



**UNIVERSIDAD BOLIVARIANA DE VENEZUELA
P.F.G. GESTIÓN AMBIENTAL**

GUÍA

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

(2do Año – Semestre II)

Elaborado por las profesoras:

Briceño Gioconda,
Maldonado Ana Beatriz,
Peña Carolina,
Pinto Mariela y
Torres Anabela

JULIO, 2005

MÓDULO I. FLUJOS DE ENERGÍA A TRAVÉS DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.

COMPETENCIAS:

- Conoce como ocurre la transferencia y cambios de energía provenientes del sol y como fluye la energía a través de los sistemas biológicos.
- Conoce como se acumula y se transforma la energía a lo largo de la trama trófica (productores, consumidores de distintos órdenes y el nivel de los descomponedores).
- Conoce como ocurre el ciclaje de la materia a través de los ecosistemas.

CONTENIDOS:

TEMA 1. LOS CICLOS DEL PLANETA.

El planeta Tierra es un sistema dinámico, en donde interactúan constantemente sus partes que desempeñan un papel importante en el sostenimiento de la vida, como son la *atmósfera* o envoltura gaseosa que rodea al planeta; la *hidrosfera* o agua líquida, congelada, dulce o salada del planeta; la *geósfera* formada por el núcleo, el manto y la corteza terrestres; la *litosfera* constituida por el suelo, las rocas, minerales y combustibles fósiles y la *biosfera* que comprende el dominio donde se encuentra la vida. Estas regiones o capas del planeta experimentan cambios a corto y largo plazo, en respuesta a los cambios en las condiciones ambientales generados por procesos naturales y por las actividades antrópicas. El conjunto de organismos vivos de la Tierra que interactúan entre sí y con su ambiente no vivo, se le llama *ecosfera* (Figura 1), en otras palabras, contiene la biosfera y sus interacciones con la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera (Miller, 1994; Solomon y col., 1996).

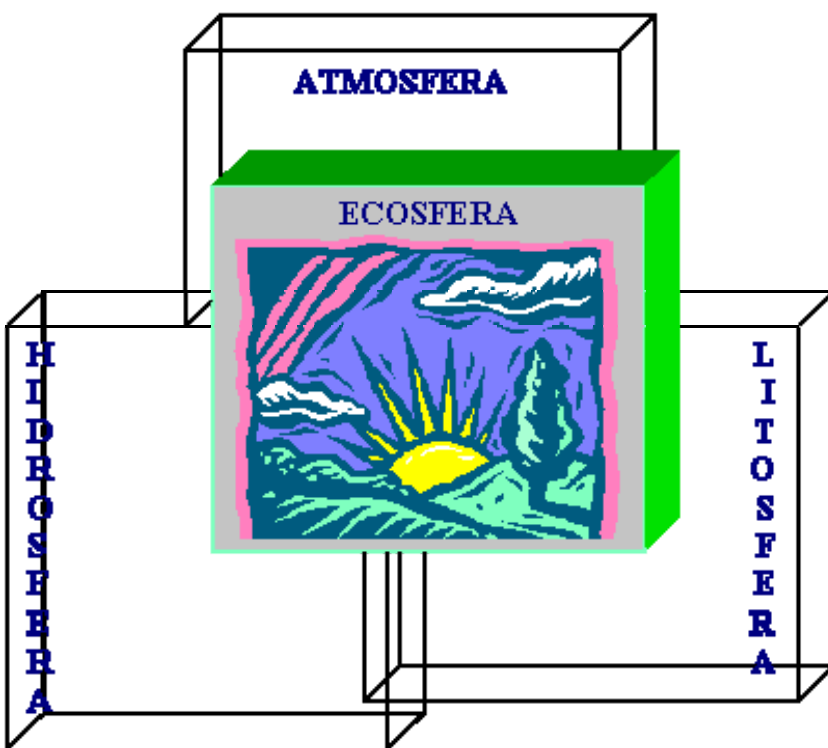


Figura 1. La ecosfera, es el sistema que soporta la vida, muestra sus relaciones con las otras esferas de la tierra.
(Fuente: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion1/capitulo04/tema05/01_04_05.htm)

La *biosfera* en la que el ser humano participa actualmente es el resultado de millones de años de interacciones entre los seres vivos y los componentes (no vivos) de la Tierra. La biosfera es un enorme sistema complejo, cuya dinámica se conoce de manera muy general. Dentro de las consecuencias de la larga evolución de la biosfera, se encuentra el establecimiento de algunos tipos de fenómenos cíclicos relacionados con la utilización de la energía y de materiales (Nelson, 2004).

Desde su formación, el planeta Tierra ha estado expuesto a fenómenos cíclicos. Entre ellos, la rotación diaria alrededor de su eje y la rotación anual alrededor del sol. A escalas de tiempo mayores se cree que los ciclos de *glaciaciones* están ligados a pequeñas variaciones de la órbita de la Tierra que modifican la recepción de la radiación solar (Schlesinger, 2000).

En los últimos dos millones de años, las oscilaciones climáticas se hicieron más violentas y frecuentes, lo que dio origen a las *glaciaciones* (Era de Hielo), llamadas así porque se caracterizan por acumulaciones persistentes de hielo y nieve (Figura 2). Las causas de estas oscilaciones parecen depender de fenómenos cíclicos que afectan a todo el planeta y el sistema solar. Las glaciaciones suelen tener efectos catastróficos sobre la fauna y la flora, a la vez que se habilitan nuevas áreas que pueden ser colonizadas. Esto se debe al descenso del nivel de los mares ya que el agua tiende a acumularse en los polos en forma de hielo. El enfriamiento global también lleva a la fragmentación territorial de los ecosistemas planetarios (Curtis y Barnes, 2001).

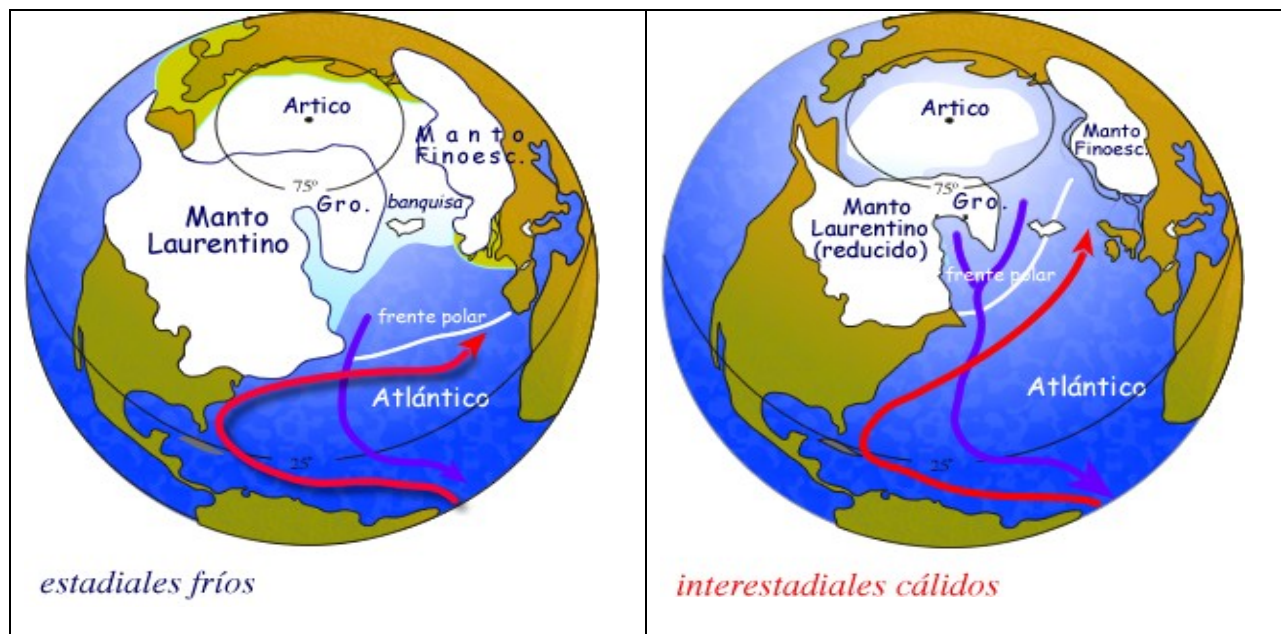


Figura 2. Última Glaciación. Diferencias de la circulación termohalina (*conveyor belt*) en el Atlántico en los estadales fríos (izquierda) y en los interestadiales cálidos o episodios Dansgaard-Oeschger (derecha) trazo oscuro ascendente: circulación superficial; trazo oscuro descendente: circulación profunda; trazo blanco: frente polar oceánico.

El comienzo de la Edad de Hielo del Pleistoceno fue atribuido por Milankovitch a variaciones en tres parámetros de la órbita de la Tierra. El primero de ellos es la excentricidad orbital, es decir, el grado en que la órbita se aparta del círculo perfecto. Los cálculos indican un ciclo de aproximadamente 100.000 años entre tiempos de excentricidad máxima. Esto corresponde aproximadamente a 20 ciclos climáticos calientes-fríos que ocurrieron durante el Pleistoceno (Figura 3). El segundo parámetro es el ángulo del eje de la Tierra y una línea perpendicular al plano de la eclíptica. Este ángulo se desplaza alrededor de $1,5^\circ$ de su valor actual de $23,5^\circ$ durante un ciclo de 41.000 años (Figura 4). El tercer parámetro es la precesión de los equinoccios,

la cual hace que la posición de los equinoccios y solsticios se desplace lentamente alrededor de la órbita elíptica de la Tierra, en un ciclo de 23.000 años (Figura 5). Los cambios continuos en estos tres parámetros son causa de que el calor solar recibido a cualquier latitud varíe ligeramente con el tiempo. Sin embargo, el calor total recibido por el planeta se mantiene poco alterado. De acuerdo con esta teoría, la interacción de estos tres parámetros desencadenó los episodios glaciares – interglaciares durante el Pleistoceno (Wicander y Monroe, 2000).



Figura 3. La excentricidad de la órbita de traslación de la Tierra alrededor del sol.

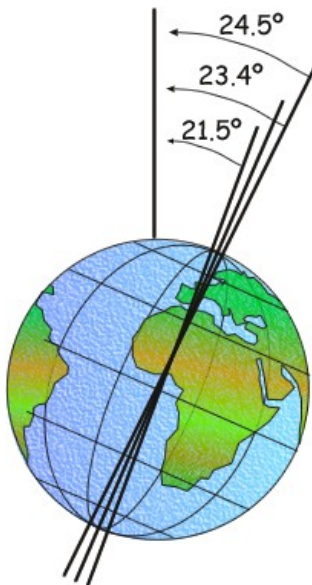


Figura 4. La inclinación del eje terrestre de rotación varía con una periodicidad de unos 41.000 años.

Otro ciclo de largo plazo de la Tierra concierne la interacción entre el dióxido de carbono y la corteza terrestre. El CO_2 de la atmósfera se disuelve en el agua de la lluvia formando ácido carbónico (H_2CO_3), que reacciona con los minerales expuestos en la superficie de la Tierra mediante el proceso conocido como meteorización de rocas. Los ríos transportan hasta los océanos los productos en solución del proceso de meteorización de las rocas. En los océanos, el carbonato de calcio se deposita en los sedimentos marinos, que con el tiempo la subducción de las placas llevará hasta el interior de la corteza. Allí los sedimentos sufren una metamorfosis: el calcio y el magnesio reversion a los minerales primarios de las rocas silíceas, mientras que el carbono retorna a la atmósfera en forma de CO_2 a través de las emisiones volcánicas. En la Tierra, la corteza oceánica completa uno de estos ciclos en unos 100 a 200 millones de años. La presencia de vida sobre la tierra no acelera este ciclo; sin embargo, al aumentar la tasa de meteorización de rocas sobre los continentes y la tasa de deposición de sedimentos en los océanos puede aumentar la cantidad de materia transferida a través de diferentes vías (Schlesinger, 2000).

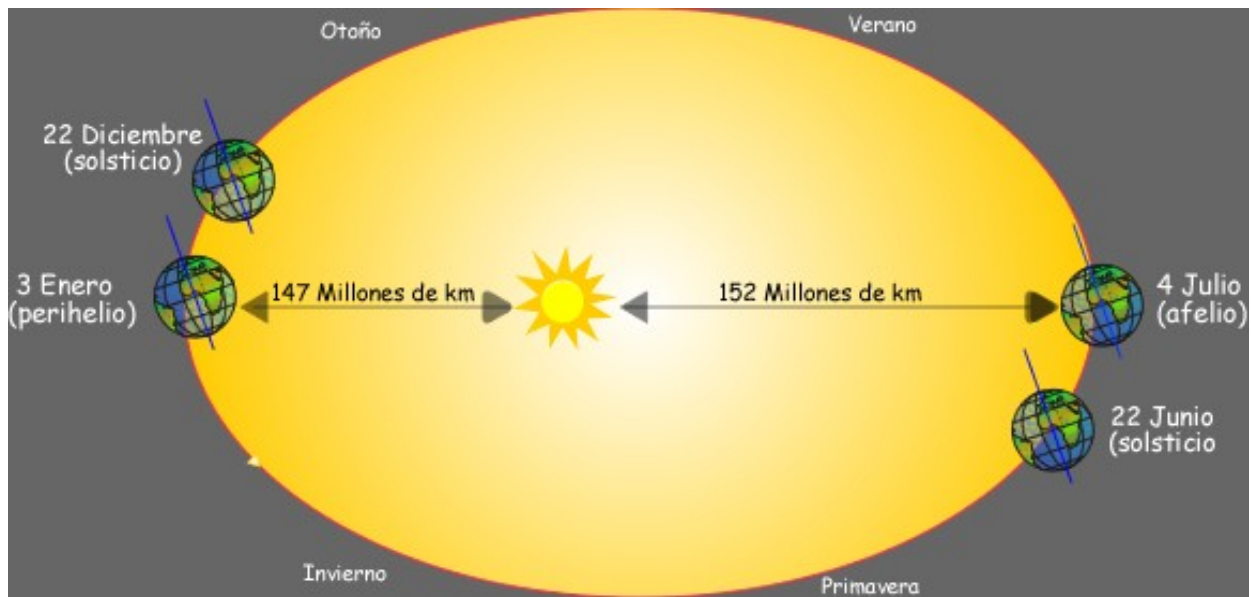


Figura 5. La precesión de los equinoccios, la cual hace que la posición de los equinoccios y solsticios se desplace lentamente alrededor de la órbita elíptica de la Tierra.

La biosfera también cambia constantemente en respuesta a ciclos. En las plantas la fotosíntesis domina sobre la respiración durante el día, mientras que por la noche ocurre lo contrario. Durante el verano, la fotosíntesis total en el hemisferio norte es mayor que la respiración de los descomponedores. Esto da lugar a un almacenamiento estacional de carbono orgánico en los tejidos de las plantas y a un descenso estacional de la concentración de CO_2 atmosférico, que cada año muestra un valor mínimo en agosto. El ciclo anual se completa durante los meses de invierno, cuando el CO_2 atmosférico retorna al nivel más alto debido a que la descomposición continúa durante el tiempo en que las plantas están inactivas o han perdido las hojas. Sería un grave error considerar únicamente los meses de verano al describir la actividad de la biosfera. Es importante, reconocer la existencia y periodicidad de ciclos y ajustar los modelos adecuadamente (Schlesinger, 2000).

En un contexto temporal más amplio, el tamaño de la biosfera ha aumentado y disminuido durante ciclos de glaciaciones, y el almacenamiento de carbono orgánico aumento notablemente durante el período Carbonífero, cuando se originaron los depósitos de carbón económicamente importantes. Todavía no se comprende bien las condiciones únicas que prevalecieron durante el período Carbonífero, pero es posible que formen parte de un ciclo de largo plazo que pudiera retornar (Schlesinger, 2000).

Durante el Cretáceo se favorecieron a las grandes concentraciones de calcio y un fuerte incremento del pH y de la alcalinidad de carbonatos en el Cenozoico tardío. Mientras que en el Cretáceo medio y Cenozoico temprano, prevalecieron altas concentraciones de CO_2 atmosférico y altas temperatura en la superficie. El Cenozoico tardío fue frío, probablemente inducido por el incremento en la meteorización de los silicatos causada por el levantamiento de las montañas y la erosión (Wallmann, 2001).

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

Investiga todos los términos que se encuentran escritos en cursiva en el texto de esta guía.

GRUPALES:

Investiga sobre los registros o evidencias que se tienen en la actualidad, si en Venezuela ocurrieron glaciaciones.

TEMA 2. LA ENERGÍA

Según los físicos, la *energía* puede entenderse como la capacidad para realizar trabajo. De acuerdo con los bioquímicos, la energía representa la capacidad de cambio. Todos los seres vivos deben obtener energía de su ambiente; ninguna célula la produce. De hecho una de las leyes físicas fundamentales dice que la energía no puede crearse ni destruirse. Sin embargo, puede ser transformada de un tipo a otro. Existen muchas formas de energía: química, lumínica y mecánica, pero todas ellas pueden considerarse como una de dos tipos básicos (Purves y col., 2003):

- *Cinética*, es la energía del movimiento. Este tipo de energía realiza trabajo que altera el estado o el movimiento de la materia. Puede existir en forma de calor, luz, energía mecánica y eléctrica, entre otras.
- *Potencial*, es la energía de estado o posición, es decir, energía almacenada. Puede estarlo en enlaces químicos, como un gradiente de concentración y como un potencial eléctrico, entre otras formas.

La *primera Ley de la Termodinámica* explica que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma, puede ser convertida de una forma en otra. En cualquier conversión recíproca de las formas de energía, la energía total antes de la conversión o después de esta es la misma (Purves y col., 2003; Curtis y Barnes, 2001).

La *segunda Ley de la Termodinámica* establece que no toda la energía puede ser utilizada. En cualquier sistema, la energía total incluye la energía utilizable que puede realizar trabajo y la energía inutilizable que se pierde en forma de desorden. En los sistemas biológicos la energía total se denomina *entalpía*. La energía utilizable que puede realizar trabajo *energía libre*, constituyendo la energía requerida por las células para sostener todas las reacciones químicas de crecimiento, división y mantenimiento de la salud. La energía inutilizable está representada por la *entropía*, que es el desorden del sistema (Purves y col., 2003, Curtis y Barnes, 2001).

Esta ley también plantea que el desorden tiende a aumentar en el universo en un sistema cerrado. Los cambios químicos, los cambios físicos y los procesos biológicos tienden a aumentar la entropía y por tanto tienden al desorden o al azar. Esta tendencia brinda direccionalidad a los procesos físicos y a las reacciones químicas y explica por qué algunas reacciones ocurren en una dirección más que en otra (Purves y col., 2003).

Las células vivas, incluidas las fotosintéticas pueden convertir la energía almacenada en movimiento, electricidad, luz, y desplazando la energía de un tipo de enlace químico a otro, en formas de energía química más convenientes. En particular, los niveles de organización de

estructuras y actividades de los seres vivos proceden (evolucionan) en la dirección de un ordenamiento creciente, lo que parecería contrariar la dirección establecida por la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, se debe tener presente que en cada transformación se pierde energía en el ambiente en forma de calor. Este calor liberado incrementa el movimiento aleatorio, y con éste el desorden del resto del Universo, lo cual compensa adecuadamente el aumento de orden producido en un determinado proceso de un sistema biológico (Curtis y Barnes, 2001).

En este sentido, las transformaciones energéticas están unidas a las transformaciones químicas que ocurren en las células. El *metabolismo* es la actividad química total de un organismo; en cualquier instante, el metabolismo consiste en miles de reacciones químicas individuales. Se han descrito dos tipos de reacciones metabólicas que tienen lugar en todas las células de todos los organismos (Purves y col., 2003):

- Las reacciones *anabólicas* unen moléculas simples para formar moléculas más complejas, así como la síntesis de una proteína a partir de aminoácidos. Las reacciones anabólicas almacenan energía en los enlaces químicos que forman.
- Las reacciones *catabólicas* rompen moléculas complejas en moléculas simples y liberan energía almacenada.

Ambas reacciones suelen estar asociadas y en las células se acompañan de cambios en la energía y en el orden. Las reacciones anabólicas pueden rendir un único producto, como una proteína (una sustancia altamente ordenada), a partir de muchos aminoácidos pequeños (menos ordenados) y estas reacciones requieren energía o la consumen. La energía requerida durante el anabolismo para formar *enlaces peptídicos* que unen *aminoácidos* formando *proteínas* proviene del catabolismo. Las reacciones catabólicas pueden reducir una sustancia organizada como una molécula de glucosa, a sustancias más pequeñas y distribuidas más aleatoriamente, como el dióxido de carbono y el agua, y este proceso entrega energía. La energía requerida en las reacciones catabólicas se utiliza para realizar trabajo biológico e impulsar reacciones anabólicas. Las actividades celulares como el crecimiento, el movimiento y el transporte activo de iones a través de una membrana requieren energía y ninguna de ellas podría tener lugar sin una fuente de energía (Purves y col., 2003).

ACTIVIDADES

GRUPALES:

Investiga en qué consiste el espectro electromagnético y cómo pueden afectar al ser humano las diferentes radiaciones electromagnéticas.

