A-4 (N-2) | AZE 🡺 42α + A-4Z-2E |
| β-: Se gana 1 p y se pierde la parte negativa 1 n. El elemento cambia 1 unidad hacia la derecha en la TP. La masa queda igual. | Z, A | Z+1, A (N-1) | AZE 🡺 Β- + AZ+1E |
| Υ: Solo se pierde una cantidad elevadísima de energía. | Z, A | Z, A (N) | AZE 🡺 AZΥ + AZE |
| β+: Es la inversa del β- | Z, A | Z-1, A (N+1) |  |
| €: Un electrón de la capa K ingresa al núcleo y se neutraliza un p. Se pierde un p y se gana un n. Nos movemos 1 unidad a la izquierda en la TP. La masa no varía. | Z, A | Z-1, A (N+1) | AZE 🡺 AZ€ + AZ+1E |

En β-, β+, €, la masa se conserva, por lo tanto, los nuclidios involucrados en esos decaimientos son isóbaros.   
Estos decaimientos son hechos naturales pero pueden ser provocados en una planta nuclear o provocados por rayos cósmicos (que en realidad son una fuente natural de producción de partículas).

ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

Los elementos se originan en las estrellas por medio de la nucleosíntesis en 3 etapas:

* Protoestrellas: Las estrellas tienen baja temperatura y no brillan. Se considera que todos los elementos se forman a partir del Protio porque es el nuclidio dominante en el sol. Durante la etapa de protoestrellas se produce la concentración del Protio a baja T. También hay un calentamiento progresivo por la contracción gravitacional. Luego se funden los átomos de H y se forman fundamentalmente los isotopos de Hidrogeno como el Deuterio y los del Helio como Helio3 y Helio4.   
  11H + 11p 🡺 **32He** + Υ   
  32He + 32He 🡺 **42He** + 2 11p
* Gigantes rojos: Durante esta etapa las temperaturas eran elevadas y se daba un proceso de nucleosíntesis por fusión nuclear mediante la incorporación de protones y neutrones al H y He en número equilibrado y se van formando He, Li, Be, B, C, N hasta el O. Algunos núcleos como Li, Be, B se hacen inestables y se deshacen para formar He (Atkinson y Houtermans).   
  73Li + 11H 🡺 2 **42He**  
  94Be + 11H 🡺 63Li + **42He**63Li + 11H 🡺 42He + **32He**115B +11H 🡺 3 **42He**
* Supernovas: Esta última etapa se caracteriza por la formación explosiva del Silíceo (12C + 16º = 28Si). Se siguen dando procesos de fusión nuclear por la presencia de C y O, hasta que se forma el Hierro que es el elemento con núcleo más estable. Como la estabilidad del nuclidio de Fe es máxima, aumenta la repulsión entre protones y se empiezan a capturar neutrones. Estos procesos de captura neutrónica desbalancean las cantidades de protones y neutrones y aparecen los elementos radiactivos. Se dan procesos de fisión nuclear de elementos pesados.

ORIGEN DEL UNIVERSO

Toda la masa y energía estaba concentrada en un punto del tamaño de un átomo que hace aprox. 13.800 Ma explotó y formó el universo. Con esa explosión surge el concepto de singularidad: a partir de ese momento comenzaron a existir la materia, el espacio y el tiempo como los conocemos.   
Se produjo una expansión, fue variando la T y se formaron primero los quarks y gluones (que se combinaron para formar isotopos de H o Protio) y luego se formó el resto de los elementos.   
Después de la expansión se dio una condensación alrededor de los centros de turbulencia de esa materia y se formaron los agregados que luego generaron las galaxias.   
El origen de la Via Láctea se pudo estudiar gracias al telescopio Hubble, que determinó una edad de 12.800 Ma. Está conformada por alrededor de 150 cúmulos globulares (estrellas más antiguas) de los cuales se pudo estudiar 64. Estas estrellan se formaron de manera sincrónica en un lapso de 800 Ma.

ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR

El sistema solar se formó hace 4600 Ma por un colapso gravitacional de una nube molecular, donde se generó un centro que sería el sol actual. Luego se aplanó el resto y se ubicaron los planetas, satélites, asteroides. Esta teoría se basa en la hipótesis o teoría nebular que fue desarrollada por Descartes y retomada por Kent y Laplace posteriormente.

ORIGEN DE LOS PLANETAS

Hay 2 teorías para explicar el origen de los planetas:

Incandescente (Weizsacker): Los planetas se formaron por condensación de gases incandescentes a alta temperatura. No es aceptada universalmente.