TEMA 3. EL FLUJO DE ENERGÍA ATRAVÉS DE LOS ECOSISTEMAS

Solamente alrededor de 5% de la energía solar que llega a la Tierra es capturada por la *fotosíntesis*. El resto de la energía es irradiada de regreso hacia la *atmósfera* como calor o consumida por la evaporación del agua de las plantas y de otras superficies (Purves y col., 2003).

Los organismos fotosintéticos captan energía de la *radiación solar* y convierten los enlaces entre carbono y oxígeno del CO_2 en los enlaces bioquímicos, reducidos y débiles que caracterizan la vida (Figura 6). Para obtener energía los organismos *heterótrofos* sacan partido de la tendencia natural de los electrones a fluir de los enlaces reducidos a las sustancias oxidantes como el O_2 . Por consiguiente, estos organismos oxidan los enlaces de la materia orgánica y revierten el carbono a CO_2 . La evolución ha producido otras vías metabólicas que utilizan transformaciones entre otros compuestos, pero en todos los casos la energía metabólica se obtiene durante el flujo de electrones entre compuestos en estado oxidado o reducido. El metabolismo es posible porque los sistemas vivos pueden secuestrar concentraciones elevadas de sustancias oxidadas y reducidas de su ambiente (Schlesinger, 2000).

El flujo de energía en la mayoría de los ecosistemas se origina en la fotosíntesis. La tasa a la cual las plantas asimilan la energía se denomina *productividad primaria bruta*, la disponibilidad de agua y la temperatura son los principales factores determinantes. La cantidad total de energía que las plantas asimilan por la fotosíntesis, típicamente medida a lo largo de un año, se denomina *producción primaria bruta*. La producción que queda luego de restar la energía que las plantas usan para su propio mantenimiento (respiración), construcción de tejidos, reproducción y defensa se denomina *producción primaria neta* (Purves y col., 2003).

Las plantas, las algas y algunas bacterias fabrican su propio alimento a partir de materias primas inorgánicas. Los ecólogos se refieren a estos organismos, que forman las bases de las cadenas alimentarias ecológicas, como *autótrofos* (*productores*). Los animales, los hongos y la mayoría de los microorganismos, que obtienen su energía y casi todos sus nutrientes de la ingestión de plantas o animales o de los restos muertos de cualquiera de ellos (*detritos*), se denominan *heterótrofos* (Ricklef, 2001).

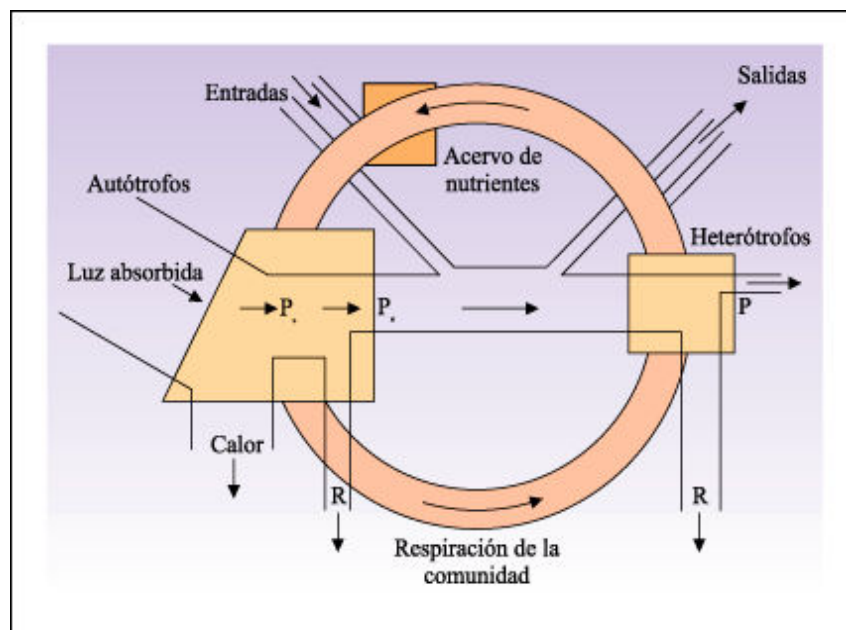


Figura 6. El diagrama anterior muestra el flujo unidireccional de energía y el reciclado de materiales.

P_g = producción bruta;
 P_n = producción neta; P = producción heterotrófica; R = respiración.
(Fuente: Curtis y Barnes, 2001)

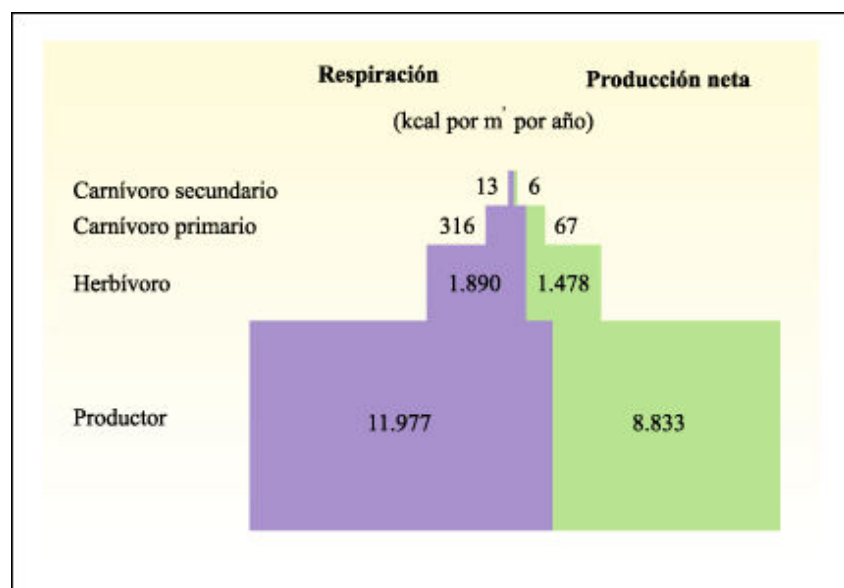
Cada población de consumidores utiliza la energía del alimento consumido para vivir y respirar, y la energía restante se puede usar para ayudar a producir nueva biomasa mediante el crecimiento y la reproducción. A esta producción de nueva biomasa de la población de consumidores se le llama *producción secundaria* o heterotrófica. Esta resulta ser una fuente potencial de alimento y energía para extender más allá la cadena alimenticia (Kiely, 1999).

La secuencia de relaciones alimentarias a través de las cuales pasa la energía en los ecosistemas se denomina *cadena alimentaria*. Una cadena alimentaria tiene muchos eslabones – por ejemplo, planta, herbívoro y carnívoro- llamados *niveles tróficos*. Lindeman presentó una *pirámide de energía* dentro del ecosistema y argumentó que a los niveles tróficos superiores llega cada vez menos energía (Figura 7); la energía se pierde en cada nivel por el trabajo realizado por los organismos y por la ineficiencia de las transformaciones biológicas de la energía, que causa que esta se pierda del sistema como calor. Para la ecología de los ecosistemas el reciclaje de la materia y el flujo asociado de energía a través de un ecosistema brinda una base para caracterizar la estructura y el funcionamiento de ese sistema (Figura 8) (Ricklef, 2001).

Generalmente, las plantas se ubican en la base de la pirámide o cadena alimentaria y por esta razón se las denomina *productores primarios* del ecosistema. La energía total asimilada por fotosíntesis se denomina *producción primaria bruta* del ecosistema. Las plantas utilizan parte de esta energía para crecer y mantenerse y de ese modo sus biomásas contienen sustancialmente menos energía que el total asimilado. La energía acumulada en las plantas, y la que por lo tanto se encuentra disponible para los consumidores, se denomina *producción primaria neta*. La diferencia entre producción primaria bruta y neta es la energía de la respiración, la cantidad utilizada para el mantenimiento y la biosíntesis (Ricklef, 2001).

El paso de energía de un organismo a otro ocurre a lo largo de una *cadena trófica o alimentaria*, es decir, una secuencia de organismos relacionados unos con otros como *presa* y *predador* (Figura 9). Una trama de este tipo puede involucrar a más de cien especies diferentes y se caracteriza porque los depredadores toman más de un tipo de presa y cada tipo de presa es explotada por varias especies diferentes de predadores. La relación de cada especie con otra en esta trama alimentaria es una dimensión importante de su nicho ecológico (Curtis y Barnes, 2001).

Figura 7. Pirámide de Energía. Una proporción relativamente pequeña de la energía del sistema es transferida en cada nivel trófico. Gran parte de la energía se invierte en el metabolismo y se mide como calorías perdidas en la respiración. (Fuente: Curtis y Barnes, 2001)



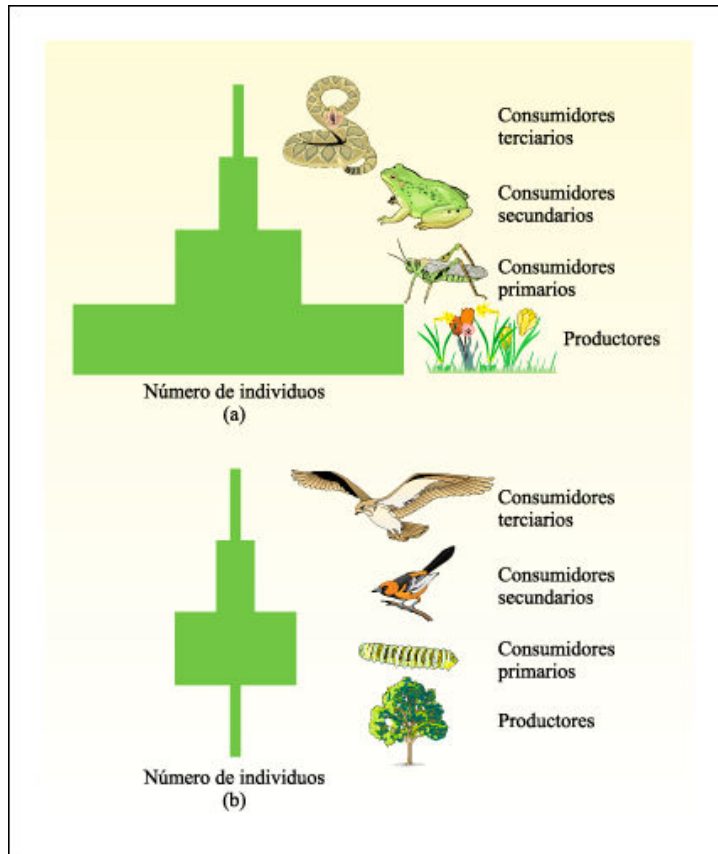


Figura 8. Pirámides numéricas para a) un ecosistema de sabana en la que el número de productores primarios (gramíneas) es grande y b) un bosque templado en el que un solo productor primario, un árbol, puede soportar a un número grande de herbívoros. (Fuente: Curtis y Barnes, 2001)

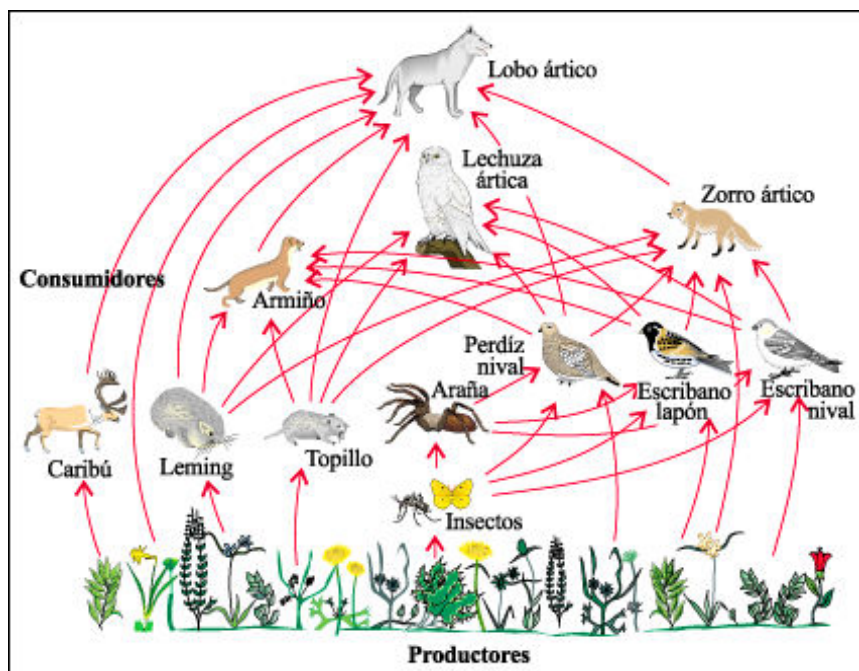


Figura 9. Las flechas indican la dirección del flujo de energía. Esta red alimentaria está muy simplificada. En realidad, forman parte de ella un número de especies de plantas y animales mucho mayor que el representado. (Fuente: Curtis y Barnes, 2001)

A partir de consideraciones energéticas, Alfred Lotka construyó el concepto de *ecosistemas*. Explicó que cada sistema puede ser descrito por un conjunto de ecuaciones que representan intercambios de masa y energía entre sus componentes. Estos intercambios incluyen la asimilación de dióxido de carbono en compuestos orgánicos del carbono por las plantas verdes, el consumo de plantas por los *herbívoros* y el consumo de animales por los *carnívoros* (Ricklef, 2001).

Lotka creía que el tamaño de un sistema y las tasas de energía y transformaciones materiales dentro de él se determinaban según los principios de la termodinámica. Así como las máquinas pesadas y las rápidas necesitan más combustible para operar que las más livianas y más lentas, y las máquinas eficientes necesitan más combustible que las ineficientes, las transformaciones de la energía de los ecosistemas crecen en proporción directa con su tamaño (aproximadamente la masa total de sus organismos componentes), su productividad (velocidad de transformación) y su eficiencia. La Tierra misma es una máquina termodinámica gigante en la cual la circulación de los vientos y las corrientes oceánicas y la evaporación del agua son impulsadas por la energía de la luz solar. Parte de esa energía es asimilada por la fotosíntesis y esta energía finalmente abastece a todos los procesos biológicos (Ricklef, 2001).

En la ecología de los ecosistemas la importancia del *ciclaje de nutrientes* radica en el hecho de que en muchas circunstancias la cantidad de ciertos nutrientes regula la producción primaria. La productividad de las plantas de desierto refleja la cantidad de agua disponible en lugar de la luz solar y de los minerales del suelo. Los océanos abiertos son desiertos en virtud de su escasez de nutrientes, particularmente de nitrógeno. Saber cómo se reciclan los elementos entre los componentes del ecosistema parece crucial para conocer la regulación de su estructura y su funcionamiento (Ricklef, 2001).

Los *consumidores* derivan su energía de organismos vivos o muertos (Figura 10). Los herbívoros consumen plantas vivas o sus partes, los carnívoros se comen a otros carnívoros y a los herbívoros, los *detritívoros* se alimentan de los desechos o detritos de la comunidad y los *descomponedores* se sustentan de los materiales orgánicos de desecho como celulosa y nitrogenados que no son utilizados por el resto de los componentes de la cadena alimenticia (Miller, 1994; Curtis y Barnes, 2001).

Como consecuencia de la actividad metabólica de los descomponedores, de los compuestos orgánicos se liberan sustancias inorgánicas al suelo o al agua. Desde el suelo o el agua, estas sustancias se vuelven a incorporar a los tejidos de los productores primarios, pasan a los consumidores y a los *detritívoros* y luego son entregadas a los descomponedores, de los cuales entran nuevamente en las plantas y así se repite de nuevo el ciclo (Curtis y Barnes, 2001).

Dentro de los ecosistemas, la *descomposición* es un proceso continuo que comprende desde el depósito de la materia orgánica hasta la liberación de los distintos elementos *nutrientes* en formas disponibles para las plantas. De esta forma, la producción primaria estará relacionada con la descomposición, donde el balance entre la producción primaria y la tasa de descomposición determinará la cantidad de materia orgánica acumulada dentro de los ecosistemas (Swift y col., 1979).

Cualquier elemento que un organismo necesite para vivir, crecer y reproducirse se llama *nutrimento* o *nutriente*, cerca de 40 elementos son esenciales para los organismos (Tabla 1), aunque el número y tipos de estos elementos puedan variar con los distintos organismos (Miller, 1994). Estos serán estudiados en los siguientes temas.

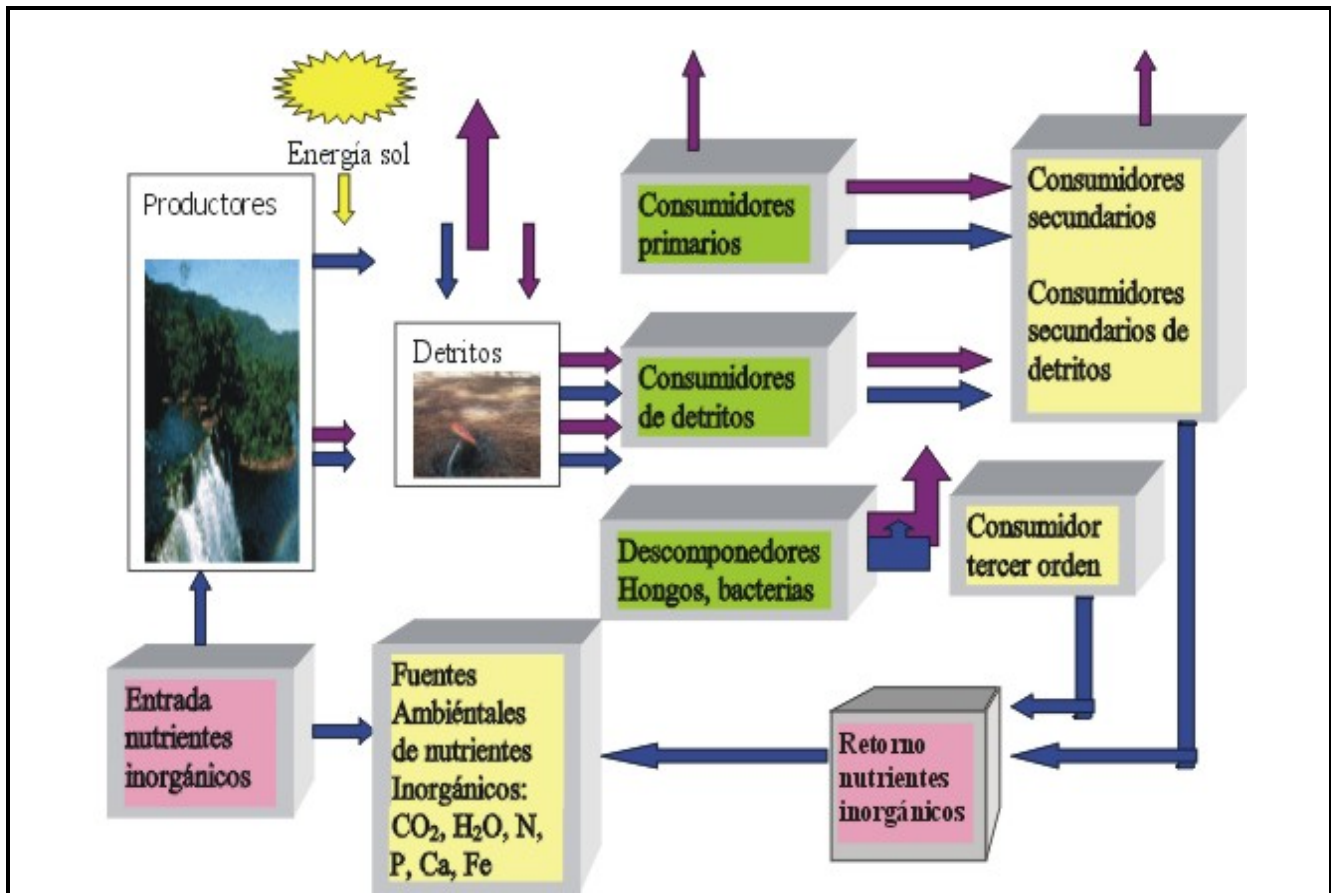


Figura 10: Flujo de energía y nutrientes a través del ecosistema. Arreglo de los organismos por relaciones alimenticias. La figura muestra un ciclo continuo de nutrientes y un flujo continuo de energía, la cual se pierde en forma de calor y retorna a la atmósfera.

(Fuente: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion1/capitulo04/tema05/01_04_05.htm)

Los elementos requeridos por los organismos en grandes cantidades se denominan *macronutrientes* (Tabla 1). Por ejemplo: carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio. Estos elementos y sus compuestos constituyen el 97 % de la masa del cuerpo humano y más del 95 % de la masa de todos los organismos. El resto de los elementos requeridos por los organismos en cantidades pequeñas o trazas, se les llaman *micronutrientes* (Tabla 1). Son ejemplos: hierro, cobre, zinc, yodo y cloro (Miller, 1994).

Dentro de la descomposición se define la *mineralización* como un proceso que sucede cuando las formas inorgánicas de un elemento son liberadas durante el catabolismo de recursos orgánicos. Por ejemplo, la liberación de CO₂ a partir de carbohidratos y de NH₃ de proteínas. Y la *inmovilización* que corresponde a un proceso en el cual un elemento es incorporado o mantenido en forma orgánica. Esto sucede cuando los nutrientes en forma inorgánica son tomados por las raíces de las plantas, y también cuando los microorganismos y animales descomponedores toman estos nutrientes y los incorporan en su estructura. En la naturaleza, la inmovilización es inevitablemente acompañada de la mineralización (Swift y col., 1979).

Es el momento para integrar los elementos que se han discutido y comprender que hemos analizado las transformaciones de la energía a través de los ecosistemas, los cuales conforman la biosfera. A partir de consideraciones energéticas, Alfred Lotka construyó el concepto de *ecosistemas*. Explicó que cada sistema puede ser descrito por un conjunto de ecuaciones que

representan intercambios de masa y energía entre sus componentes. Estos intercambios incluyen la asimilación de dióxido de carbono en compuestos orgánicos del carbono por las plantas verdes, el consumo de plantas por los *herbívoros* y el consumo de animales por los *carnívoros* (Ricklef, 2001).

Lotka creía que el tamaño de un sistema y las tasas de energía y transformaciones materiales dentro de él se determinaban según los principios de la termodinámica. Así como las máquinas pesadas y las rápidas necesitan más combustible para operar que las más livianas y más lentas, y las máquinas eficientes necesitan más combustible que las ineficientes, las transformaciones de la energía de los ecosistemas crecen en proporción directa con su tamaño (aproximadamente la masa total de sus organismos componentes), su productividad (velocidad de transformación) y su eficiencia. La Tierra misma es una máquina termodinámica gigante en la cual la circulación de los vientos y las corrientes oceánicas y la evaporación del agua son impulsadas por la energía de la luz solar. Parte de esa energía es asimilada por la fotosíntesis y esta energía finalmente abastece a todos los procesos biológicos (Ricklef, 2001).

El autor James Lovelock (1979) señaló que la Tierra puede considerarse un ser vivo individual o “superorganismo”, propone en su *Hipótesis Gaia* que la biosfera evolucionó en el sentido de regular las condiciones dentro de un rango favorable para la persistencia continua de la vida sobre la Tierra. La vida es un sistema “autoorganizado” que mantiene activamente una baja entropía, impulsada por la energía libre proporcionada por el sol. Si no se considerara la existencia de un sistema de control en el que interviene la biota, resultaría inexplicable desde las leyes de la física y la química, que la inestable atmósfera terrestre mantenga constante su composición, tan diferente de la de otros planetas, por períodos más extensos que el tiempo de reacción de sus gases. La vida que parece estar violando la segunda ley de la termodinámica, no puede hacerlo ya que en realidad forma un sistema único con lo no vivo. En otras palabras, un sistema único autorregulado, que mantiene la temperatura, la composición de la superficie de la Tierra y de la atmósfera a través de mecanismos de retroalimentación (Solomon y col., 1996; Curtis y Barnes, 2001).

Otros investigadores han mostrado con vehemencia su desacuerdo, no para negar que los factores bióticos hayan influido poderosamente sobre las condiciones de la Tierra, sino negándose a aceptar la hipótesis de la autorregulación del planeta como un fin (Schlesinger, 2000). Concebir el planeta como un todo es ventajoso a la hora de intervenir sobre algún recurso transnacional o transregional, ya que obliga a pensar globalmente para evitar consecuencias inesperadas en sitios alejados del planeta. Por otra parte a la especie humana se le considera sólo una especie más. Para *Gaia* por ejemplo, la radiación nuclear a pesar de lo espantosa que puede ser para los seres humanos puede ser un asunto menor. Lo importante es la salud del planeta, no de una especie en particular (Curtis y Barnes, 2001).

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES

1.-Investiga las diferencias entre los siguientes términos:

- a)productividad primaria bruta / productividad primaria neta.
- b)productor / consumidor / detritívoro / descomponedor.

2.-La cantidad de energía que fluye a través de una cadena trófica disminuye más o menos de acuerdo con la naturaleza de los organismos que la componen. ¿Cuál de las siguientes cadenas tróficas simplificadas es probablemente la más eficiente? ¿Por qué?

- a) fitoplancton → zooplancton → pez
- b) arbustos → venados → lobos

3.-Investigue sobre la disponibilidad de los nutrientes para los seres vivos. Luego identifique los elementos en la tabla periódica y de ejemplos de las formas como se encuentran en la naturaleza.

COMUNITARIAS

Con ayuda de tus compañeros y vecinos trata de armar una cadena trófica que ocurra en tu comunidad o en las áreas verdes más cercanas.

TEMA 4. INTRODUCCIÓN A LOS CICLOS BIOGEOQUIMICOS

La supervivencia de cualquier organismo depende del flujo de la energía y del *flujo de la materia* a través de su cuerpo. Las comunidades sobreviven en los ecosistemas por el flujo unidireccional de la energía y por el ciclaje de materia, que conduce a que muchas sustancias circulen a través de estos ecosistemas. Estas sustancias incluyen agua, nitrógeno, carbono, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio sodio, cloro, y otros minerales como hierro y cobalto, que son requeridos por los sistemas vivos sólo en cantidades muy pequeñas (Tabla 1). Contrario a lo que ocurre con la energía, el movimiento de la materia es cíclico, por lo que no requiere se reabastecida desde el exterior. Así, la distribución y el transporte de estas sustancias inorgánicas se conocen como *ciclos biogeoquímicos*, porque involucran componentes geológicos y biológicos del ecosistema. Los componentes del entorno geológico son: 1. la atmósfera, constituida fundamentalmente por gases, que incluyen vapor de agua; 2. la litosfera, la corteza sólida de la tierra y 3. la hidrosfera, que comprende los océanos, lagos y ríos, que cubren las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Los componentes biológicos incluyen a los productores, los consumidores y los descomponedores (Miller, 1994; Curtis y Barnes, 2001; Roa, 2002).

Los ciclos biogeoquímicos constituyen un sistema regulador de la hidrosfera y la biosfera. De este modo, el ciclo de la materia es una interacción permanente entre la fase biótica y la fase abiótica, es un proceso sin principio ni fin; es decir, un reciclaje combinado y continuo, en una serie de procesos autorregulados, donde los deshechos son el punto de partida para formar algo nuevo (Miller, 1994; Curtis y Barnes, 2001; Roa, 2002).

Los ciclos biogeoquímicos tiene diferentes fases (Kiely, 1999):

1. *Fase orgánica*, donde los nutrientes pasan rápidamente a través de las comunidades por vía de las cadenas alimenticias.
2. Las *fases inorgánicas* son importantes para los ecosistemas, ya que las reservas de todos los elementos nutrientes son externas a las cadenas alimenticias.
 - La *fase sedimentaria* incluye la interacción con la fase sólida de la corteza terrestre (rocas). Esta fase forma parte de los ciclos de todos elementos, y el movimiento dentro y fuera de estas reservas sedimentarias es normalmente lento y es el resultado natural de actividades geológicas como los volcanes, disgregación por intemperie, etc.
 - La *fase atmosférica* forma parte de algunos ciclos, por ejemplo, nitrógeno y carbono, pero no de otros, por ejemplo, el fósforo.
 - También hay una *reserva acuática* para algunos elementos incluyendo los nutrientes de las plantas.

Tabla 1. Resumen de los minerales requeridos por todas las plantas. (Fuente: Curtis y Barnes, 2001)

Elemento	Forma principal en la que se lo absorbe	Concentración aproximada en plantas enteras sanas (% peso seco)	Algunas funciones
Macronutrientes			
Nitrógeno	NO_3^- o NH_4^+	1-4%	Componente de aminoácidos, proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, clorofila y coenzimas
Potasio	K^+	0,5-6%	Involucrado en el mantenimiento del potencial hídrico y, por lo tanto, en la apertura y cierre de los estomas; importante en el mantenimiento del balance iónico; activador de muchas enzimas. Involucrado también en el movimiento de las plantas
Calcio	Ca^{2+}	0,2-3,5%	Componente de las paredes celulares; cofactor enzimático; involucrado en la permeabilidad de la membrana celular y en el transporte de iones y hormonas. Importante como segundo mensajero
Fósforo	H_2PO_4^- o HPO_4^{2-}	0,1-0,8%	Componente de los compuestos de fosfato que llevan energía (ATP y ADP), fosfolípidos, ácidos nucleicos y varias coenzimas esenciales
Magnesio	Mg^{2+}	0,1-0,8%	Parte de la molécula de clorofila; activador de numerosas enzimas
Azufre	SO_4^{2-}	0,05-1%	Componente de algunos aminoácidos, proteínas y coenzima A
Micronutrientes			
Hierro	Usualmente absorbido desde el suelo, acomplexados con fitosideróforos (sustancias orgánicas secretadas por las raíces); también como Fe^{2+} o Fe^{3+}	25-300 partes por millón (ppm)*	Requerido para el desarrollo de los cloroplastos; componente de los citocromos
Cloruro	Cl^-	100-10.000 ppm	Involucrado en la ósmosis y el balance iónico; esencial en la fotosíntesis y en las reacciones en las cuales se produce oxígeno
Cobre	Cu^{2+}	4-30 ppm	Activador o componente de ciertas enzimas
Manganeso	Mn^{2+}	15-800 ppm	Activador de ciertas enzimas; requerido para la integridad de la membrana del cloroplasto y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis
Zinc	Zn^{2+} y también acomplexado con sustancias orgánicas secretadas por las raíces	15-100 ppm	Activador o componente de muchas enzimas; importante en el mantenimiento de la integridad de las membranas; requerido en la síntesis de algunas hormonas vegetales
Boro	BO_3^{3-} (borato) o $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ (tetraborato)	5-75 ppm	Influye en la utilización de Ca^{2+} , la síntesis de ácidos nucleicos y la integridad de la membrana
Molibdeno	MoO_4^{2-}	0,1-5,0 ppm	Requerido para el metabolismo del nitrógeno
Elementos esenciales para organismos fijadores	algunas plantas u de nitrógeno		
Cobalto	Co^{2+}	Vestigios	Requerido por los microorganismos fijadores de nitrógeno
Sodio	Na^+	Vestigios	Requerido por ciertas especies que viven en el desierto y en marismas saladas y por las plantas que

utilizan la vía C4 para la fotosíntesis

* Partes por millón (ppm) equivalen a unidades de un elemento, en peso, por millón de unidades de material de la planta secado en estufa; 1% equivale a 10.000 ppm.

De acuerdo al predominio de una de estas fases, hay tres tipos de ciclos biogeoquímicos interconectados (Miller, 1994; Roa, 2002):

1. Los *ciclos gaseosos* o globales que se caracterizan por tener como depósito principal la atmósfera y además, porque los elementos a recircular no se vuelven inaccesibles a los organismos vivos por períodos prolongados. En la mayoría de estos ciclos, los elementos son reciclados rápidamente, con frecuencia horas o días. Los ciclos gaseosos son los de carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno.
2. Los *ciclos sedimentarios* o locales, donde el depósito principal del elemento se encuentra en la corteza terrestre (suelo, rocas y sedimentos sobre la tierra y sobre el fondo marino), la hidrosfera y los organismos vivos. Los elementos de estos ciclos, generalmente son reciclados mucho más lentamente que los de los ciclos gaseosos, porque son retenidos en las rocas sedimentarias durante largo tiempo, con frecuencia de miles a millones de años. En consecuencia, existe mayor probabilidad que se presente en un ecosistema déficit de los elementos que fluyen a través de ciclos gaseosos, por tanto, pueden limitar en forma natural la producción de biomasa en los ecosistemas. Son ejemplos típicos de ciclos sedimentarios los ciclos de fósforo y azufre, de los 36 elementos reciclados de esta manera.
3. En el *ciclo hidrológico*, el agua circula entre el océano, los hielos, el aire, la tierra y los organismos vivos. Este ciclo también distribuye el calor solar sobre la superficie del planeta.

Así como los ecosistemas se suelen considerar a menudo como *cajas negras* para muchos de los procesos que tienen lugar dentro de ellos, los contornos de un ecosistema de hecho son permeables hasta cierto punto; así que la energía y los nutrientes pueden transferirse a y desde un ecosistema a otro por vía de importaciones y exportaciones. Por tanto el movimiento de productos químicos y elementos tiene lugar a escala global dentro de la biosfera como si esta fuera un gran ecosistema. Todas las partes de los sistemas ecológicos separados a escala local e incluso global están relacionados en último término por los ciclos biogeoquímicos (Kiely, 1999).

El *cambio ambiental global* inducido por el hombre es una consecuencia directa e indirecta de la modificación rápida del ambiente terrestre por las actividades humanas. La distribución y tasas de crecimiento de la población humana y la demanda por el crecimiento económico, con la utilización concomitante de recursos son las fuerzas que actúan como agentes del cambio global ambiental. Actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y combustión de biomasa, cambio de uso del suelo, prácticas agrícolas y producción y distribución de compuestos carbonados y otros químicos sintéticos, producen cambios en la composición de los sistemas terrestre, acuáticos, y atmosféricos, y cambios en el ciclo de los elementos en la ecosfera (Figura 11). Por ejemplo, aumento de la cantidad de materia circulante en los ciclos y de la velocidad de los mismos. Estos cambios producidos en los ciclos han modificado las condiciones del ambiente a una velocidad nunca imaginada, cuyos efectos negativos para la humanidad son muy evidentes y preocupantes; este es el caso de efectos globales como la sobrepoblación humana y el sobrecalentamiento del planeta o de efectos regionales y locales como la *lluvia ácida* y la *eutrofización* (Roa, 2002).

Esta problemática puede ser analizada aún a escala más detallada. Los elementos que necesitan los organismos vivos suelen estar presentes en sus tejidos en concentraciones más elevadas que el aire, el suelo y el agua circundantes. Esta concentración de elementos resulta de la

absorción selectiva de sustancias por las células vivas, amplificada por los efectos de concentración de las cadenas tróficas. En circunstancias naturales, este efecto de concentración se le denomina *bioacumulación*, y suele ser variable; generalmente, los animales tienen un requerimiento mayor de minerales que las plantas, porque gran parte de la biomasa vegetal es celulosa (Curtis y Barnes, 2001).

En los ciclos biogeoquímicos también pueden captarse sustancias extrañas que pasando de un organismo a otro, alcanzan concentraciones elevadas cuando se aproximan a la cima de la cadena alimenticia (Curtis y Barnes, 2001). En este sentido, se han generado otras ramas del conocimiento como la *Ecotoxicología*, que se ha considerado como la ciencia que estudia la polución, su origen y efectos sobre los seres vivos y sus ecosistemas. Sanz y Sánchez (1974) la definen como “la ciencia que estudia la polución, su origen, evolución e interacciones con las moléculas que integran dinámicamente los ecosistemas, sus acciones y efectos sobre los seres vivos que forman estos ecosistemas, con su evaluación, como determinantes de criteriología y profilaxis biológica o socioeconómica” (*cit.* Capó, 2002).

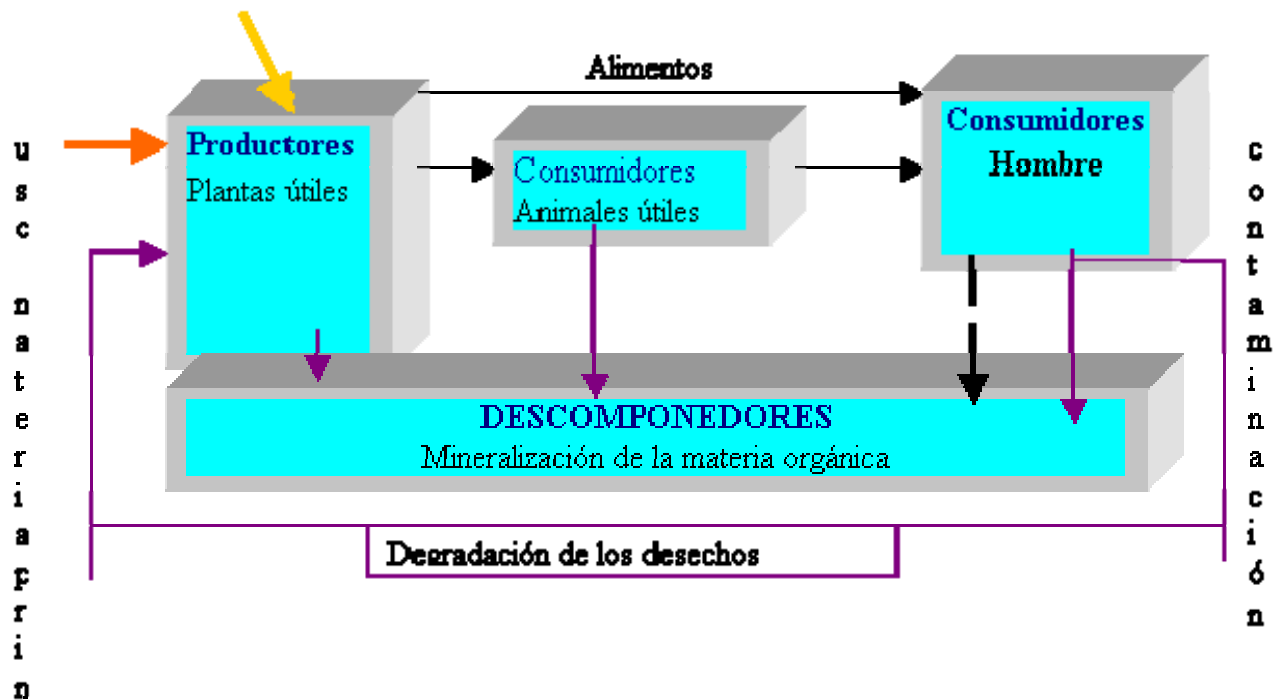


Figura 11. Principales características de un ecosistema antrópico. Flechas violetas, desperdicios, flecha interrumpida agua de desperdicio, flecha anaranjada energía de combustibles y centrales atómicas.

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion1/capitulo04/tema05/01_04_05.htm

ACTIVIDADES

GRUPALES

- 1.-Discute sobre la importancia de los ciclos biogeoquímicos en el planeta.
- 2.-¿Cuáles son los procesos a través de los cuales el ser humano ha alterado los diferentes ciclos biogeoquímicos del planeta?
- 3.-Investiga sobre las aplicaciones de la ecotoxicología.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Curtis, Helena y Barnes, N.Sue (2001) Biología. Sexta edición en español. Editorial Médica Panamericana, S.A. España.
- Kiely, Gerard (1999) Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Mc Graw Hill. España.
- Miller, G. Tyler Jr. (1994) Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. De C.V. México.
- Nelson, Gideon E. (2004) Principios de Biología. Enfoque Humano. Segunda Edición. Editorial Limusa – Wiley. México.
- Purves, William K.; Sadava, David; Orians, Gordon H. y Heller, Craig H. (2003) Vida. La Ciencia de la Biología. Sexta Edición. Editorial Médica Panamericana, S.A. España.
- Ricklef, Robert E. (2001) Invitación a la Ecología. La Economía de la Naturaleza. Cuarta Edición. Editorial Médica Panamericana, S.A. España.
- Schlesinger, William H. (2000) Biogeoquímica. Un análisis del cambio global. Editorial Ariel, S.A. España.
- Solomon, Eldra P.; Berg, Linda R.; Martin, Diana W. y Villee Claude. (1996) Biología de Villee. Interamericana-McGraw Hill. México.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Capó M., Miguel A. (2004) Principios de Ecotoxicología. Diagnóstico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente. McGraw Hill. España.
- Roa M., José A. (2002) Fundamentos básicos de los procesos ambientales para Ingenieros. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (FEUNET). Venezuela.
- Swift, M.J.; Heal, O.W. y Anderson, J.M., 1979. Decomposition en Terrestrial Ecosystems. University California Press. Studies in Ecology. Vol. 5.
- Wallmann, K. (2001) Controls on the Cretaceous and Cenozoic evolution of sea water composition, atmospheric CO₂ and climate. Geochimica et Cosmochimica Acta, 65(18): 3005-3025.
- Wicander, Reed y Monroe, James S. (2000) Fundamentos de Geología. Segunda Edición. International Thomson Editores, S.A. de C.V. México.

PÁGINAS WEB

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion1/capitulo04/tema05/01_04_05.htm

MÓDULO II. COMPONENTES DE LA MATERIA

COMPETENCIAS:

- .-Conoce las características químicas de los nutrientes y su importancia para los seres vivos.
- .-Conoce como se encuentran los elementos químicos en la naturaleza y como mediante el uso de la tabla periódica puede obtener información sobre sus propiedades.
- .-Aplica la nomenclatura química para nombrar compuestos inorgánicos (óxidos, bases, ácidos y sales).
- .-Conoce como los compuestos químicos son capaces de combinarse para dar origen a otros y que los mismos se manifiestan en las reacciones que tienen lugar en la naturaleza.