Planetesimal (Wrey): Los planetas se formaron a bajar temperaturas a partir de planetésimos (agregado de polvo cósmico, partículas, gases, nubes de gases) que se fueron acrecionando hasta generar los planetas primitivos. Estos gases permanecen en la tierra y después forman nitratos, carbonatos, sulfatos. A alta T se hubieran perdido los gases nobles y el Helio, Hidrógeno y también los gases que forman el N, O, C o el S y no habría minerales de esos elementos en la actualidad. Esa T fría se sostuvo durante relativamente poco tiempo porque los fenómenos de choques y de radiación hicieron que esa T ascendiera y los gases se liberaron y formaron la atmósfera.

ABUNDANCIA DE LOS ELEMENTOS EN EL COSMOS

En base a la composición química de los meteoritos (similares a un planeta primordial) y a los espectros de adsorción de las estrellas, Goldschmidt y Urey establecieron la tabla de comparación de abundancia relativa tomando al Silicio como elemento de referencia y considerando 10.000 at.gr de Si. En base a este valor se estableció la abundancia del resto de los elementos en el cosmos. Se observó que hay mucho mas H y He respecto de los demás elementos. Les siguen el Li, Be, B, C, N, O, F, etc.

Gráfico de la abundancia de los elementos

La variable independiente es el Z y la variable dependiente es la abundancia de los elementos como en la tabla. Acá se ve un decrecimiento muy rápido de algunos elementos. El H y el He tienen una abundancia muy grande respecto del resto y se ve como una curva que se hace asintótica hacia los elementos de mayor Z a partir del 26/27 y luego se hace constante. En base a esto, Goldshmidt determinó que la abundancia de los elementos livianos es inversamente proporcional a la 7ma u 8va potencia de su N° atómico (Z). En la medida que aumenta el número de protones, el elemento es menos abundante.   
Por ejemplo, el H con Z=1 🡺 1/17= 1 pero para el He cuyo Z=2 🡺 1/27= 0,008, su abundancia disminuye respecto a la del hidrogeno.

Ley de Oddo-Harkins

Oddo y Harkins observaron que los elementos que tienen Z par son mucho más abundantes que los que tienen Z impar. El H aunque tenga Z impar es muy abundante porque es el primer elemento que se forma en las estrellas y está concentrado en el cosmos. Harkins encontró 7 elementos más abundantes en los meteoritos que conforman el 98,6% de su masa total: 8O, 26Fe, 28Ni, 14Si, 12Mg, 16S, 20Ca, todos de Z par.

ABUNDANCIA DE LOS ELEMENTOS EN LA TIERRA

Tanto en los meteoritos como en la litósfera sucede lo mismo. Los elementos con Z pares (8O, 14Si, 26Fe, 20Ca, 12Mg, 22Ti) conforman el 85,74% de la masa total y los de Z impar (13Al, 11Na, 19K) el 12,77%, es decir, son casi 10 veces más abundantes. En el gráfico de elementos más abundantes en el cosmos se ven solo 2 elementos con Z impar <27: 1H y 7N. Hay una marcada deficiencia de Li, Be y B que eran inestables en la etapa de gigantes rojos y una elevada cantidad de Ni y Fe que eran estables en la etapa de supernovas.

LEY DE GOLDSCHMIDT Y DE ODDO-HARKINS y REGLA DE LAS CAPAS

Para justificar estas observaciones, Goldschmidt, Oddo y Harkins observaron que en el núcleo los P+ y n tienden a aparearse. Las estructuras donde los P+ y n están apareados son sólidas. Cuando entra un P+ o n y queda un número impar o ambos quedan con un número impar, la estructura es mucho más débil.

En el núcleo, los P+ y n forman capas de a dos y se asocian de a pares. De acuerdo al N° par o impar de P+:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo (N° P+ - N° n) | Ejemplo | N° másico A | N° de nuclidios |
| Par-par | 168O | Par | 169 |
| Par-impar | 94Be | Impar | 58 |
| Impar-par | 73Li | Impar | 62 |
| Impar-impar | 105B | Par | 6 |

Nuclidios tipo impar-impar: 21D (Deuterio): 1p - 1n, 63Li: 3 p - 3n, 105B: 5p - 5n, 147N: 7p - 7n (más abundante), 4019K: 19p - 21n, 17671Lu (Lutecio): 71p - 105n.

FACTOR DE DEFICIENCIA

Para comparar la abundancia de los elementos entre el cosmos y el planeta, se usa el factor de deficiencia que es una función logarítmica que relaciona ambas abundancias.