CONTENIDOS:

INTRODUCCION

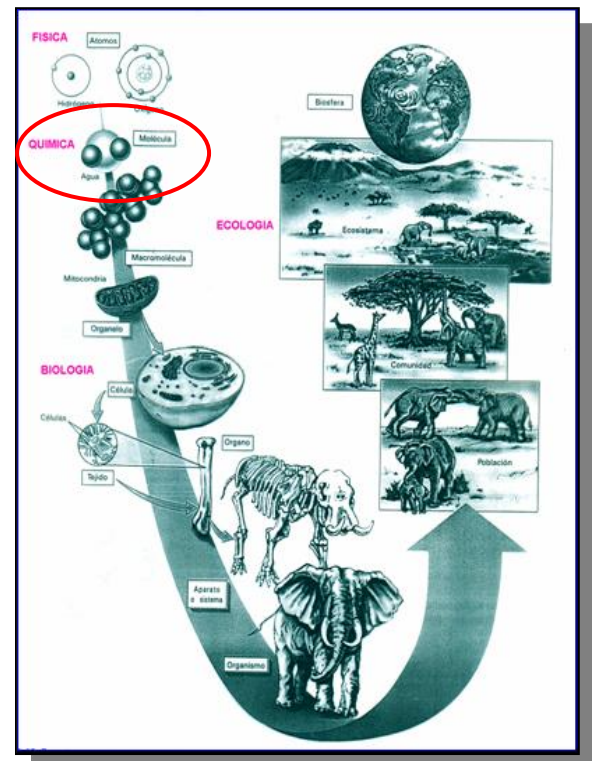
Si observamos a nuestro alrededor podremos percibir una serie de interrelaciones complejas entre los distintos individuos, entre las comunidades, los ecosistemas, las sociedades, las culturas que día a día modifican el ambiente y su dinámica.

Al adentrarnos en nuestro cuerpo podremos observar que esta constituido por huesos, músculos, tejidos y órganos. Todos interactuando para permitir la vida del ser humano.

Si nos ubicamos en los niveles de organización de la materia, ilustrados en la figura 12, reconoceremos entonces que los órganos están constituidos por células, que están compuestas de una gama de sustancias químicas.

Recordemos que en “la ecología se intenta explicar por qué y cómo se establecen y desarrollan los seres vivos dentro de un ecosistema. Para tal fin, conviene tomar en cuenta a la naturaleza en términos de ciclos de materia y flujos de energía, así como a los niveles de organización de modo que, al conjunto de organismos, se le puede valorar y expresar dentro de un espacio definido” (Ondarza,1993).

Un organismo lleva a cabo innumerables reacciones químicas, por lo que se dice que la vida depende de los cambios que ocurren en la materia. Esta es una razón por la cual debemos conocer la naturaleza del mundo químico.



TEMA 1 ¿QUÉ SON LOS ÁTOMOS?

Con base en la teoría atómica de Dalton, **un átomo** puede definirse como **la unidad básica de un elemento que puede entrar en combinación química**.

El átomo se compone de partículas más pequeñas, las partículas atómicas, que a su vez están formadas por unidades todavía menores llamadas partículas subatómicas.

Las partículas atómicas son el protón con carga positiva, el neutrón que no posee carga y el electrón de carga negativa. El protón y el neutrón forman el núcleo, aportan la mayor parte de la masa y se encuentran en el centro del átomo. Los electrones son mucho más pequeños y se mueven rápidamente alrededor del núcleo.

La cantidad de electrones de un átomo es igual a la cantidad de protones, por tanto el átomo es neutro, es decir igual número de cargas positivas y negativas. (Quintero, 2002)

Los electrones se mueven alrededor del núcleo sin seguir un rumbo fijo, sino que se mueven formando una “nube” de electrones que ocupa la mayor parte del espacio del átomo.

LOS ELEMENTOS

Un **elemento** es una sustancia que no se puede descomponer por reacciones químicas ordinarias. Las características de un elemento se deben a la cantidad de protones que tienen el átomo (Quintero, 2002).

Fueron necesarios muchos siglos para que se desarrollara nuestra comprensión actual de los elementos químicos.

Robert Boyle, científico inglés, incluyó una definición de los elementos en su libro *The Sceptical Chymist* (El químico escéptico) publicado en 1661. Decía que es preciso poner a prueba los supuestos elementos para averiguar si en verdad son simples.

Boyle afirmó además que las sustancias más sencillas podrían ser **elementos**, y como tales se les debería considerar hasta el momento en que pudieran degradarse a su vez en sustancias todavía más sencillas. Cuando se combinan dos o más elementos, forman una sustancia claramente distinta llamada **compuesto**.

Con frecuencia se utilizan **símbolos** en lugar de nombres escritos. Muchos de los símbolos primitivos que se empleaban para representar diversas sustancias químicas proceden de la mitología antigua.

Símbolo de los alquimistas	Nombre del elemento	Símbolo moderno
	Oro	Au
	Plata	Ag
	Azufre	S
	Cobre	Cu
Aritmética		
+ − × ÷		
Dinero		
\$ ¢		

Figura 13
El uso de los símbolos no es exclusivo de la química. Los símbolos pueden ser de gran utilidad si se conoce su significado

J.J. Berzelius, químico sueco, inventó un sistema sencillo de notación química que introdujo en 1814. Sus símbolos eran letras tomadas del nombre del elemento. En la actualidad, estos símbolos se utilizan en todo el mundo.

Los nombres de los elementos, y en consecuencia sus símbolos, provienen de muchas fuentes. Algunas de ellos se derivan de palabras latinas, griegas o alemanas; otros reciben su nombre con base en el país o lugar donde se descubrieron, o en honor de científicos famosos. Por ejemplo, el nombre del elemento *bario* proviene de la palabra griega *barys*, que significa pesado. El nombre del *germanio* se deriva de Germania, el nombre de Alemania en latín. El elemento 99 recibió el nombre de *einsteinio* en honor de Albert Einstein.

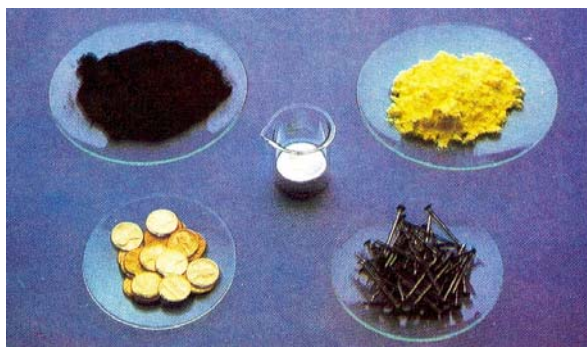


Figura 14. Varios elementos comunes: Cobre (en monedas), Hierro (en clavos), Carbono (en carbón vegetal en polvo), Azufre (polvo amarillo) y Mercurio (metal líquido brillante)

Tabla 2. Algunos elementos importantes; nombres, símbolos y usos. Fuente: Burns, R. Fundamentos de Química.

Elemento	Símbolo	Origen del nombre	Algunos usos
Aluminio	Al	Latín, <i>alumen</i> (alumbre)	Utensilios de cocina, aeronaves
Boro	B	Arabe, <i>buraq</i>	Vidrio de borosilicato,
Calcio	Ca	Latín. <i>Calx</i> (cal)	Cemento, cal
Cloro	Cl	Griego, <i>chloro</i> (amarillo verdoso)	Purificación de agua
Cobre	Cu	Latín, <i>cuprum</i>	Alambre eléctrico, monedas
Flúor	F	Latín, <i>fluere</i> (fluir)	Grabado de vidrio
Hidrógeno	H	Griego, <i>hydro</i> (agua) y <i>genes</i> (formador)	Fabricación de amoníaco
Hierro	Fe	Latín, <i>ferrum</i>	Acero, imanes, maquinas
Oro	Au	Latín, <i>aurum</i> (aurora brillante)	Conductores eléctricos, joyería

Fuente: Burns, R. Fundamentos de Química.

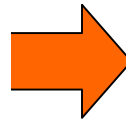
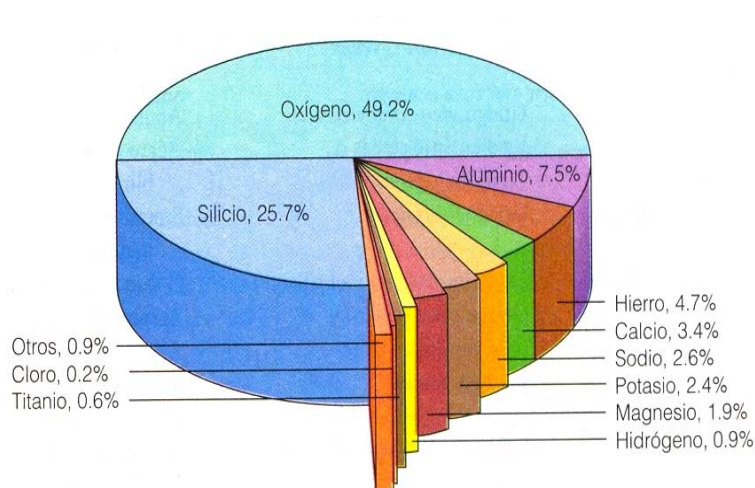
Las características de un elemento están dadas por su **número atómico**, que representa la cantidad de protones que tienen sus átomos. La forma en que reaccionan los átomos para formar compuestos depende de la cantidad de electrones que tenga.

El **peso atómico** de un elemento es la suma de la masa de los protones y los neutrones. Así, la forma mas común de carbono tienen seis protones y seis neutrones; por tanto el peso atómico es 12.

¿CUÁNTOS ELEMENTOS HAY EN NUESTRO PLANETA?

La abundancia de los elementos varía en gran medida en todo el universo. Alrededor del 93% de todos los átomos que hay en el universo son de hidrógeno. Los átomos de helio constituyen aproximadamente otro 7% y los demás elementos forman menos del 0.1%.

En nuestro planeta, 11 elementos forman más del 99% de la masa de la corteza terrestre, del agua de los ríos y océanos y de la atmósfera. En el figura 15 se muestran los porcentajes de estos elementos mas abundantes



El **oxígeno** (con casi el 50%) y el **silicio** (25%) componen el conjunto del **75%** de esta masa.

El agua que cubre alrededor del 71% de la superficie de la tierra contiene aproximadamente el 89% de oxígeno en masa.

Figura 15. Abundancia de los elementos en la corteza, agua y atmósfera terrestres, por ciento en masa (% m/m).
Fuente: Burns, R. Fundamentos de Química.

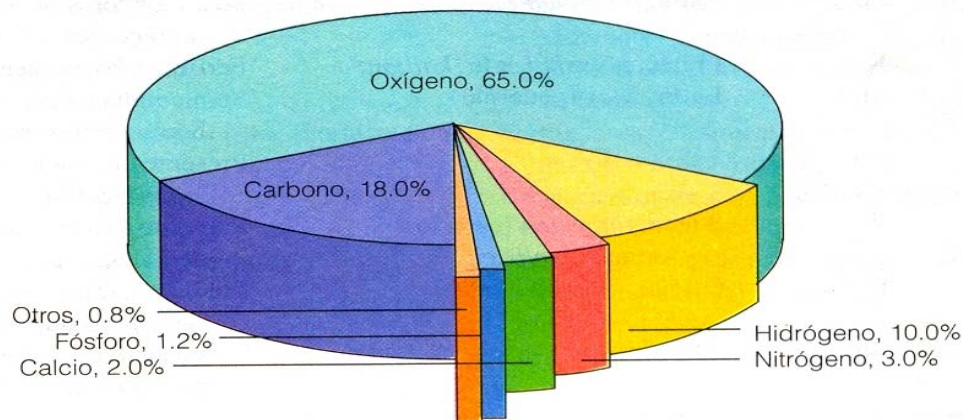


Figura 16. Elementos presentes en el cuerpo humano, por ciento en masa (% m/m)

Tan solo tres elementos (oxígeno, carbono e hidrógeno) son responsables del 93% de la masa del cuerpo humano (Ver figura 16), y junto con el nitrógeno, calcio y fósforo componen el 99% de la masa del mismo. Solo se encuentran trazas de otros elementos en el cuerpo humano, pero varios de ellos tienen importancia capital para la conservación de la salud.

CURIOSIDADES....

¿Cuántos Kilogramos de Carbono posee en su cuerpo una persona que pesa 60 kg, si conocemos que el ser humano posee el equivalente a un 18% m/m en Carbono?

Conocer cuanto Carbono posee una persona en su cuerpo es muy sencillo....

Partiendo de la premisa que 18% m/m es una unidad de concentración que expresa lo siguiente:

18% m/m: 18 **gramos** de carbono por cada 100 **gramos** de la cantidad total (cuerpo) (unidades de masa)

Entonces podemos plantear una simple relación:

$$60Kg_{\text{masa-persona}} \frac{1000gr}{1Kg} * \frac{18g_{\text{carbono}}}{100gr_{\text{total}}} = 10800 \text{ gramos} = 10.8 \text{ Kg de carbono posee una persona que pese 60 Kg} \quad (\text{Recuerde que } 1 \text{ Kg} = 1000 \text{ gr})$$

ACTIVIDADES:

INDIVIDUALES

Investigue cuáles son y qué características tienen los **Nutrientes**. Clasificación de los nutrientes. Luego identifique los elementos en la tabla periódica y de ejemplos de las formas como se encuentran en la naturaleza.

TEMA 2 LA TABLA PERIÓDICA

¿CÓMO SE HAN ORGANIZADO Y CLASIFICADO LOS ELEMENTOS ENCONTRADOS HASTA AHORA?.

Los primeros intentos de organización para el estudio de los elementos presentes en la naturaleza se remontan al siglo XIX. Los químicos de ese tiempo no conocían la existencia de electrones y protones y tenían una idea vaga de los átomos y moléculas, para entonces construyeron una tabla utilizando sus conocimientos de las masas atómicas.

En 1864 el químico inglés Jhon Newlands observó que cuando los elementos conocidos se ordenaban de acuerdo con sus masas atómicas, cada octavo elemento tenía propiedades similares. Newlands se refirió a esta relación como la ley de las octavas, ley que no resultó ser adecuada para elementos más allá del calcio, por lo que el trabajo de Newlands no fue aceptado por la comunidad científica.

En 1869 el químico ruso Dmitri Mendeleev y el químico alemán Lotear Meyer propusieron cada uno por su cuenta una tabulación más amplia de los elementos **basada en la recurrencia periódica y regular de sus propiedades**. La clasificación de Mendeleev superó a la Newlands sobre todo los aspectos, pues agrupó juntos a los elementos en forma más exacta de acuerdo a sus propiedades, así como hizo posible la predicción de las propiedades de varios elementos que aún no habían sido descubiertos. A esto es lo que llamamos **La Tabla Periódica** (ver figura 6).

A las filas horizontales de elementos en la tabla periódica se les llama **períodos** y las columnas verticales de elementos se les llama **grupos o familias**.

La construcción de la tabla periódica parte de la recurrencia periódica y regular de propiedades físicas de los elementos, las cuales depende de las características de cada grupo de elementos en cuanto a su:

1. El Radio Atómico
2. El Radio Iónico

Las propiedades físicas que han determinado la organización de los elementos en períodos y familias (o grupos) en la tabla periódica son las siguientes:

1. Energía de ionización
2. Afinidad electrónica
3. Electronegatividad

[illegible]

Figura 17. La tabla periódica. *Fuente: Burns, R.*

No es posible establecer el radio o volumen exacto de un átomo porque no es una esfera dura con un límite definido. La probabilidad (u oportunidad) de encontrar un electrón disminuye a distancias mayores del núcleo. Así pues, el radio atómico se basa en la distancia media entre los electrones externos y el núcleo.

Una tabla periódica ofrece una gran cantidad de información acerca de los elementos, cada uno de los cuales se puede clasificar como metal, no metal o metaloide. Los metales, que aparecen a la izquierda en la tabla periódica, quedan separados de los no metales, a la derecha, por una línea diagonal gruesa con aspecto de escalera. Observa que hay mucho mas metales que no metales. Los elementos situados al lado de esta diagonal se conocen como metaloides, y poseen ciertas propiedades que son intermedias entre las de los metales y no metales típicos.

LOS METALES

Los metales no tienden a combinarse químicamente unos con otros, pero reaccionan sí con los no metales para formar muchos compuestos distintos (nuevas estructuras llamadas ***moléculas***).

Las menas mas comunes de metales, como el hierro y el aluminio, contienen el metal combinado con oxígeno. Los metales del Grupo IA de la tabla periódica son los ***más reactivos***; nunca se les encuentra en la naturaleza en forma de elementos “libres”, es decir, no combinados.

Los metales ***menos reactivos***, como el cobre, plata y oro –situados cerca del centro de la tabla periódica- presentan más probabilidades de encontrarse en la naturaleza como elementos “libres”.

LOS NO METALES

Aquí se encuentran dos gases muy familiares (nitrógeno y oxígeno) que están presentes en la atmósfera en cantidades suficientes para mantener la vida en el planeta. El carbono (presente en diferentes formas como diamante, grafito y carbón vegetal) y el azufre son no metales que es posible encontrar como sólidos en forma elemental *no* combinada.

En los minerales, los metales se hallan combinados químicamente con no metales como el oxígeno, azufre, nitrógeno y fósforo. Los no metales se combinan también unos con otros para formar ***compuestos*** como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), metano (CH₄) y amoníaco (NH₃). El flúor es el no metal mas reactivo.

METALOIDES

Elementos que se hallan en la región intermedia entre los metales y los no metales en la tabla periódica. Sus propiedades son también, por lo general, de carácter intermedio. Por ejemplo, los metales son buenos conductores de la electricidad y los no metales son no conductores y los metaloides son semiconductores eléctricos. Esta propiedad especial hace

a los metaloides como el silicio, germanio, arsénico y boro particularmente útiles en la industria electrónica, para la fabricación de transistores, chips de computadoras y celdas solares eléctricas.

El Silicio, que el metaloide más abundante, es el cuarto elemento en abundancia. Nunca se encuentra en la naturaleza en forma elemental, pero los silicatos que son compuestos complejos de silicio, oxígeno y diversos metales, están presentes en suelos, arcillas y arenas.

Tabla 3. Propiedades físicas de metales y no metales. Fuente: Burns, R. Fundamentos de Química.

Propiedad	Metales	No metales
Estado físico	Sólidos, excepto Hg	Sólidos, líquidos, gases
Conductividad	Buenos conductores del calor y la electricidad Ejemplos: Ag, Cu, Hg, Al	Malos conductores del calor y la electricidad Ejemplos: S, Se, I ₂
Lustre	Superficie brillante Ejemplos: Ag, Au, Cr	Superficie opaca Ejemplos: C (carbón), azufre, fósforo
Maleabilidad	Maleables; muchos pueden martillarse o laminarse Ejemplos: Fe, Au, Sn, Pb	No maleables, frágiles, se rompen al golpearlos Ejemplos: S, C (carbón)
Ductilidad	Dúctiles; muchos pueden estirarse y formar alambres Ejemplos: Al, Cu, Fe	No dúctiles
Dureza	Unos duros; otros blandos Ejemplos: Metales duros: Cr, Fe, Mn Metales blandos: Au, Pb, Na	La mayor parte no son duros, excepto el diamante

Fuente: Burns, R. Fundamentos de Química.

ELEMENTOS DIATÓMICOS

En vez de existir como átomos individuales, siete de los elementos no metálicos (hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo y yodo) lo hacen como pares de átomos que se encuentran combinados químicamente formando moléculas diatómicas en la condiciones ordinarias. El subíndice 2 se emplea en sus fórmulas químicas para indicar que cada molécula tiene 2 átomos del mismo elemento.

En cada molécula diatómica, los dos átomos se mantienen unidos gracias a fuerzas de atracción que se llaman enlaces químicos. Los cuatro últimos elementos de la lista pertenecen a la misma familia de elementos: la familia de los halógenos.

ACTIVIDAD INDIVIDUAL

Investigue cuales son los grupos de elementos a los cuales se les han asignado nombres especiales, indique los nombres asignados y ubique estos grupos en la tabla periódica.

TENDENCIAS DEL TAMAÑO ATÓMICO

La variación en el tamaño es una propiedad periódica:

Dentro de un mismo **periodo**, el tamaño atómico tiende a **disminuir** conforme aumenta el número atómico.
Dentro de un mismo grupo o **familia**, el tamaño atómico **aumenta** conforme lo hace el número Atómico (figura 18)

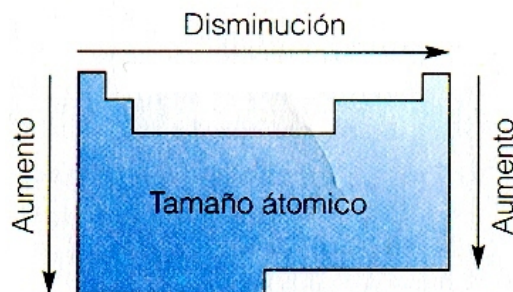


Figura 18.
Variación del tamaño atómico

IONES Y TENDENCIAS DEL TAMAÑO IÓNICO

Un ión es una partícula cargada que se produce cuando un átomo o grupo de átomos gana o pierde uno o más electrones. Los átomos de los metales, los cuales tienden casi todos menos de cuatro electrones de valencia, tienden a perder esos electrones para formar iones positivos llamados **cationes**.