Clasificación de los elementos químicos

Si f = 0, la abundancia en el cosmos y la tierra es la misma. Formadores de rocas o petrogénicos 🡺 f ≤ 0. Fe, Na, Mg, Al,  
Si f > 0 está más concentrado en el cosmos. Volátiles 🡺 f > 0. C, N, F, O. Gases nobles 🡺 f >> 0  
Si f < 0, está más concentrado en la tierra.

El factor de deficiencia del H, He y gases nobles, es grande porque están concentrados en el cosmos.   
Es mayor a cero para el C, N y O porque además de formar parte de la atmosfera como gases y escapar al cosmos, están combinados en la tierra formando otros compuestos como carbonatos y nitratos. Otros están deprimidos como el P, S, Cl y otros están en la misma proporción como el Na, Mg, Al.

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Para estudiar la estructura interna de la tierra se usa la composición de los meteoritos y la geofísica.

Corteza: **O, Si, Al, Fe**, Ca, Na, K, Mg, Ti, H, P, Mn, S, C.  
Conjunto de la tierra: **Fe, O, Mg, Si**, Ni, S, Ca, Al, Co, Na, Mn, K, Ti, P.  
Meteoritos: Similar al conjunto de la tierra y la corteza. **O, Fe, Si, Mg**, S, Ni, Al, Ca, Na, Cr, Mn, K, Ti, Co.  
Sol: **H, He, O,** Fe, Mg, N, Si, S, C, Ca, Al, Ni, Na, Cr.

L a geofísica muestra cambios en la estructura interna de la tierra a partir de las leyes de la gravitación, transmisión de movimientos ondulatorios, conducción de calor y datos símicos. La mayor parte del conocimiento se obtiene a partir del estudio de ondas sísmicas que se generan durante los terremotos. Ese comportamiento de las ondas es diferente de acuerdo al material que atraviesa. A mayor densidad del material, mayor velocidad de propagación de la onda. Si la onda atraviesa agua de mar, la velocidad tiene valores de 1,5 Km/s pero si atraviesa un basalto, la velocidad es de entre 5,1 y 6 Km/s.   
Las discontinuidades marcan cambios y surgen porque hay zonas o capas con diferentes propiedades físicas.

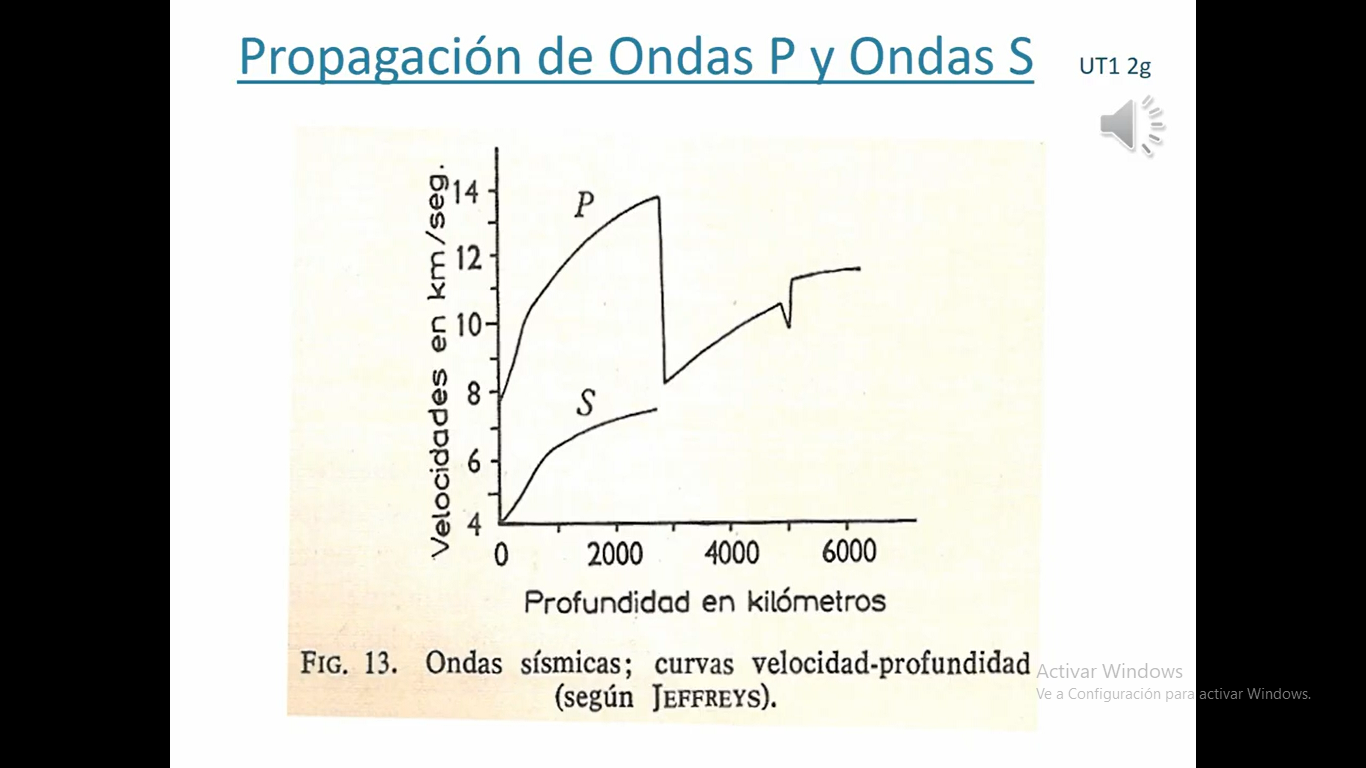
Tipos de ondas

P = Primarias = Longitudinales. Vibran en sentido paralelo a la dirección de propagación. Se propagan en sólidos y fluidos. Señalan cambios de volumen de material (compresiones y dilataciones).   
S = Secundarias = Transversales. Vibran en sentido perpendicular a la dirección de propagación. Se propagan en sólidos. Señalan cambios de forma del material.

SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICAS (Radio de la tierra: 6378 Km)

* CORTEZA: Interacciona con el resto de las esferas.
* Continental: Espesor entre 30 y 50 Km (60 Km en zonas montañosas), composición intermedia a ácida, estructura muy irregular que y varía según el ambiente tectónico. SiAl.
* Corteza superior: Densidad: 2,7 g/cm3. Composición silícica, granítica o granodiorítica formada por una cubierta de rocas sedimentarias, rocas intrusivas félsicas, intermedias, máficas y metamorfitas de grado bajo a medio.
* *Discontinuidad de Conrad*: A los 15 Km. Ondas P aumentan su velocidad.
* Corteza inferior: Densidad: 3 g/cm3. Composición máfica formada por granulitas granatíferas, gabros y dioritas metamorfizados y parcelas de Eclogita.
* Corteza oceánica: Ocupa el 65% de la tierra. Espesor entre 7-10 Km (0 Km en el valle del Rift) y está cubierta por 4Km de agua. Compuesta por 4 capas sísmicas: 1. 4 Km de sedimentos. 2. 2 Km de basaltos toleíticos mayormente metamorfizados y alterados con serpentinita (Serpentinización). 3. 5 Km de gabros, diques, rocas máficas metamorfizadas y cumulatos peridotíticos. 4. 0,5 Km de rocas ultrabásicas con Si y Mg (Sima).
* *Discontinuidad de Mohorovicic*: Se encuentra entre los 10 y 70 Km (promedio a los 35 Km) dependiendo de si hay corteza continental y oceánica o solo oceánica.
* MANTO: Se extiende entre los 10 y 2900 Km y está delimitado por las discontinuidades de Mohorovicic y Gutemberg. Densidad entre 3 y 5 g/cm3. Formado por Dunitas (Olivinas), Peridotitas (Olivinas + Pyx) y Eclogitas (Omfacita y Granates de Ca y Mg).
* Manto superior: Desde Mohorovicic hasta 250-400 Km. Se originan los magmas por fusión de material preexistente y un material primordial llamado Pirolita (SiO2 45%, MgO 38%, FeO 8%, Al2O3 3%, Na2O+K2O 0,55%) que se funde y genera un fundido basáltico y un residuo sólido que es la Peridotita (Ol y Px). La Pirolita tiene una asociación características de minerales: Olivinas, Piroxenos (OrtoPx y ClinoPx) y Granates. De acuerdo al % de fusión de la Pirolita, se generan diferentes magmas basálticos:   
  - Nefelinitas (1-5%): PF mas bajo. Minerales con Na. Composición alcalina.   
  - Basaltos alcalinos (5-10%): Na y K. Composición bastante alcalina.   
  - Tolehitas (15-25%): Fe, Mg, Mn. PF mas alto. Composición tolehítica rica en Fe.   
  - Picritas y Komatiitas (30-60%): Alto contenido de MgO.
* Manto de transición: Entre los 400-900 Km. Mayor P y densidad y disminución del V (formas mas compactas). Si las Olivinas están sometidas a mayor P y T pasan a tener estructura de Perovskita.
* Manto inferior: Entre 900 y 2900 Km. Mayor P y densidad. Hay Perovskita (4g/cm3), Espinela y Forsterita.
* *Discontinuidad de Gutemberg*: A los 2900 Km de profundidad.
* NÚCLEO: Se encuentra a los 2900 Km de profundidad y tiene un radio de 3400 Km. Aleación de Fe y Ni (como los metoritos sideritos puros): 90% Fe, 8% Ni, 2% Co, Pt, Au, Cr. Densidad: 9 - 12 g/cm3. Sólido y líquido con una T de 4000 °C y P de 3x106atm. (NiFe, Barisfera o Siderósfera).
* Núcleo externo: Es líquido (no transmite ondas sísmicas) y ocupa 2/3 a una P de 3200 atm. Tiene una T de entre 3500 y 4500°K y una P de 142 GPa. Es donde se produce el campo geomagnético de la tierra por la presencia de celdas convectivas.
* *Discontinuidad de Leehman*: A los 5155 Km de profundidad.
* Núcleo interno: Es sólido y ocupa 1/3. Es altamente conductor porque el Oxígeno se une con otros elementos y forma aleaciones. Tiene una T de entre 5000 y 6000 °K y una P de 365 GPa. Su densidad es de 130.000 Kg/m-3.