Los átomos no metálicos son los que tienden a ganar electrones para formar **aniones** negativos. (vea figura 19)

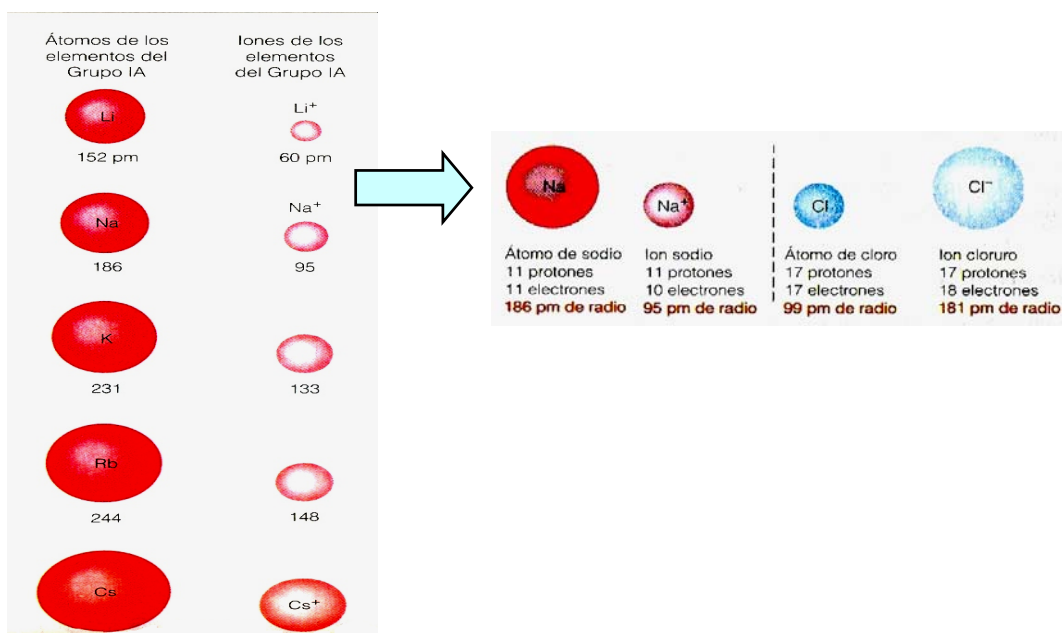


Figura 19. Cationes y Aniones de distintos elementos. Los radios de los átomos e iones del grupo IA están expresados en picómetros (pm)

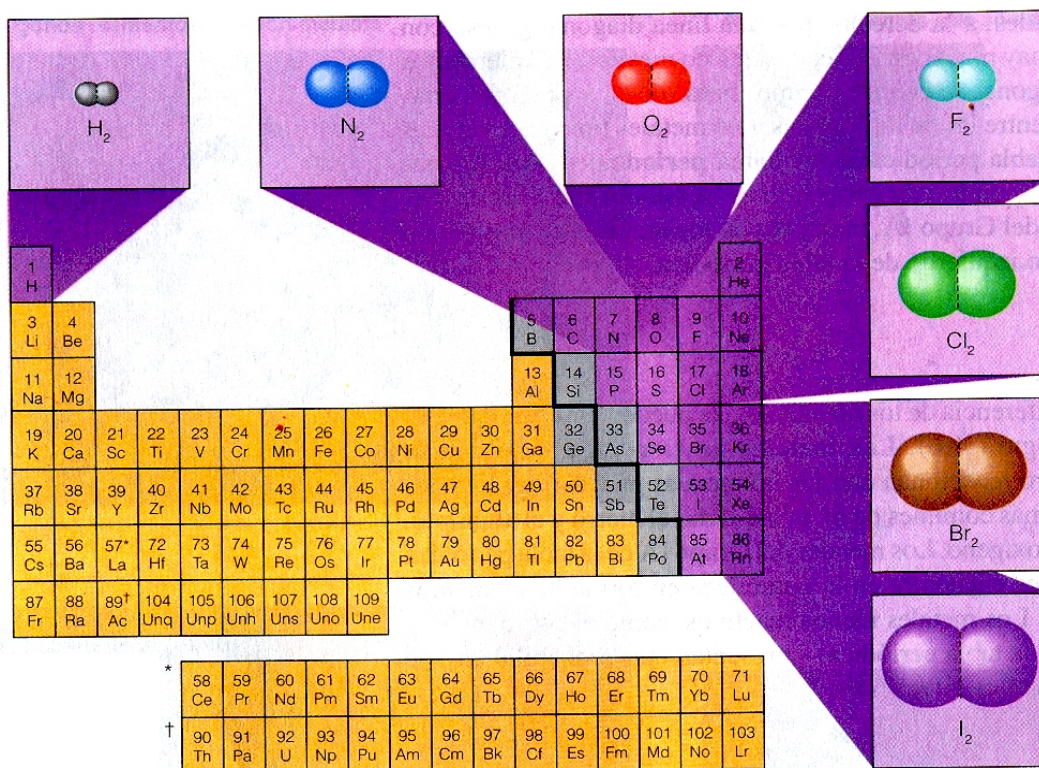


Figura 20. Las moléculas diatómicas: H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES

1. Realice una revisión de los siguientes programas interactivos en la web:

http://www.mcgraw-hill.es/bcv/tabla_periodica/mc.html

<http://personal1.iddeo.es/romeroa/latabla/>

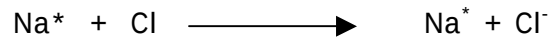
2. Investigue la correlación establecida entre los números de oxidación y los grupos donde están localizados los elementos de la tabla periódica.

TEMA 3

LOS ENLACES QUÍMICOS

¿COMO SE UNEN LOS ÁTOMOS?

Observa la siguiente representación de un cambio químico:



Se puede notar que el átomo metálico (sodio) pierde un electrón para formar un ión positivo: el **Catión** (Na^{+}), el electrón que pierde el átomo de sodio lo gana un átomo de cloro, y se produce entonces un ión Cloruro (Cl^{-}): el **Anión**.

Estos procesos complementarios de donación $\longleftrightarrow$ aceptación de electrones, son conocidos como procesos **oxido – reducción**. Donde los metales son oxidados por los *no* metales; los *no* metales son reducidos por los metales.

RESUMIENDO:

Los **metales** tienden a **perder** sus electrones de valencia para formar iones positivos (cationes)
Los **no metales** tienden a **ganar** electrones para formar iones negativos (aniones)
Cuando se transfieren electrones, se forman iones estables con un octeto de electrones.

Cuando el sodio metálico reacciona con el cloro gaseoso, un átomo de sodio transfiere un electrón a un átomo de cloro para formar un ion sodio y un ion cloruro. El cloruro de sodio que se forma es un **compuesto iónico**.

No solo tienen el ion sodio, Na^{+} , y el ion cloruro Cl^{-} , estructuras estables similares a las de los gases nobles, sino que además tienen cargas opuestas, las cuales atraen. **La fuerza de atracción entre iones con carga opuestas se conoce como un enlace iónico**. Observa que se requiere la transferencia completa de los electrones para producir enlaces iónicos.

LOS ENLACES IÓNICOS SE FORMAN POR UNA TRANSFERENCIA COMPLETA DE ELECTRONES

Conviene recordar que es muy importante decir “ion” al referirse a una partícula cargada, como un ion sodio.

Los átomos son neutros; poseen el mismo número de electrones que de protones. Los iones no son neutros; poseen carga positiva o negativa. Los iones sodio y los átomos de sodio **NO SON IGUALES!**

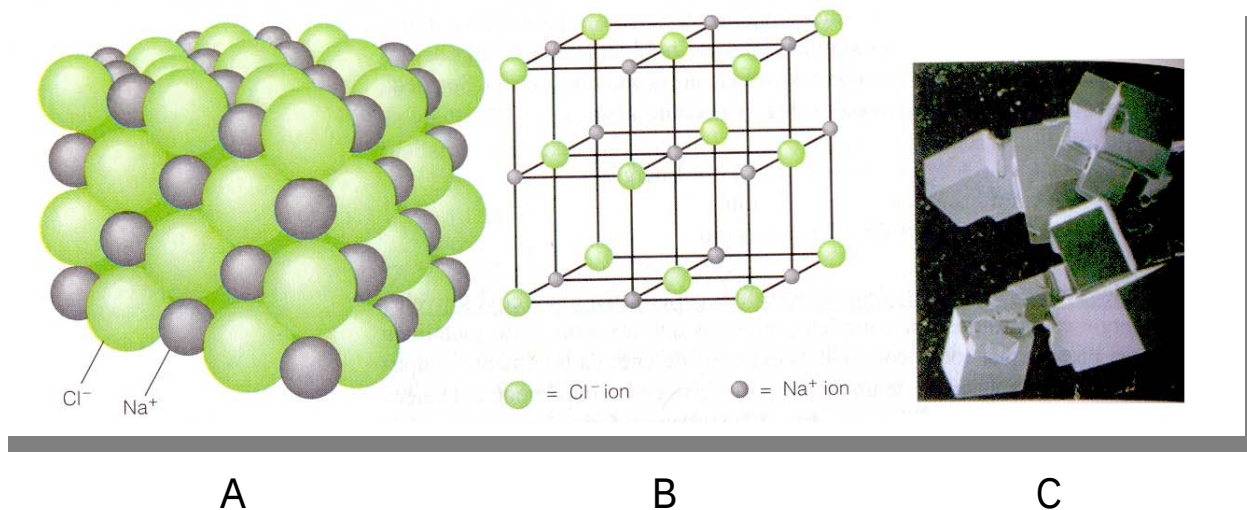


Figura 21. Disposición de los iones (Cloruro y Sodio) en un cristal de cloruro de sodio, sal común

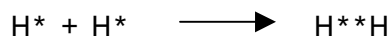
Muchos compuestos iónicos son solubles en agua. Cuando se disuelven en ella, se **disocian**; es decir, se descomponen en iones individuales que se mueven con libertad. Los iones se mantienen en solución gracias a su atracción por el agua.

La presencia de iones disociados permite que una sustancia conduzca la electricidad. A una sustancia que se disuelve en agua y produce una solución que conduce electricidad, se le llama **electrolito**.

Por otro lado, se podría esperar que un átomo de hidrógeno, con su único electrón, adquiriera un electrón adicional para completar su estructura electrónica estable (como la del helio).

Si solo hay átomos de hidrógenos presentes, un hidrogeno no puede tomar un electrón de otro átomo; todos los átomos de hidrogeno atraen a los electrones con la misma fuerza. En vez de ello, los átomos tienden a adquirir una configuración estable compartiendo electrones.

Dos átomos de hidrogeno, cada uno con su electrón, comparten un par electrónico para formar una molécula de hidrógeno:



Al par compartido de electrones de la molécula se le llama enlace covalente.

UNA MOLÉCULA ES UN CONGLOMERADO ELÉCTRICAMENTE NEUTRO DE DOS O MAS ÁTOMOS, UNIDOS POR PARES COMPARTIDOS DE ELECTRONES (ENLACE COVALENTE), QUE SE COMPORTA COMO UNA SOLA PARTÍCULA.

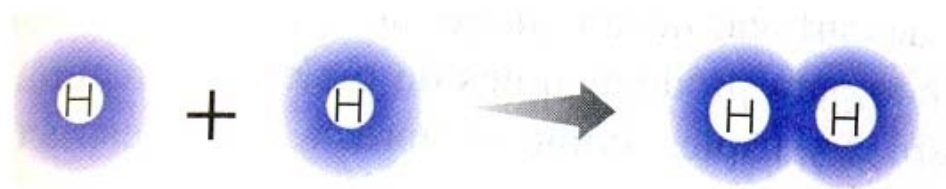


Figura 22. Enlace covalente de la molécula diatómica de hidrogeno

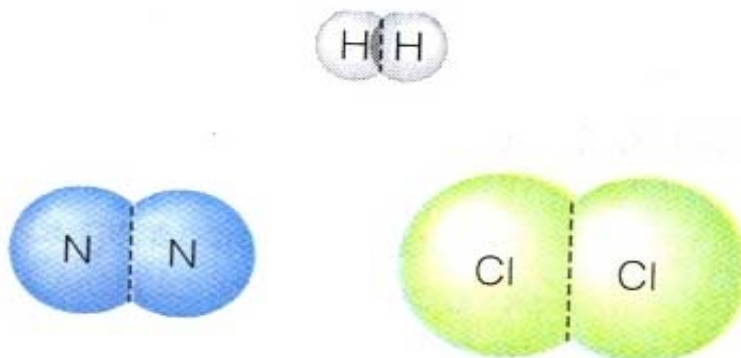


Figura 23. Enlace covalente de las moléculas diatómicas de Cloro y Nitrógeno

En los enlaces covalentes no polares (los electrones se comparten de manera equitativa entre dos átomos del mismo elemento), participan iones que se comparten por igual entre moléculas diatómicas. Ejemplos H_2 , N_2 y Cl_2

Sugerencia

Cada par electrónico se puede representar mediante un par de puntos o una línea. Un enlace doble con dos líneas.

Así, un par de electrones compartidos constituye un enlace simple, dos pares de electrones compartidos entre átomos componen un doble enlace y tres pares de electrones compartidos entre átomos es un enlace triple.

Hay un tipo adicional, muy importante de enlace químico, que se conoce como **punto de hidrógeno**, en el que participan fuerzas de atracción entre ciertas moléculas polares que contienen átomos de hidrógeno. Sin embargo, no todas las moléculas que contienen hidrógeno forman puentes de hidrógeno.

Solo las moléculas en las que el hidrogeno esta unido a uno de los elementos flúor, oxigeno o nitrógeno, de alta electronegatividad, pueden participar en la formación de puentes de hidrogeno.

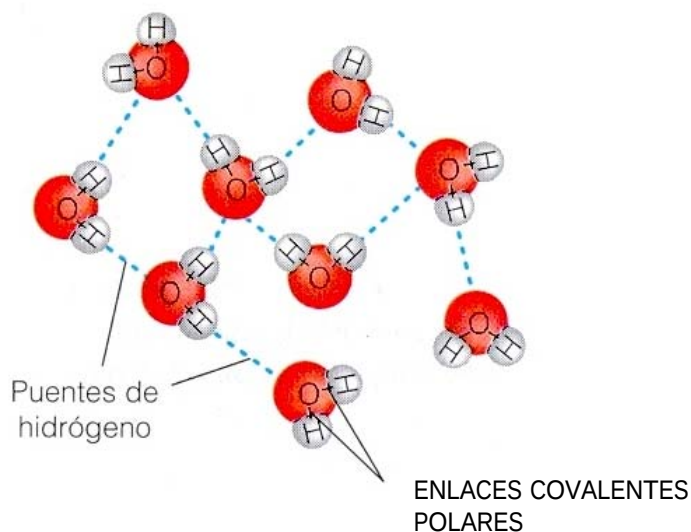


Figura 24. Puentes de hidrógeno entre moléculas de agua.

En resumen

Los enlaces químicos son las fuerzas de atracción que mantienen unidos a los átomos o iones en los compuestos químicos.

Se forman enlaces iónicos cuando se transfieren electrones y quedan cationes positivos y aniones negativos.

Para alcanzar una configuración de gas noble, los átomos metálicos se oxidan, es decir, pierden electrones y forman así cationes. En contraste, los átomos no metálicos se reducen al ganar electrones y en consecuencia forman aniones.

Los compuestos que tienen enlaces iónicos existen como sólidos cristalinos (ej. sal) a temperatura ambiente. Los que se disuelven en agua producen soluciones que conducen la corriente eléctrica, y esto se debe a los iones disociados que pueden moverse con libertad en la solución.

Una molécula en contraste, es un grupo discreto de átomos que se mantienen unidos por medio de uno o mas enlaces covalentes. Todas las moléculas son eléctricamente neutras. Los enlaces covalentes de las moléculas se forman cuando se comparten entre átomos uno o dos o tres pares de electrones, formando enlaces sencillos, dobles y triples.

Los puentes de hidrogeno son una fuerte atracción adicional entre moléculas que tienen átomos de hidrogeno unidos de manera covalente a átomos de fluor, oxigeno o nitrógeno

TEMA 4

REGLAS DE NOMENCLATURA Y NÚMEROS DE OXIDACIÓN

REGLAS GENERALES PARA NOMBRAR A LOS COMPUESTOS

Los químicos han identificado más de diez millones de compuestos. Cada compuesto tiene entonces un nombre y una estructura específica.

Hay dos clasificaciones generales de los compuestos químicos: orgánicos e inorgánicos. Aunque el carbono no es el elemento más abundante, más compuestos diferentes contienen carbono que cualquier otro elemento, excepto el hidrógeno.

El grupo de compuestos con enlaces covalentes que contienen átomos de carbono, los productos químicos derivados del petróleo, los plásticos, fibras sintéticas, carbohidratos entre otros se clasifican como **sustancias químicas orgánicas**.

Todos los demás compuestos que no contienen carbono (C), exceptuando al dióxido de carbono (CO_2) y los carbonatos (CO_3^{2-}), pertenecen a la categoría de **sustancias químicas inorgánicas**.

La Internacional Union of Pure and Applied Chemistry (**IUPAC**, Unión Internacional de Química Pura Y Aplicada) ha adoptado un sistema de nombres y fórmulas tanto para sustancias orgánicas como inorgánicas permitiendo de esta manera que se utilice un lenguaje común entre los estudiosos de estas sustancias, evitando de esta manera ambigüedades.

La nomenclatura química es este conjunto de nombres y fórmulas que se emplean para las sustancias.

Antes de iniciar con la nomenclatura recordemos que son muchos los compuestos que tienen enlaces iónicos. Para poder escribir los nombres y fórmulas de estos compuestos, es preciso familiarizarse con los nombres y fórmulas de los iones individuales (cationes y aniones respectivamente); es decir de los **iones monoatómicos**.

Los nombres de los iones positivos se derivan del nombre del elemento precedido por la palabra **ion**. Ejemplo: ion sodio (Na^+)

Los nombres de los iones negativos simples en los que interviene solo un tipo de átomo no metálico, se derivan del nombre del elemento, cambiando su terminación por **-uro** e incorporando la palabra **ion**. Ejemplo: ion cloruro (Cl^-)

En las tablas 4 y 5 puede observar los símbolos, nombres y número de oxidación de cationes, aniones comunes. Esté atento a los diferentes nombres que toman los iones, en función del estado de oxidación del elemento, principalmente en aniones poliatómicos.

Tabla 4. Símbolos y nombres de cationes comunes. **Fuente:** Burns, R. Fundamentos de Química.

Cationes 1+		Cationes 2+		Cationes 3+ y 4+	
DEL GRUPO IA		DEL GRUPO IIA		DEL GRUPO IIIA	
Hidrógeno	H ⁺	Magnesio	Mg ²⁺	Aluminio	Al ³⁺
Litio	Li ⁺	Calcio	Ca ²⁺		
Sodio	Na ⁺	Estroncio	Sr ²⁺		
Potasio	K ⁺	Bario	Ba ²⁺		
OTROS		OTROS		OTROS	
Amonio	NH ₄ ⁺	Zinc	Zn ²⁺		
Plata	Ag ⁺	Cadmio	Cd ²⁺		
Cobre(I)		Cobre(II)			
o cuproso	Cu ⁺	o cúprico	Cu ²⁺		
Mercurio(I)		Mercurio(II)			
o mercuroso	Hg ₂ ²⁺	o mercuríco	Hg ²⁺		
		Cromo(II)		Cromo (III)	
		o cromoso	Cr ²⁺	o crómico	Cr ³⁺
		Manganeso(II)		Manganeso(III)	
		o manganoso	Mn ²⁺	o mangánico	Mn ³⁺
		Hierro(II)		Hierro(III)	
		o ferroso	Fe ²⁺	o férrico	Fe ³⁺
		Cobalto(II)		Cobalto(III)	
		o cobaltoso	Co ²⁺	o cobáltico	Co ³⁺
		Níquel(II)		Níquel(III)	Ni ³⁺
		níqueloso	Ni ²⁺		
		Estaño(II)		Estaño(IV)	
		o estanoso	Sn ²⁺	o estánico	Sn ⁴⁺
		Plomo(II)		Plomo(IV)	
		o plumbos	Pb ²⁺	o plúmbico	Pb ⁴⁺

Los **iones poliatómicos** son aquellos en los que hay un conglomerado de dos o mas átomos, unidos en forma covalente, pero que poseen una carga global. Por ejemplo el ion amonio, NH₄⁺, y el ion nitrato NO₃⁻

ACTIVIDADES

GRUPALES:

Realice un cuadro resumen con las reglas de nomenclatura, según IUPAC, para asignar nombres a compuestos inorgánicos (óxidos, bases, ácidos y sales) con base a los números de oxidación de los elementos. Cite ejemplos en cada caso.

Tabla 5. Símbolos y nombres de aniones comunes (monoatómicos y poliatómicos). **Fuente:** Burns, R. Fundamentos de Química.