Análisis de Velocidad de ondas P y S vs profundidad a través de las capas de la tierra según Jeffreys:

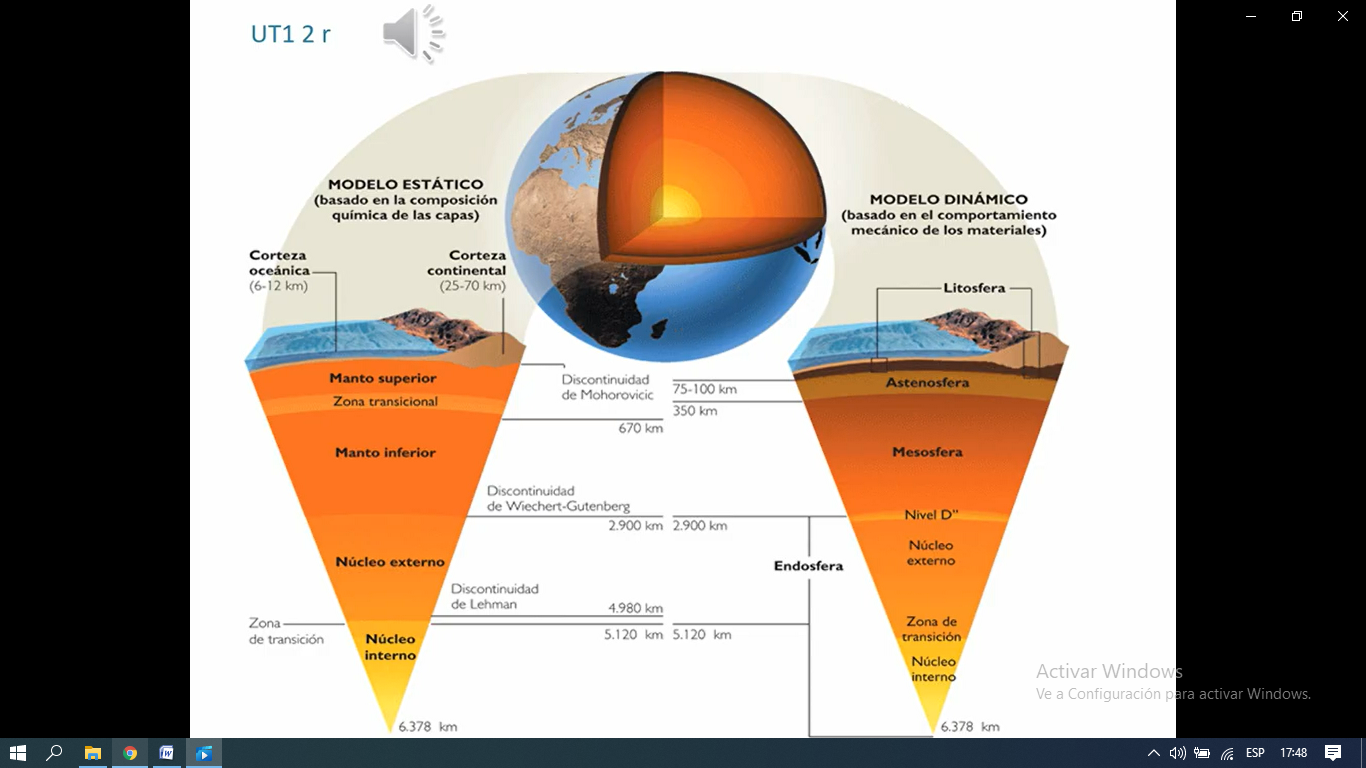
Las ondas S y P se comportan de diferente manera. Las ondas S aumentan su velocidad y a los 2900 Km se cortan al pasar por un medio fluido. Las ondas P aumentan su velocidad, por lo que los materiales se hacen cada vez más densos. A los 2900 Km cae abruptamente pero se siguen propagando a menor velocidad que sigue ascendiendo, el material se vuelve a densificar. A los 5000 Km cae y vuelve a ascender.

SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS

Dentro de la estructura de la tierra hay diferencias entre las propiedades reológicas de los materiales y se deforman y fluyen de manera diferente. En base a esto se puede dividir a la tierra en:

Litósfera: Capa más superficial con un espesor promedio de entre 50-150 Km (5-250 Km). Se caracteriza por su rigidez y está conformada por la corteza y el manto superior. Flota y se mueve diferencialmente sobre la astenósfera y produce la deriva continental. Está fragmentada en placas (15 principales y 43 placas menores) que pueden ser oceánicas (Compuestas solo por corteza oceánica con poca sílice, mucho Fe y Mg. Aparecen en gral. sumergidas, salvo los edificios volcánicos de intraplaca. Ej: Placa Pacífica y de Nazca) y mixtas (Conformadas por corteza oceánica y continental. Ej: Placa sudamericana y Euroasiática).

Astenósfera: Es una capa blanda, viscosa y fluida. Tiene un espesor aproximado de 100 Km y un comportamiento plástico. Está compuesta por materiales silicatados dúctiles en estado semifundido y movimientos de convección que permiten que se desarrolle la deriva continental y la isostasia que es la condición de equilibrio que presenta la superficie terrestre. El basalto de la astenósfera fluye a lo largo de las dorsales y el fondo oceánico se va renovando permanentemente. Cuando el material encuentra un obstáculo puede darse subducción. Por debajo esta la zona de transición y por debajo el núcleo.



COMPOSICIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE

LITOLOGÍA

Se la puede estudiar con mas precisión por el acceso que se tiene a ella. La composición promedio de la corteza cae en 2 tipos litológicos fundamentales que son basaltos y granitos (95%); también hay pelitas -limos y arcillas- (4%), areniscas (0,75%) y calizas (0,25%).

QUÍMICA

Los primeros análisis los hicieron Clark y Washington y usaron 5000 análisis para calcular la composición media de la corteza. Luego Poldevart hizo una estimación considerando 4 zonas en base anhidra: Zona de plegamiento reciente, zona de escudo continental, zona de plataforma continental con su talud y región oceánica profunda.  
Estos resultados de análisis químicos están expresados como óxidos de silicio, aluminio, manganeso, magnesio, sodio, hierro, potasio, fósforo.   
El contenido de dióxido de silicio es de 55,2 y corresponde a una roca ígnea de basicidad intermedia. Según Clark y Washington ese resultado daba un poco menos de sílice y mas de hierro y magnesio.   
Los valores más altos de Poldevart son los de óxido de: Silicio, Aluminio, Calcio, Hierro, Magnesio y Sodio.

Abundancia de elementos de la corteza expresada como elementos formadores de rocas:

Mayoritarios (1 - 98,5%): O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K y Mg. (Petrogénicos)   
Minoritarios (0,1-1%): Ti, H, P y Mn. (Petrogénicos)  
Vestigios o formadores de mena (< 0,1% o <1000ppm): Cu, Zn, Ag, Sn, Hg. (Metalogénicos)

REPASO TABLA PERIÓDICA

Los elementos se ordenan con numero atómico creciente. Los del mismo grupo tienen misma cantidad de electrones de valencia. Los del mismo periodo tienen la misma cantidad de orbitales. Los grupos se dividen en letras A (normales o representativos: las capas están completas y hay un gran apantallamiento entre el núcleo y los electrones de valencia) y B (De transición: Las capas no están completas y hay una mayor atracción entre el núcleo y los electrones de valencia). Se dividen en metálicos, no metálicos y anfóteros.

Radio iónico: Para un grupo aumenta desde arriba hacia abajo porque cada vez se tienen mas orbitales. En un periodo disminuye de izquierda a derecha porque tienen la misma cantidad de orbitales pero cada vez hay mas protones en el núcleo y la atracción es mayor.   
El potencial de ionización (energía necesaria para desprender un electrón de valencia) disminuye de arriba hacia abajo porque cada vez hay menos atracción dentro de un grupo.   
Los elementos metálicos tienen un carácter mas electropositivo y los no metálicos mas electronegativo porque tienen mas tendencia a capturar un electrón de valencia.

DIFERENCIACIÓN GEOQUÍMICA PRIMARIA

Al formarse el planeta primordial, existían 4 fases fluidas: Silicatos en fusión, sulfuros en fusión, metales en fusión y atmosfera primordial.   
Los elementos más abundantes de esa masa fundida eran Fe (mas abundante), Mg, Si, O, S. El O2 excedía al S y ambos eran insuficientes para combinarse por completo con los elementos electropositivos. Otros en menor abundancia eran Na, Ca, Al y K.

Dejando de lado la atmósfera, era un sistema heterogéneo de 3 fases fundidas: Silicatos de Fe y Mg, sulfuros de Fe y Fe libre metálico y nativo. En esta etapa, las fases se distribuyen por sus densidades: Silicatos, sulfuros y Fe libre.

Distribución del resto de los elementos electropositivos

La distribución debió estar gobernada por reacciones químicas de desplazamiento.   
Los elementos más electropositivos que el Fe lo desalojaron parcialmente de los silicatos en fusión y se ubicaron en silicatos. Los elementos de poco, menor o similar carácter electropositivo fueron atraídos por la masa de sulfuros fundidos. Los elementos mucho mas electronegativos se alean fácilmente con el Fe al estado metálico.

CLASIFICACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS ELEMENTOS (Goldschmidt,1922)

Comparó meteoritos y pizarras y observó que tenían resultados similares.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Siderófilo (B) | Calcófilos (B) | Litófilos (Alc y alc-t) | Atmósfilos | Biósfilos |
| Afinidad por el fundido metálico y Fe (Núcleo). | Afinidad por el fundido de sulfuros. | Afinidad por el fundido silicatado, el O y el Si. | Afinidad por la fase gaseosa | Conformando la biósfera |
| Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Re, Mo, Ge, Sn, C, P, (Pb, As, W). | Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl (Ge, Sn), Pb, As, Sb, Bi, S, Se, Te, (Fe, Mo, Cr). | Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, Sc, Y, REE, C, Si, Tl, Zr, Hf, Th, P, V, Nb, Ta, O, Cr, W, U, H, F, Cl, Br, I, Mn. | H, N, C, O y gases inertes | H, C, N, O, P, Na, Mg, Cl, K, F |

Conclusión: En la diferenciación geoquímica primaria **las fases** fluidas se acomodan de **acuerdo a sus densidades relativas** y **los elementos** se ubican en cada fase por **sus configuraciones electrónicas** y no por sus densidades. Por ejemplo, U, Th, Ga son elementos litófilos. Si se hubieran acomodado según su densidad, hubieran ido al núcleo. Pero su CE hace que se estén acomodando a los silicatos y no a los metales.

Como estas afinidades están dadas por la CE de los elementos, se ven diferentes propiedades relacionadas a estas afinidades como por ejemplo el PI, calor de formación, potenciales redox de reducción.

Potencial de ionización de cationes (+1)

* PI de litófilos: bajos (capa completa, apantallamiento efectivo)

Li+= 5,3 ev  
Na+= 5,1 ev  
K+= 4,3 ev

* PI de calcófilos: intermedios

Cu+= 7,7 ev  
Ag+= 7,5 v

* Siderófilo: alto

Au+= 9,2 ev

Calor de formación de óxidos y sulfuros metálicos (Brown y Patterson): Es la cantidad de calor puesta en juego para formar 1 mol de un compuesto a partir de sus elementos en estado estándar.

* Litófilos: ΔHf° MeO > ΔHf° FeO. Los óxidos de litófilos tienen calores de formación mayores que los óxidos.
* Calcófilos y siderófilos: ΔHf° MeO < ΔHf° FeO. Los óxidos de calcófilos y siderófilos tienen calores de formación menores que los óxidos.
* Calcófilos: ΔHf° MeS ≥ ΔHf° FeS. Los sulfuros de calcófilos tienen calores de formación mayores o iguales que los sulfuros ferrosos.