Aniones 1-		Aniones 2-		Aniones 3- y 4-	
Peróxido*	O_2^{2-}	Óxido	O^{2-}	Nitruro	N^{3-}
Hidruro	H^-	Sulfuro	S^{2-}	Fosfuro	P^{3-}
Fluoruro	F^-	Seleniuro	Se^{2-}	Arseniuro	As^{3-}
Cloruro	Cl^-	Teluriuro	Te^{2-}	Carburo	C^{4-}
Bromuro	Br^-				
Yoduro	I^-				
Hidróxido	OH^-				
Carbonato ácido (bicarbonato)	HCO_3^-	Carbonato	CO_3^{2-}		
Sulfato ácido (bisulfato)	HSO_4^-	Sulfato	SO_4^{2-}	Fosfato	PO_4^{3-}
Sulfito ácido (bisulfito)	HSO_3^-	Sulfito	SO_3^{2-}	Fosfito	PO_3^{3-}
Tiocianato	SCN^-	Tiosulfato	$S_2O_3^{2-}$		
Cianuro	CN^-				
Acetato	CH_3COO^- o $C_2H_3O_2^-$	Oxalato	$C_2O_4^{2-}$		
Nitrato	NO_3^-	Cromato	CrO_4^{2-}		
Nitrito	NO_2^-	Dicromato	$Cr_2O_7^{2-}$		
Permanganato	MnO_4^-				
Perclorato [†]	ClO_4^-				
Clorato [†]	ClO_3^-				
Clorito [†]	ClO_2^-				
Hipoclorito [†]	ClO^-				

NÚMEROS DE OXIDACIÓN DE LOS ÁTOMOS EN COMPUESTOS POLIATÓMICOS.

Las cargas iónicas simples y las “cargas aparentes” que se asignan a los átomos en los compuestos se llaman números de oxidación.

El **número de oxidación** es llamado también estado de oxidación, de un átomo, se puede utilizar para realizar la contabilidad electrónica, es decir contar número de electrones.

Reglas para asignar números de oxidación

1. A cualquier elemento no combinado con un elemento distinto, se le asigna un número de oxidación de cero. Ejemplos: K, Fe, H_2 , O_3
2. Para un compuesto, la suma de los números de oxidación de todos los átomos es cero
3. Para un ion poliatómico, la suma de los números de oxidación de todos los átomos es igual a la carga del ion.

4. A todos los iones monoatómicos se les asignan números de oxidación iguales a la carga que poseen sus iones. Ejemplo, el número de oxidación de un K^+ es +1
5. Cuando hay oxígeno presente en un compuesto o ion, por lo general tienen un número de oxidación de -2 (Son excepciones los peróxidos, como H_2O_2 , donde el oxígeno tienen un número de oxidación -1)
6. El hidrógeno tiene por lo común un número de oxidación de +1, excepto en los hidruros metálicos, como NaH y $LiAlH_4$, donde H tiene -1.

Tabla 6. Ácidos importantes y sus sales (iones poliatómicos)

<i>Fórmula del ácido</i>	<i>Nombre del ácido</i>	<i>Fórmula del anión</i>	<i>Nombre del anión</i>	<i>Sal representativa</i>	<i>Estado de oxidación identificado del átomo</i>
ÁCIDOS BINARIOS DE HALÓGENOS					
HF	Ácido fluorhídrico	F^-	Ion fluoruro	NaF	F = -1
HCl	Ácido clorhídrico	Cl^-	Ion cloruro	NaCl	Cl = -1
HBr	Ácido bromhídrico	Br^-	Ion bromuro	NaBr	Br = -1
HI	Ácido yodhídrico	I^-	Ion yoduro	NaI	I = -1
ÁCIDOS QUE CONTIENEN AZUFRE					
H_2SO_4	Ácido sulfúrico	SO_4^{2-}	Ion sulfato	$CaSO_4$	S = +6
H_2SO_3	Ácido sulfuroso	SO_3^{2-}	Ion sulfito	Na_2SO_3	S = +4
H_2S	Ácido sulfhídrico	S^{2-}	Ion sulfuro	Na_2S	S = -2
ÁCIDOS QUE CONTIENEN NITRÓGENO O FÓSFORO					
HNO_3	Ácido nítrico	NO_3^-	Ion nitrato	KNO_3	N = +5
HNO_2	Ácido nitroso	NO_2^-	Ion nitrito	KNO_2	N = +3
H_3PO_4	Ácido fosfórico	PO_4^{3-}	Ion fosfato	$Ca_3(PO_4)_2$	P = +5
H_3PO_3	Ácido fosforoso	HPO_3^{2-}	Ion fosfito ácido	Na_2HPO_3	P = +3
OXIÁCIDOS QUE CONTIENEN CLORO					
$HClO_4$	Ácido perclórico	ClO_4^-	Ion perclorato	$KClO_4$	Cl = +7
$HClO_3$	Ácido clórico	ClO_3^-	Ion clorato	$KClO_3$	Cl = +5
$HClO_2$	Ácido cloroso	ClO_2^-	Ion clorito	$KClO_2$	Cl = +3
$HClO$	Ácido hipocloroso	ClO^-	Ion hipoclorito	$KClO$	Cl = +1
ÁCIDOS IMPORTANTES QUE CONTIENEN CARBONO					
H_2CO_3	Ácido carbónico	HCO_3^-	Ion bicarbonato	$NaHCO_3$	C = +4
$*CH_3COOH$	Ácido acético	CH_3COO^-	Ion acetato	$NaCH_3COO$	C = 0

* La fórmula del ácido acético se escribe a menudo $HC_2H_3O_2$, y el acetato $C_2H_3O_2^-$.

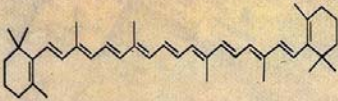
Al establecer el número de oxidación de un tipo particular de átomo en un compuesto o ion poliatómico, puede servirte de ayuda seguir estos pasos:

1. Anota los números de oxidación conocidos de los átomos que aparecen en la fórmula
2. multiplica el numero de oxidación de cada elemento por el subíndice apropiado que aparece en la fórmula. Anota estos números de oxidación totales debajo de los símbolos correspondientes en la fórmula
3. Escribe una ecuación sencilla donde la suma de todos los números de oxidación sea igual a la carga del ion, o igual a cero en el caso de un compuesto. (Emplea un símbolo para el numero de oxidación desconocido, multiplicando por el numero de átomos de ese elemento, subíndice en la fórmula,). Despeja la incógnita: el numero de oxidación faltante

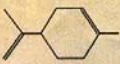
EJEMPLOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS PRESENTES EN NUESTRA VIDA COTIDIANA

Hidrocarburos

Compuestos orgánicos que sólo contienen hidrógeno y carbono. Estos son los alcanos, alquenos, alquinos.



β -Caroteno es una sustancia color naranja presente en la zanahoria. Es un hidrocarburo nutriente precursor de la vitamina A.

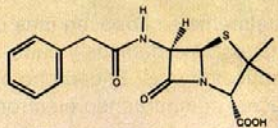


Limoneno es una esencia extraída de la piel de la naranja y del limón.



Compuestos orgánicos nitrogenados

Son compuestos que contienen enlaces carbono-nitrógeno en su estructura. El átomo de nitrógeno forma diversos grupos funcionales en los que éste puede estar unido al carbono por enlaces simples, dobles o triples. Las principales funciones son: aminas, amidas, nitros y cianuros.



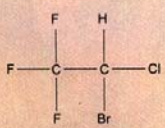
La penicilina, un antibiótico sintetizado por un hongo descubierta por el bacteriólogo Fleming en 1929, es un compuesto orgánico nitrogenado y presenta también S y O.

Familias químicas según el tipo de átomo con el que se combina el carbono

Para estudiar los compuestos orgánicos los clasificamos de acuerdo con la presencia en su estructura de otros elementos de la tabla periódica. La participación de tales elementos da origen a una función química que le confiere propiedades comunes a los compuestos que la presentan en su estructura.

Haluros de alquilo

Compuestos orgánicos que contienen enlaces carbono-halógeno.

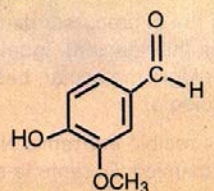


Halotano es un compuesto anestésico usado en medicina desde 1956.



Compuestos orgánicos oxigenados

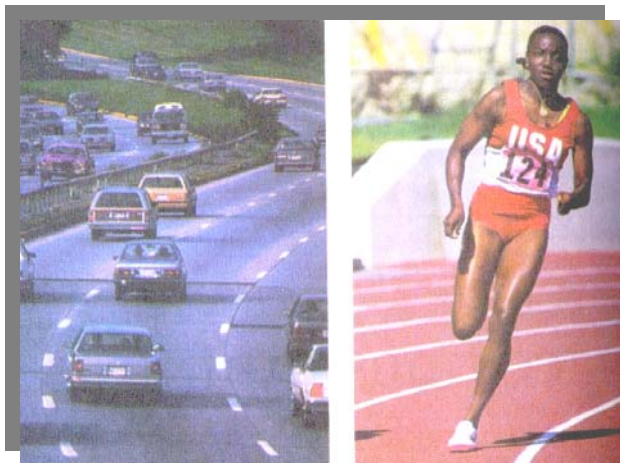
Son compuestos que contienen enlaces carbono-oxígeno. El átomo de oxígeno forma diversos grupos funcionales uniéndose al carbono mediante un enlace doble o bien mediante un enlace simple. Los principales grupos funcionales son: alcoholes, éteres, cetonas, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, anhídridos y sales.



Vanillina es una esencia usada en repostería. Es un compuesto oxigenado.

TEMA 5 LAS REACCIONES QUÍMICAS.

LOS IONES, COMPUESTOS Y MOLÉCULAS INTERVIENEN EN REACCIONES QUÍMICAS



Cuando se conduce un automóvil, la gasolina se combina en forma explosiva con el oxígeno gaseoso para dar dióxido de carbono, vapor de agua y una cantidad específica de energía (Combustión).

Durante una compleja serie de reacciones que ocurren en el interior de las células del cuerpo, la glucosa y otros carbohidratos de los alimentos, se consumen (metabolizan) al reaccionar con oxígeno y producir dióxido de carbono y vapor de agua, que se exhalan al respirar (ver la Ec. 1)

Estos dos ejemplos muestran que ciertas sustancias desaparecen y otras se producen durante las **reacciones químicas**.

Cuando se comprende lo que está ocurriendo, se encuentra que las reacciones son predecibles.

DEBEMOS SABER QUE.....

En toda reacción química **no se crean ni se destruyen átomos**, sino que se reorganizan para formar sustancias distintas. En todos los casos, la materia se conserva **y no hay cambios en la masa total**. (Ley de la conservación de la masa)

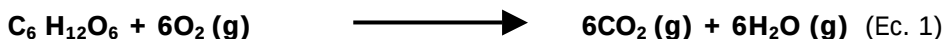
Las reacciones químicas tienen lugar cuando las sustancias sufren cambios fundamentales de identidad; una o más sustancias se consumen mientras se forman otras sustancias.

A las sustancias presentes al inicio de una reacción; es decir, los materiales de partida, se les llama reactivos, y las sustancias que produce la reacción se conocen como productos.

Las ecuaciones químicas se emplean para representar, mediante símbolos lo que sucede durante una reacción.

Los reactivos aparecen en el lado izquierdo de la ecuación, separados por el signo de adición (+). Los productos se hallan en el lado derecho de la ecuación. Una flecha ($\longrightarrow$), que se lee como "produce", separa los reactivos de los productos.

La reacción de la glucosa (un azúcar) con oxígeno gaseoso durante el metabolismo, con producción de dióxido de carbono y agua, se puede escribir como ecuación química con palabras o con símbolos (fórmulas químicas) de la siguiente manera:



En las ecuaciones químicas se usan símbolos especiales para proporcionar información específica acerca de las sustancias que intervienen, o de las condiciones de la reacción.

Se designa con una **(g)**, en seguida de la fórmula, a las sustancias que existen como gases en el momento de la reacción, como se hizo con los gases en la ecuación 1 antes mencionada. Los símbolos **(s)** y **(l)** sirven para identificar sólidos y líquidos, respectivamente.

A una sustancia que se disuelve en agua para dar lo que se conoce como solución acuosa se le puede identificar mediante el símbolo **(ac)** en la ecuación.

En ocasiones se incluye la letra mayúscula griega delta (Δ) arriba o debajo de la flecha para indicar que se requiere calor para iniciar la reacción.

En ciertos casos se agrega una sustancia para acelerar una reacción que de otra manera tendría lugar con lentitud, o podría no ocurrir. Esta sustancia, llamada **catalizador**, se muestra sobre la flecha, y no se consume durante la reacción. Las enzimas son catalizadores especiales que el cuerpo humano fabrica y utiliza, para todas y cada una de las reacciones que ocurren durante el metabolismo.



CLASIFICACIÓN DE LAS REACCIONES

La mayor parte de las reacciones químicas pueden ubicarse en una o más de las cinco categorías siguientes

1. Reacción de combustión
2. Reacción de combinación (síntesis)
3. Reacción de descomposición
4. Reacción de sustitución única
5. Reacción de doble sustitución

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

1. Realice la investigación de las características de los 5 tipos de reacciones mencionadas anteriormente y escriba la reacción general que las representa.
2. Clasifique las reacciones presentadas en la figuras 25-28 e identifique sus reactivos y productos

Ejemplos:

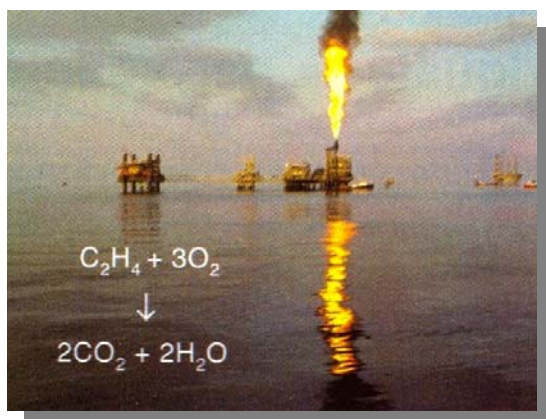
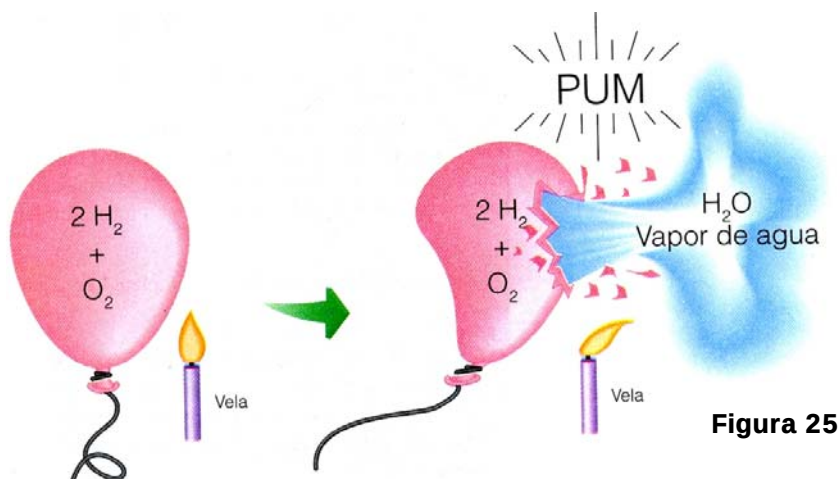
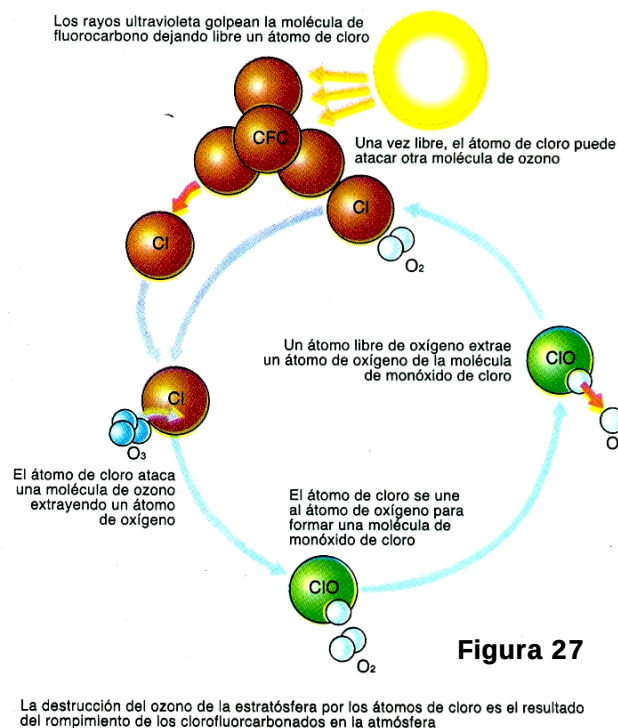
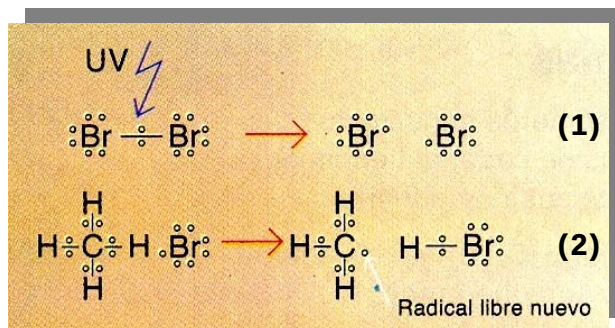


Figura 26.



REACCIONES DE OXIDO- REDUCCION.

Una vez analizado el concepto de NÚMERO DE OXIDACIÓN, se puede iniciar el estudio de las reacciones REDOX. Reacciones típicas en los ciclos biogeoquímicos y que es de suma importancia comprender antes de iniciar el estudio detallado de los ciclos.

Una de las propiedades más importantes de los elementos, es su estado de oxidación o número de oxidación. Existe una correlación definida entre los números de oxidación y los grupos en donde están localizados los elementos en la tabla periódica.

Para predecir una fórmula química simplemente se unen los elementos con número de oxidación positivo a aquellos que tienen número de oxidación negativo, sin olvidar que la suma de todos los números de oxidación en la fórmula final debe ser igual a cero, tal y como se establece en las reglas para asignar números de oxidación vistos en el tema 3.

Muchos elementos (principalmente los de transición) tienen más de un número de oxidación que hay que consultar con la tabla periódica. La condición que siempre se cumple en reacción tipo REDOX es: "Siempre que tenga lugar una oxidación, debe haber una reducción simultánea".

La reducción es lo opuesto a la oxidación; la reducción es una ganancia de electrones, es el proceso mediante el cual se adicionan electrones. Como los electrones no se destruyen en las reacciones químicas sino que sólo se transfieren, debe haber un proceso de reducción asociado con uno de oxidación.

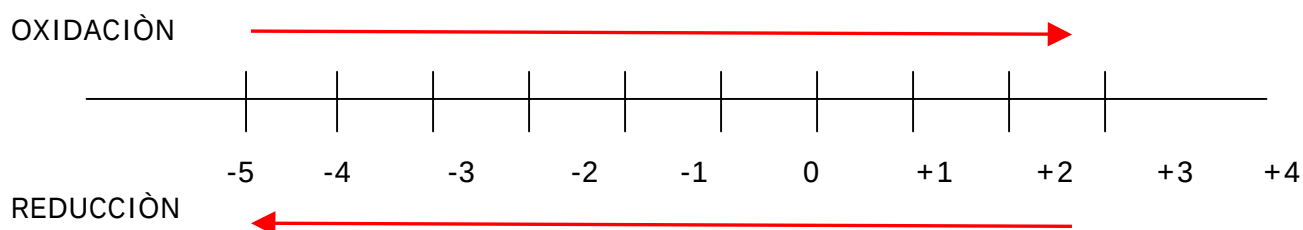
Este tipo de reacciones con transferencia de electrones también es conocida como la: REACCION DE OXIDO REDUCCION o REDOX Las reacciones redox se describen ahora en términos de ganancia o pérdida de electrones y éstas incluyen una variación en las cargas eléctricas en la especie reaccionante.

¿Qué es la oxidación y qué es la reducción?

DEFINICIONES:

OXIDACIÓN: Es un proceso en el cual uno o más electrones son perdidos por un átomo, ión o una molécula.

REDUCCIÓN: Es un proceso en el cual se adicionan electrones. Además, se dice, si el número de oxidación de un elemento disminuye en la reacción, entonces se redujo. Para observar este proceso, se empleará una escala en la determinación objetiva de la reacción química de un elemento que se ha oxidado o reducido, esto de acuerdo con el cambio observado en su número de oxidación.



Es necesario tener en cuenta que la gran mayoría de los casos, las reacciones que requieren los **elementos** como reactivos son reacciones REDOX. Así todas las reacciones de combustión (que implican al oxígeno elemental) lo mismo que muchas reacciones que implican elementos son de naturaleza REDOX, veamos un ejemplo:



En donde los números arriba de cada elemento denotan el número de oxidación. Este formato permite identificar los elementos que se oxidan (un incremento en el número de oxidación) y se reducen (un decremento en el número de oxidación).

En general, en una reacción redox, el agente oxidante acepta electrones y el agente reductor suministra los electrones. El agente oxidante SE REDUCE. El agente reductor SE OXIDA.

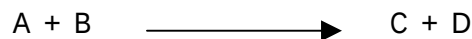
ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

Cite 5 ejemplos de reacciones REDOX e identifique la especie que se oxida (agente reductor) y la especie que se reduce (agente oxidante). Escriba la ecuación química.