Potenciales redox de reducción

* Litófilos: Negativos porque tienden a oxidarse
* Calcófilos: Cercanos a cero
* Siderófilos: Positivos porque tienden a reducirse

CICLO GEOQUÍMICO

El ciclo geoquímico está condicionado por la geodinámica interna y externa y por los fenómenos del planeta. Los fenómenos geológicos son las manifestaciones de las fuerzas que actúan en la tierra modificando su composición y estructura interna o su configuración exterior. El ciclo muestra la interacción de los diferentes tipos de roca con los procesos que las generan y las esferas de la tierra. Las fuerzas que actúan son:

* Internas
* Procesos magmáticos: Formación de rocas por el enfriamiento de una masa en fusión que asciende desde el interior de la tierra.
* Diastrofismo: Deformación de las rocas por movimientos producidos en la litósfera que pueden ser:
* Movimientos tangenciales con respecto a la superficie de la tierra donde la roca se pliega.
* Movimientos radiales donde la roca se fractura y da origen a depresiones y elevaciones.
* Movimientos epirogénicos: Cuando la elevación o descenso afecta a una masa continental
* Movimientos orogénicos: Cuando la elevación afecta a franjas de un continente
* Cuando ocurren movimientos negativos restringidos a áreas pequeñas, el mar avanza sobre el continente en franjas largas y forman las cuencas de sedimentación.
* Metamorfismo: Condicionado por aumento de P y/o T.
* Externas: Modelan la superficie terrestre.
* Gliptogénesis: Formación de relieve por agente exógeno que producen erosión.
* Sedimentación: Transporte de sedimentos y depositación en cuencas.
* Litogénesis: Formación de rocas por procesos ígneos, metamórficos y sedimentarios.

SEGUNDA DIFERENCIACIÓN GEOQUÍMICA - DIFERENCIACIÓN MAGMÁTICA

Corresponde al ciclo endógeno y se produce en la cristalización del magma cuando cristalizan minerales. En esos minerales, un ion de un determinado elemento aparece en las redes donde se adapte mejor y con menor disminución de su energía libre. Da lugar a la sustitución de iones dentro del retículo cristalino.   
Los elementos se ubican en las redes cristalinas de acuerdo a sus **propiedades cristaloquímicas**: carga, radio, tipo de unión química.

TERCERA DIFERENCIACIÓN GEOQUÍMICA - DIFERENCIACIÓN SEDIMENTARIA

A la temperatura relativamente baja de los procesos sedimentarios, la sustitución entre iones en los minerales es mucho menos relevante. Algunos elementos llegan a asociarse en tipos específicos de sedimentos en función de ciertas condiciones físico-químicas de ambiente exógeno como: pH, potencial redox, presencia de coloides y potencial iónico.

No existe una verdadera diferenciación metamórfica. El metamorfismo tiende hacia la uniformidad de distribución de los elementos.

CICLO GEOQUÍMICO

Se comienza con un magma primordial o producto de fusión que cristaliza y genera RI o entregar material a la atmósfera e hidrósfera y luego pasar a formar parte de la biósfera y de depósitos biogénicos. Las RI pueden ser meteorizadas y transportadas como sedimentos. Ambos sufren diagénesis y forman RS. RS sufren metamorfismo y conforman RM que por anatexis funden y pasan a formar parte del magma otra vez.

RESUMEN UT1

En un principio la abundancia relativa de los elementos en el cosmos estuvo determinada por la estabilidad de los nuclidios.   
El proceso por el cual se formo la tierra condujo a la primera separación de elementos de acuerdo a su volatilidad o a la capacidad de formar compuestos volátiles. La tierra quedo empobrecida en los elementos y compuestos más volátiles en comparación con el conjunto del universo. La fusión total de los planetésimos condujo a la diferenciación geoquímica primaria y luego a la formación y distribución de las esferas. Esta diferenciación geoquímica estuvo regida por la CE de los elementos.   
La solidificación del manto y de la corteza condujo a la diferenciación magmática en la que las propiedades cristaloquímicas de los elementos (más que nada el radio) tuvieron un papel importante.   
Durante los tiempos geológicos se llevo a cabo la diferenciación sedimentaria donde s fraccionaron los elementos en la superficie como resultado de los procesos sedimentarios. EL destino de un elemento en estas condiciones depende de su PI y de las condiciones del medio.   
El metamorfismo es un fenómeno que tiende a la uniformidad inicial del material terrestre.