REACCIONES REVERSIBLES Y EQUILIBRIO

Una reacción química reversible es la que puede proceder en cualquier dirección. La ecuación general de la reacción de A con B para producir C y D se puede escribir como



Durante la reacción inversa, las sustancias **C** y **D** reaccionan formando a **A** y **B**



Es posible escribir estas dos ecuaciones como una sola con flechas que apuntan en ambas direcciones ($\rightleftharpoons$) para indicar que la reacción es reversible



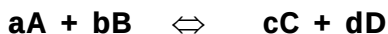
Al principio, cuando A reacciona con B, las concentraciones de A y B disminuyen mientras aumentan las concentraciones de C y D. Conforme avanza la reacción, se alcanza un punto en el que ya no es posible detectar mas cambios netos de concentración; las concentraciones de A y B, y también las de C y D, se estabilizan en valores específicos. En este punto se establece un equilibrio químico dinámico, donde la velocidad de la reacción directa se hace igual a la velocidad de la reacción inversa

Para ciertas reacciones en equilibrio, las concentraciones de los productos son mucho mayores que las de los reactivos, por lo que se dice que el equilibrio está desplazado hacia la derecha. Cuando las concentraciones de equilibrio de los reactivos son mucho mas altas que las de los productos, se dice que el equilibrio está desplazado hacia la izquierda.

Una vez que se ha alcanzado **el equilibrio**, las velocidades de las reacciones directa e inversa son iguales y las concentraciones de los reactivos y productos permanecen constantes.

EXPRESION DE LA CONSTANTE DE EQUILIBRIO

Si se conocen las concentraciones de todas las sustancias que participan en el equilibrio menos una, se puede calcular la concentración desconocida si se conoce la llamada constante de equilibrio



Se puede escribir esta la expresión de la constante de equilibrio como

$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Donde la constante K_{eq} permanece constante a una temperatura dada. De manera que hay una K_{eq} para cada temperatura.

Las letras encerradas entre corchetes, se emplean para representar las concentraciones en moles por litro (Molaridad). Las letras que aparecen como superíndices (exponentes) a, b, c, d, son los coeficientes de las sustancias representadas en la **ecuación balanceada**.

La constante de equilibrio, es igual al producto de las concentraciones de equilibrio de los productos de reacción divididos entre el producto de las concentraciones de los reactivos, cada una elevada a una potencia que corresponde a sus coeficientes en la ecuación balanceada

TEMA 6 LAS SOLUCIONES

¿Qué son las soluciones?

Hay soluciones de gases, líquidos y sólidos casi en cualquier parte. El aire es una solución de gases.

El agua que bebemos no es H_2O pura. El agua pura es una solución de composición muy variada, formada por compuestos orgánicos e inorgánicos en proporciones que dependen del lugar dónde se encuentre; por ejemplo, las aguas superficiales y de pozo suelen contener, en condiciones normales, compuestos en disolución de metales como Na, Mg, Ca, y Fe.

El término “*puro*” significa un estado en que ninguna sustancia se halle presente en concentraciones suficientes para impedir que el agua sea usada con los propósitos considerados como normales (consumo humano, hábitat de peces, irrigación, navegación u ocio) (Stoker, 1981)

Con frecuencia el agua contiene contaminantes que son de origen natural. Por ejemplo, la presencia de impurezas químicas en las aguas subterráneas tales como iones calcio y magnesio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) son normalmente de origen natural, como resultado de la disolución de estos minerales a partir de rocas del suelo.

Una solución se puede definir como una mezcla íntima y homogénea de dos o mas sustancias. Las sustancias pueden hallarse en forma de átomos o moléculas.

Los componentes de una solución reciben nombres especiales. A la sustancia que se disuelve (o que se encuentra en menor cantidad) se le llama **soluto**. El componente cuyo estado físico se conserva (o la sustancia presente en mayor cantidad) se llama **disolvente**.

Los disolventes y las soluciones que se forman no son siempre líquidos. El agua es el disolvente universal pues su estado físico se conserva cuando disuelve sustancias comunes como el azúcar de mesa, sal y alcohol etílico. Hay muchos tipos de soluciones en el que el disolvente puede encontrarse en distintos estados físicos (gaseosos, líquidos o sólidos), en la tabla 7 encontrará un resumen de los diferentes tipos de soluciones y ejemplos.

En este módulo se abordarán las soluciones acuosas (disolvente es agua)

Tabla 7. Tipos de soluciones

<i>Soluto</i>	<i>Disolvente</i>	<i>Solución</i>	<i>Ejemplo</i>
Gas	Gas	Gas	Aire (O_2 en N_2)
Gas	Líquido	Líquido	Bebidas carbonatadas (CO_2 en H_2O) Alberca de natación (Cl_2 en H_2O)
Líquido	Líquido	Líquido	Vino (etanol en H_2O) Vinagre (ácido acético en H_2O)
Líquido	Sólido	Sólido	Amalgama dental para empastes (mercurio líquido en plata sólida)
Sólido	Líquido	Líquido	Salina ($NaCl$ en H_2O) Azúcar en agua
Sólido	Sólido	Sólido	Oro de 14 kilates (Ag en Au) Acero (carbono en hierro)

La solubilidad de los compuestos iónicos

La solubilidad de un soluto en particular depende de la atracción relativa entre las partículas en las sustancias puras y las partículas en la solución.

Casi todos los compuestos de metales son muy solubles en agua. Más aun, casi todos los compuestos que contienen el ion nitrato (NO_3^-) o el ion amonio (NH_4^+) SON SOLUBLES.

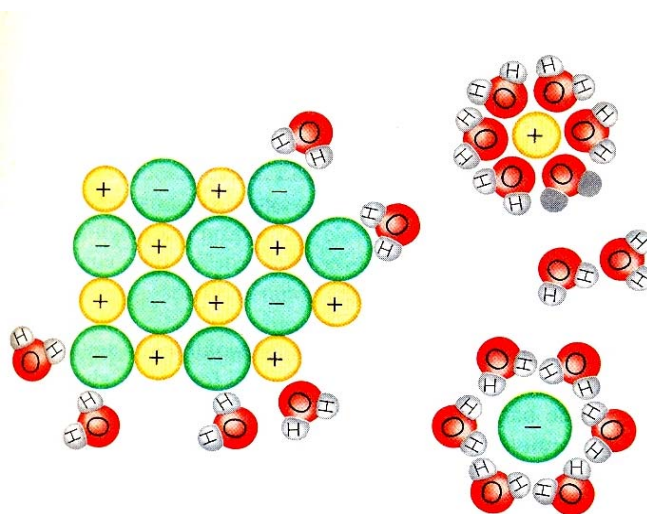


Figura 29. Proceso de Solvatación

Fundamentalmente, son tres las cosas que deben ocurrir cuando una SAL entra en solución:

1. Es preciso vencer las fuerzas de atracción que mantienen unidos los iones de la sal (positivo y negativo)
2. Es necesario superar las fuerzas de atracción que mantienen unidas a por lo menos una parte de las moléculas de agua
3. Las moléculas de soluto y de disolvente deben interactuar; es decir, deben atraerse unas a otras.

El proceso por el cual las moléculas de agua rodean a los iones del soluto se llama hidratación (Se emplea el término mas general solvatación cuando un soluto se disuelve en un líquido distinto del agua).

Muchos sólidos que contienen iones con carga doble o triple son en la practica insolubles en agua. Algunos ejemplos son el carbonato de calcio con iones Ca^{2+} y CO_3^{2-} , el fosfato de aluminio con iones Al^{3+} y PO_4^{3-} y el sulfato de bario con iones Ba^{2+} y SO_4^{2-} . Las grandes fuerzas electrostáticas entre los iones mantienen unidas las partículas a pesar de la atracción de las moléculas polares del agua.

La tabla 8 resume las solubilidades de diversos compuestos iónicos.

Tabla 8. Solubilidades de diversos compuestos iónicos.

	NO_3^-	CH_3COO^-	Cl^-	SO_4^{2-}	OH^-	S^{2-}	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}
NH_4^+	S	S	S	S	N	S	S	S
Na^+	S	S	S	S	S	S	S	S
K^+	S	S	S	S	S	S	S	S
Ba^{2+}	S	S	S	I	S	D	I	I
Ca^{2+}	S	S	S	P	P	P, D	I	I
Mg^{2+}	S	S	S	S	I	D	I	I
Cu^{2+}	S	S	S	S	I	I	I	I
Fe^{2+}	S	S	S	S	I	I	I	I
Fe^{3+}	S	N	S	P	I	D	N	I
Zn^{2+}	S	S	S	S	I	I	I	I
Pb^{2+}	S	S	P	I	I	I	I	I
Ag^+	S	P	I	I	N	I	I	I
Hg_2^{2+}	S, D	P	I	I	N	I	I	I
Hg^{2+}	S	S	S	D	N	I	N	I

* S, es soluble en agua; P, es parcialmente soluble en agua; I, es insoluble en agua; D, se descompone; N, no existe como sólido iónico.

Reglas de solubilidad para compuestos iónicos

1. Los compuestos de metales alcalinos, los nitratos y los compuestos de amonio, son solubles
2. Los hidróxidos de los metales alcalinos y ciertos metales alcalinotérreos (calcio, estroncio y bario) son solubles. Todos los demás son insolubles
3. Todos los cloruros son solubles, excepto AgCl , PbCl_2 y Hg_2Cl_2
4. Casi todos los sulfatos son solubles; son excepciones BaSO_4 , PbSO_4 y CaSO_4
5. La mayor parte de los fosfatos, carbonatos, cromatos y sulfuros, son insolubles, excepto los de los metales alcalinos.

SOLUBILIDAD DE COMPUESTOS COVALENTES

Una regla antigua pero útil afirma: “**lo similar disuelve a lo similar**”

Esta regla funciona bien para las sustancias **NO POLARES**.

Esto significa que los solutos **NO POLARES** (o muy poco polares) se disuelven mejor en disolventes **NO POLARES**, y que los solutos de alta polaridad se disuelven mejor en disolventes polares como el agua. Ejemplo, las grasas y aceites (que son NO POLARES o poco polares) se disuelven en disolventes no polares como el hexano, C_6H_{14} .

La regla de que lo similar disuelve a lo similar **no** es tan útil para las sustancias polares y, en particular, para las soluciones acuosas.

BIBLIOGRAFIA BASICA

- Burns, R. Fundamentos de Química. Prentice Hall. 2ª edición.
- Chang, R. 1992. Química. Mc. Graw Hill. 4ª edición.
- Ondarza, R. 1993. Ecología. El hombre y su ambiente. Editorial Trillas.
- Quintero V., H.; Canales, R. 2002. Ciencia, tecnología y ambiente. 2ª ed. Thomson Learning.
- Stoker, S., Spencer, L. 1981. Química ambiental: contaminación del aire y del agua. 1era edición

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- Bernar, J. 1999. Ciencias ambientales, ecología y desarrollo sustentable. 5ª edición. Parson Education.

PÁGINAS WEB

- Estudio de las reacciones de óxido-reducción (OEA). Disponible en <http://www.oei.org.co/fpciencia/art18.htm>
- Reacciones de oxido- reducción. Luisa R. Muñoz Lozano: artículo disponible en línea en http://www.esimez.ipn.mx/aca_quimi/q1pdf/Apuntes%20de%20Oxido%20Reduci%F3n..pdf

MODULO III. DESCRIPCIÓN DE LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS: AGUA, NITRÓGENO, FÓSFORO, CARBONO Y AZUFRE.

TEMA 1. CICLO DEL AGUA

Competencias:

- Valora la importancia que tiene el recurso agua para los seres vivos
- Identifica la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida.
- Conoce sobre las diferentes alteraciones, naturales y antrópicas, del ciclo del agua y sus implicaciones.
- Propone alternativas para la conservación y uso sustentable del recurso agua y para minimizar los impactos sobre el ciclo del agua.

CONTENIDO:

IMPORTANCIA DEL AGUA



El agua cubre las tres cuartas partes de la superficie de la tierra, por lo que podemos afirmar que es el líquido más común de nuestro planeta.

Figura 29. Mapamundi. Fuente: <http://www.onewayviajes.com/Mapamundi.jpg>

A primera vista, pareciera que si el planeta Tierra está formado en su mayor parte de agua, este recurso sería inagotable, sin embargo el 97% de este recurso está en los mares y no es apta para el consumo humano, la agricultura ni la industria.¹ El 3% restante es agua dulce, de la cual las tres cuartas partes están atrapadas como sólido en las capas polares de hielo y en los glaciares; el resto se halla como aguas subterráneas o en los lagos; y una pequeña cantidad (menos del 1%) circula a través de la atmósfera en la forma de humedad, lluvia o nieve, pero esta pequeña cantidad es continua y participa en un ciclo del agua que crea el fenómeno llamado clima.

En la siguiente figura, se puede apreciar de una manera esquemática, las proporciones de agua a nivel mundial

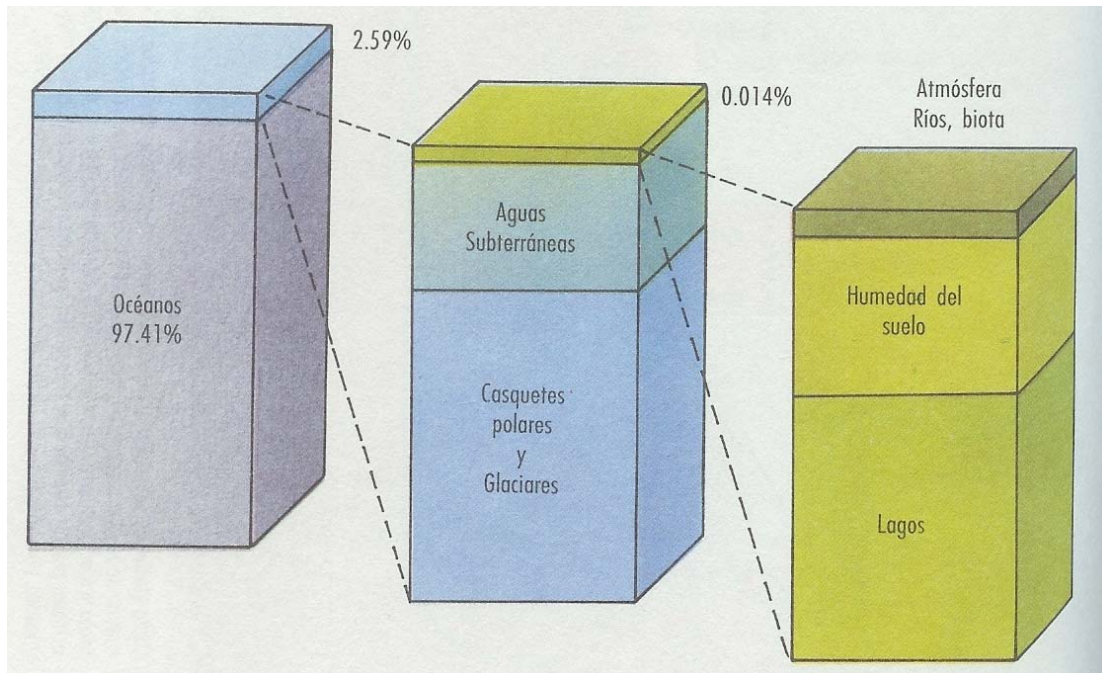


Figura 30. Partes proporcionales de las fuentes de agua mundial. La cantidad principal consiste de agua salada, representada por los océanos. El agua dulce mundial comprende menos del 3% del total; de éste, tres cuartas partes están atrapadas en las capas de hielo polar y en los glaciares, el resto se halla en las aguas subterráneas o en los lagos. La atmósfera tiene una pequeña cantidad de agua; sin embargo es de importancia vital para el clima de la tierra. Fuente: Raúl N. Ondarza, Ecología- El hombre y su ambiente, 1993. Trillas).

El agua dulce disponible se distribuye regionalmente tal como se indica en la siguiente figura, en donde se muestra la relación entre la disponibilidad de agua y la población



Figura 31. Distribución del agua dulce. Fuente: Sitio web de UNESCO-PHI (Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe). Citado en la página: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/agua2005.pdf>

La disponibilidad global de agua versus la población subraya las disparidades continentales y, en particular, la presión ejercida sobre el continente asiático, que alberga más de la mitad de la población mundial, con sólo el 36 % de los recursos hídricos del mundo.

En Latinoamérica, el 60 % de las personas tiene agua de manera intermitentemente. Sólo el 40 % obtiene el recurso permanentemente. Venezuela es uno de los países más ricos en recursos hídricos, la mayoría de los cuales se encuentran concentrados al sur del río Orinoco. El 85 % del agua superficial se produce en los estados Bolívar y Amazonas, mientras el restante 15 % se encuentra en el resto del país. Esta distribución no coincide con la ubicación espacial de la población que en su mayoría está asentada en la región norte-costera, lo cual crea problemas en la demanda del agua.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL AGUA?

La vida en este planeta comenzó en el agua y actualmente, donde quiera que encontremos agua líquida, la vida también se encuentra presente. Hay organismos unicelulares que viven en la ínfima cantidad de agua que se adhiere aun grano de arena. Algunos tipos de algas se encuentran sólo en las superficies inferiores en fusión de los témpanos de hielos polares. Ciertas bacterias pueden tolerar el agua casi hirviendo de las fuentes termales. En el desierto, las plantas cumplen un ciclo de vida completo, “de semillas a flor a semilla”, después de un único aguacero. En las selvas tropicales, el agua que se almacena en las hojas de las plantas forma un microcosmos, en el que una miríada de pequeños organismos crecen, desoven y mueren.

Las células, los espacios entre las células y la sangre están formados principalmente de agua. En nuestro cuerpo, el plasma sanguíneo, compuesto principalmente por agua, transporta gran cantidad de moléculas que se disuelven y llegan a todas las células del cuerpo.

En la siguiente figura se muestran algunos de los usos que se le da a este preciado líquido:



Figura 32. Algunos usos del agua

El agua inhibe o propaga diferentes reacciones químicas, enzimáticas o microbiológicas, aumentando o reduciendo el valor nutritivo y la calidad de los alimentos.

El 70% del cuerpo humano es agua, y aproximadamente se requiere de 1500 ml de agua diarios como mínimo, para realizar todas las funciones biológicas adecuadamente.

Las fuentes de agua para el ser humano, son:

- los líquidos que se ingieren,
- el agua contenida en los alimentos (con una proporción variable),
- el agua que se forma a través de reacciones y combustión de alimentos.

Otra importantísima función del agua, es en la **preparación de alimentos**, ya que sirve como medio para la transferencia de energía de la unidad de calentamiento al alimento, siendo muy buen conductor de calor. También permite a través de las propiedades de solución y dispersión, realizar gran cantidad de preparaciones culinarias, todas ellas con diferentes cualidades sensoriales.

El agua es el principal **agente de limpieza**. El jabón, detergentes, etc. aumentan el poder limpiador del agua. Remueve polvo, partículas y microorganismos presentes.

PROPIEDADES DEL AGUA

Para comprender por qué el agua es tan extraordinaria y cómo, en consecuencia, puede desempeñar su papel único y central, es necesario conocer cuáles son sus propiedades

El agua es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno unidos por un enlace covalente

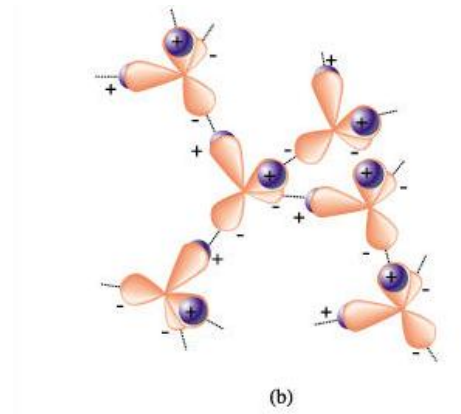
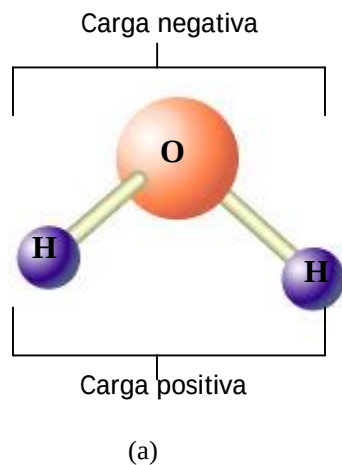


Figura 33. Molécula de agua (a) + y - se cancelan por lo que la molécula no tiene carga, (b) Como resultado de estas zonas positivas y negativas, cada molécula de agua puede formar puentes de hidrógeno

Posee un arreglo estructural particular, pues tiene un ángulo de casi 105° entre cada átomo de hidrógeno. También adquiere varias características importantes por el arreglo de cargas positivas y negativas entre el oxígeno y los dos átomos de hidrogeno. El oxígeno tienen ocho protones y el hidrogeno uno; los electrones son atraídos por las cargas positivas de los protones por lo que están mas tiempo moviéndose alrededor del oxígeno que del hidrógeno. Debido a esto, la molécula del agua adquiere una leve carga negativa cercana al oxígeno y cargas positivas en la región de los hidrógenos. Esta diferencia de carga hace que el agua adquiera polaridad. Al ser una molécula polar, el área positiva de una se juntará con la parte negativa de la otra y así sucesivamente; por tanto, el hidrogeno de una molécula de agua se unirá al oxígeno de otra mediante un **enlace de hidrógeno**, que como es muy débil, constantemente se rompe y se vuelve a formar. El enlace de hidrogeno también es importante en otros compuestos como proteínas y ADN.

Polaridad del agua

Como se menciono anteriormente, la polaridad del agua se debe a la leve diferencia en carga positiva de los hidrógenos y negativa del oxígeno. Esta diferencia permite que el agua se una a otras sustancias polares y repele a moléculas no polares.

Las moléculas que se disuelven fácilmente en agua se conocen como hidrofílicas. Las moléculas de agua, a raíz de su polaridad, excluyen activamente de la solución a las moléculas no polares. Las moléculas excluidas de la solución acuosa se conocen como hidrofóbicas.

Ejemplo:

El agua y el aceite no se unen ya que la primera es polar y la segunda es no polar

Al bañarnos las partes positivas y negativas de la molécula del agua se unen a las partes positivas y negativas de lo “sucio” y lo remueve del cuerpo. Lo mismo ocurre al lavar la ropa, solo que aquí en lo “sucio difícil”, como grasas y otras sustancias no polares, se usan detergentes y jabones que se unen a la sustancia no polar y la separan para que pueda ser arrastrada por el agua.

Capilaridad y tensión de superficie del agua

Otra característica importante del agua es la **capilaridad**, que es su capacidad de moverse por espacios extremadamente pequeños. Esta capacidad se debe a dos propiedades: la cohesión y la adhesión. Los enlaces de hidrogeno que hay entre las moléculas de agua hacen que éstas se atraigan: podemos hacer una analogía y visualizar a los enlaces de hidrogeno como pequeñas manos: con estas manos las moléculas se sostienen y pueden unirse a las moléculas que las rodean.

Ejemplo:

En un vaso con agua las moléculas están unidas unas a otras por enlaces de hidrógeno. Esto se conoce como **cohesión**, que es la atracción entre moléculas iguales. También hay un tipo de unión entre las moléculas de agua y las paredes del vaso que se denomina **adhesión**, que es la unión de moléculas distintas. Por tanto, la capilaridad de l agua es producto de la cohesión entre las moléculas de agua y la adhesión al envase en que se encuentre.

Comentarios

La capilaridad es una característica básica para las plantas: Al observar las palmas de coco nos preguntamos como sube el agua a este fruto. Las palmas no tienen un sistema circulatorio, como los vertebrados, para mover líquidos dentro de su cuerpo. Dependen de varias fuerzas para subir el agua a partes tan elevadas. Dos de estas fuerzas son la capilaridad y la transpiración

La cohesión del agua es responsable de la **tensión de superficie**: los insectos acuáticos tienen la capacidad de caminar sobre el agua pues los enlaces de hidrógeno evitan que se rompa la capa superficial

Comentarios

Otra estrategia que utilizan algunos insectos acuáticos es tener el exoesqueleto con una capa de aceite que les ayuda a mantenerse en la superficie pues repele el agua, es hidrofóbica. Algunas de estas especies han desarrollado mecanismos fantásticos para usar el oxígeno disuelto en el agua y de esta forma permanecer sumergidos en el agua. Al zambullirse, la capa hidrofóbica de aceite hace que se cree una burbuja de aire a su alrededor

Sugerencias

Si desea ampliar más sus conocimientos sobre las propiedades del agua se recomienda la lectura de la Sección 1. La unidad de la vida. Capítulo 2. Agua. Helena Curtis ; N. Sue Barnes . 2001. Biología. Editorial Médica Panamericana. España.

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

- 1.- Antes de iniciar el tema sobre la importancia del agua, realiza la lectura N° 1 titulada **“El vaso está medio vacío para 400 millones de niños y niñas del mundo”** artículo tomado del Portal del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de Venezuela.
- 2.- Escribe en tu cuaderno qué problemática plantea este artículo y cuál es la importancia que tiene el agua.

GRUPALES:

- 1.- Busca más información sobre la importancia del agua y lleva material para ser discutido en clases.
- 2.- Forma grupos de cuatro ó cinco estudiantes y discute sobre la importancia del agua (utiliza el material que llevaste a clase)
- 3.- Realiza una lista de los diferentes usos que se le dan a este preciado líquido
- 4.- Elabora una lista de propuestas y acciones para conservar el agua

COMUNITARIAS:

- 1.- Investiga en tu comunidad cuáles son las fuentes disponibles de agua (dulce y/o salada) y realiza un diagnóstico de las mismas. ¿En qué condiciones se encuentran?
- 2.- Responde las siguientes preguntas:
¿toda la población dispone de agua?

¿Qué medidas se pueden tomar para que todos tengamos acceso a este vital líquido?
 ¿La comunidad tiene conocimiento de la importancia del agua para los seres vivos y los múltiples usos que le damos?
 ¿qué pasaría si no contáramos con este preciado líquido?

CICLO DEL AGUA - DESCRIPCIÓN

La atmósfera, océanos y continentes, principales reservorios del agua, así como los ríos, las nubes y la lluvia, están en constante cambio, o dicho de otra manera, en una circulación continua:

El agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes se precipita, la lluvia se filtra por la tierra, etc. A esta serie de cambios que determinan la circulación y conservación del agua en la tierra se le llama **ciclo hidrológico, o ciclo del agua**, el cual es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad.

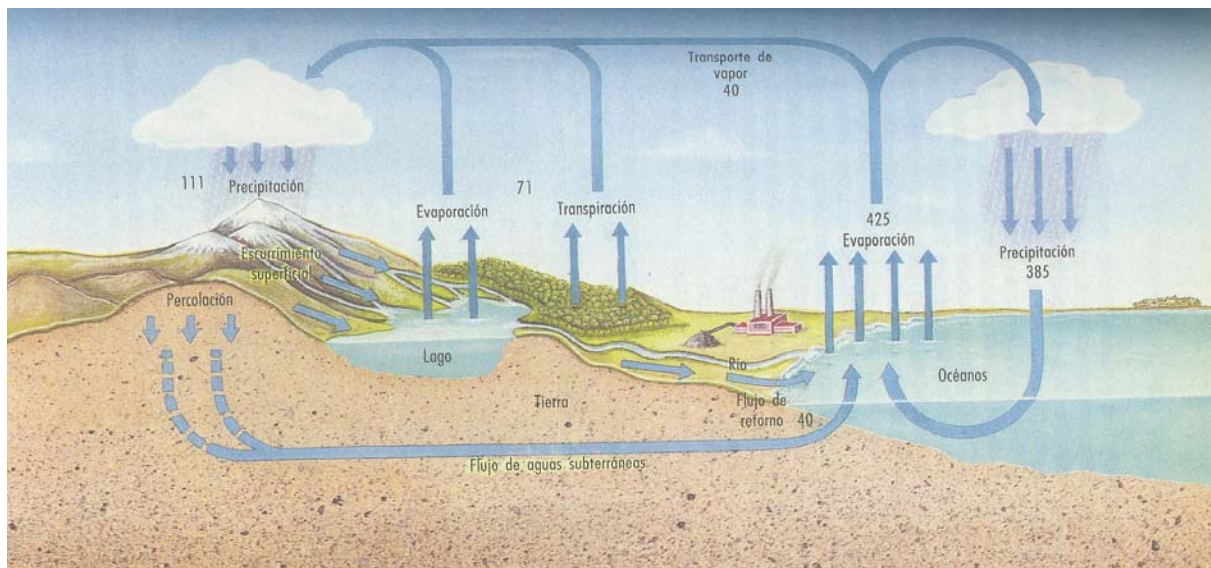


Figura 34 . Ciclo Hidrológico. Fuente: Raúl N. Ondarza, Ecología- El hombre y su ambiente, 1993. Trillas).

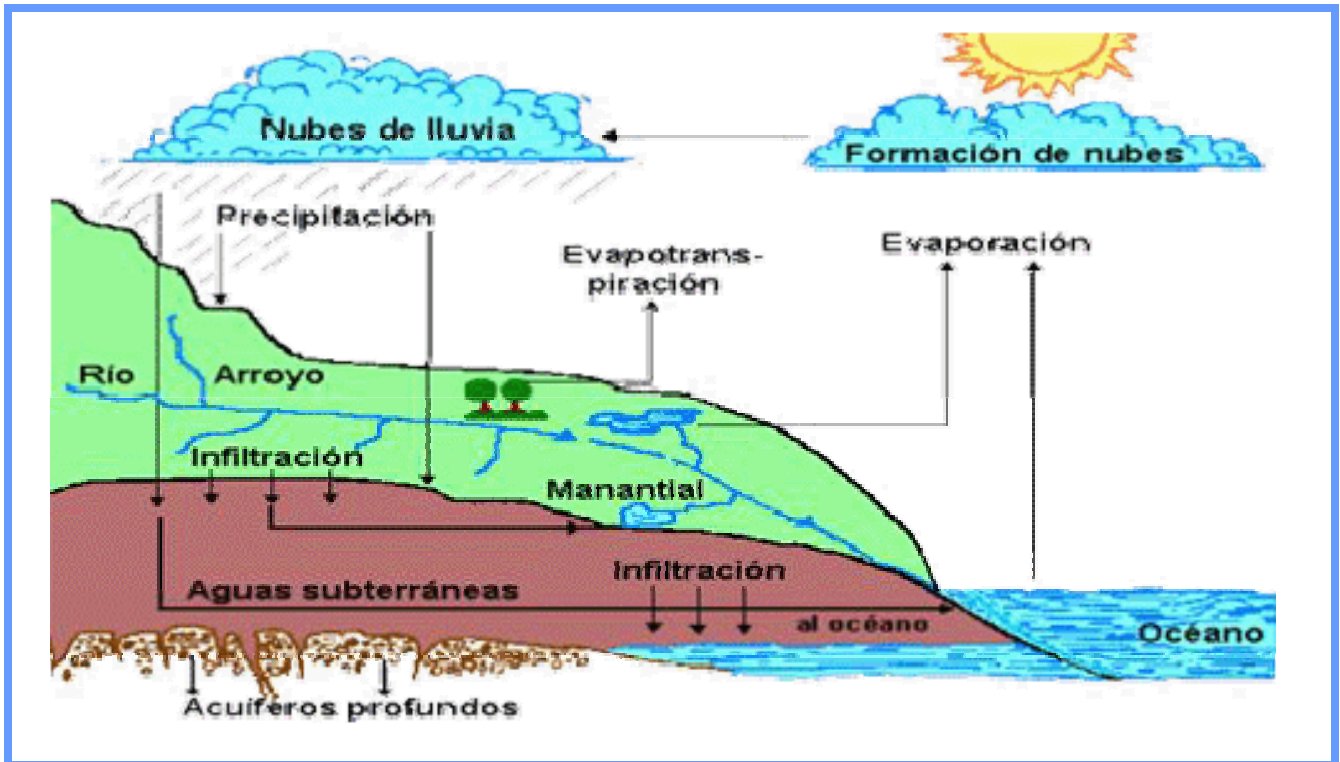


Figura 35 . Ciclo Hidrológico. Fuente: http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17438_208&ID2=DO_TOPIC

Este ciclo se formó hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años, con el agua que la tierra contenía ya en su interior en forma de vapor de agua. Siendo nuestro planeta en su origen una enorme bola en constante fusión, con cientos de volcanes activos en su superficie, el magma, cargado de gases con vapor de agua, emergió a la superficie debido a estas erupciones constantes. Así la tierra se enfrió, el vapor de agua se condensó y cayó nuevamente al suelo en forma de lluvia.

El ciclo hidrológico, como tal, se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida.

Veamos de manera detallada los distintos pasos de este proceso. **El ciclo del agua comienza con la *evaporación* del agua** desde la superficie del océano u otros cuerpos de agua superficiales como lagos y ríos. A medida que se eleva el vapor, el aire humedecido se enfría y se transforma en agua, luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar los 1000 km; a este fenómeno se le llama ***condensación***.

El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes. Cuando las gotas de agua caen por su propio peso, se presenta el fenómeno denominado ***precipitación***. Esto es, si en la atmósfera hace mucho frío, el agua se precipita en su fase sólida, es decir, como nieve o granizo, con una estructura cristalina, en el caso de la nieve, y con estructura granular, en el caso del granizo. En cambio, cuando la temperatura de la atmósfera es más bien cálida, el agua se precipita en su fase líquida, o sea, en forma de lluvia. La precipitación incluye también el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua, que es a lo que

comúnmente llamamos **rocío**, o por congelación del vapor, las famosas **heladas**, y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas, lo que podemos apreciar cuando encontramos nubes que tocan el suelo o el mar.

El agua que se precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte será aprovechada por los seres vivos. Otra, es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; una porción más se escurre por la superficie del terreno, lo que se conoce como **escorrentía superficial**, concentrándose en surcos, originando así las líneas de agua, por donde fluirá hasta llegar a un río, un lago o el océano. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. Así, los cursos de agua alimentados por capas freáticas presentan caudales más regulares.

El agua restante se **infiltra**, esto es, penetra en el interior del suelo formando capas de agua subterránea; a eso se le conoce como **percolación**.

El agua infiltrada puede volver a la atmósfera por **evapotranspiración**, o bien, puede alcanzar la profundidad de las capas freáticas. Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y en océanos y, en algún momento, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido principalmente a la **evaporación**. Por eso se dice que la cantidad total de agua que existe en la tierra (en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa), se ha mantenido constante desde la aparición de la humanidad.

El término de **evapotranspiración** se emplea cuando hablamos de la cantidad de agua que se mueve en conjunto por medio de los procesos de evaporación y transpiración. A continuación hablaremos de dichos procesos.

Al evaporarse, el agua deja atrás muchos de los elementos que la contaminan o la hacen no apta para beber (sales minerales, químicos, desechos). Por eso se dice que el ciclo del agua nos entrega un elemento puro.

Existe también otro proceso purificador del agua, y que forma parte de este ciclo, se trata de **la transpiración de las plantas**. Las raíces de las plantas absorben el agua, la cual se desplaza hacia arriba a través de los tallos o troncos, movilizandole consigo los elementos que necesita la planta para nutrirse. Al llegar a las hojas y flores, se evapora hacia el aire en forma de vapor de agua. **Este fenómeno es la transpiración.**

La **sublimación**, definida como el paso directo del agua sólida a vapor de agua, es otro medio por el cual el agua se mueve dentro del ciclo. Sin embargo, la cantidad de agua movida por este fenómeno es insignificante en relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina **evapotranspiración**.

La energía solar es la fuente de energía térmica necesaria para el paso del agua desde las fases líquida y sólida a la fase de vapor, y también es el origen de las circulaciones atmosféricas que transportan el vapor de agua y mueven las nubes. La fuerza de gravedad da lugar a la precipitación y al escurrimiento.

El calentamiento de las regiones tropicales debido a la radiación solar provoca la evaporación continua del agua de los océanos, la cual es transportada bajo forma de vapor de agua por la circulación general de la atmósfera, a otras regiones.

Durante la transferencia, parte del vapor de agua se condensa debido al enfriamiento y forma nubes que originan la precipitación. El regreso a las regiones de origen resulta de la acción combinada del escurrimiento proveniente de los ríos y de las corrientes marinas.

El ciclo hidrológico puede ser visto, en una escala planetaria, como un gigantesco sistema de destilación, extendido por todo el planeta. Además, el ciclo hidrológico es un agente modelador de la corteza terrestre debido a la erosión y al transporte y deposición de sedimentos por vía hidráulica, condicionando así la cobertura vegetal y, de una forma más general, la vida en la tierra.

ALTERACIONES POR VÍA NATURAL Y ANTRÓPICA DEL CICLO DEL AGUA

¿Qué es la contaminación del agua?

Incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

La fragilidad del medio acuático deriva, entre otras razones, de su elevado poder disolvente para una amplia gama de productos de desecho, a la vez que es un vehículo excelente para la evacuación de materiales de muy diversa índole, tanto en estado sólido como en líquido o gaseoso, bien sea en suspensión, disolución o flotación.

Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas, se convierten en el medio a través del cual se realiza el drenaje de restos de la degradación del medio, ocasionados bien por causas naturales, como son los productos de la erosión o la disolución de materiales de la corteza terrestre; por la descomposición de los seres vivos, o por causas antropogénicas como producto de las actividades humanas.

Las aguas superficiales son los colectores de multitud de sustancias procedentes de la superficie o incluso de las aguas subálveas; muchas de estas materias se degradan en el propio medio acuático, pero otras son transportadas hasta la desembocadura sin experimentar modificaciones sustanciales en su composición. De esta forma, en definitiva, el mar y en menor medida los lagos o embalses se convierten en depósitos de contaminantes de naturaleza diversa.

Todo ello significa, por tanto, una interferencia en el ciclo hidrológico que puede realizarse de diversas formas, que implican a corto o largo plazo una alteración del comportamiento del sistema hídrico, y afectan tanto a la calidad como a la cantidad de los recursos disponibles. Las obras hidráulicas construidas para llevar a cabo la regulación de caudales, las extracciones de aguas subálveas, los vertidos en los cauces, etc., son ejemplos de acciones directas; mientras que los cambios de uso del suelo, la urbanización, el cultivo de nuevas superficies, etc., son

acciones que indirectamente intervienen, asimismo, en el ciclo hidrológico por cuanto afectan a la dinámica del agua en la corteza terrestre.

Las consecuencias de la degradación del medio acuático se manifiestan fundamentalmente de dos formas: pérdida de la calidad intrínseca o natural y la disminución o agotamiento de los recursos. Los resultados son semejantes, puesto que en ambos casos pueden provocar un déficit de los caudales disponibles.

ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES

La contaminación de las aguas tiene fundamentalmente dos orígenes y una importancia muy desigual: natural y antropogénico. Existe una gran diferencia entre los impactos originados por una u otra causa, puesto que la primera es básicamente puntual y episódica, mientras que la contaminación de origen agrícola, industrial o urbano es más persistente en el tiempo, más intensa en sus manifestaciones y, en muchos casos, peligrosa para los organismos vivos.

Contaminación natural

Teniendo en cuenta que el agua superficial y subterránea procede en su totalidad de la condensación del agua atmosférica, los agentes que contaminan el aire pueden actuar asimismo contaminando las aguas de precipitación. De esta forma, el origen primero de la contaminación acuática se sitúa en el arrastre por parte de las gotas de lluvia o los cristales de hielo de partículas sólidas o gases existentes en la atmósfera.

Estas partículas tienen dimensiones muy variables, oscilando generalmente entre 0,1 y 10 micras, y permanecen en la atmósfera en suspensión hasta que se incorporan a las gotas de lluvia y caen al suelo. Su composición es muy diversa debido a su origen, que es asimismo muy heterogéneo. Las más abundantes tienen procedencia local y están constituidas por los productos de la erosión eólica, es decir, nubes de polvo que se elevan y permanecen en suspensión para caer posteriormente; además aparecen el polen, esporas y restos de organismos, a los que se suma una gran variedad de productos originados por las actividades humanas, como las partículas incorporadas a los efluentes gaseosos en determinadas industrias. Ocasionalmente, en condiciones atmosféricas muy concretas, las partículas viajan arrastradas por las corrientes de la alta troposfera y precipitan en regiones muy alejadas de aquellas en las que el viento provocó su ascenso a la atmósfera.

Origen antropogénico

Los subproductos originados por las actividades humanas son la principal fuente de contaminación de las aguas, tanto continentales como marinas. Como se ha dicho, el agua es el vehículo de transporte de gran parte de los productos de desecho, que se vierten a los cauces directamente o después de un proceso de depuración. En otros casos, el lixiviado producido por las aguas pluviales arrastra sustancias nocivas hasta los acuíferos, con lo que se produce la contaminación de las aguas subterráneas. Finalmente, la carga contaminante no degradada por los sistemas de autodepuración de las corrientes de agua, llega al mar afectando a la masa marítima.

Entre las causas inmediatas de contaminación de las aguas por este tipo de actividades, pueden señalarse las siguientes:

a) *Vertidos de aguas residuales urbanas.* Si el vertido se lleva a cabo en cauces con caudales escasos o intermitentes, la contaminación se potencia y afecta tanto a los ríos como a los acuíferos. En los núcleos urbanos costeros, los colectores vierten con frecuencia caudales sin depurar a distancias y profundidades variables, o directamente al mismo mar, que se convierte así en receptor último de todo tipo de materias contaminantes. La industria utiliza asimismo el agua como vehículo de descarga de multitud de sustancias de desecho procedentes de las actividades de transformación, con lo que los vertidos se convierten en un elemento decisivo frente a la degradación de los ríos.

El problema es distinto según que el vertido vaya a parar a un acuífero o a una corriente superficial. En el primer caso, hay que tener en cuenta que los efectos requieren cierto tiempo para manifestarse debido a la lentitud de circulación del agua subálvea, por lo que cuando aparece el problema, la causa puede estar lejos en el espacio y el tiempo, e incluso puede ser que haya desaparecido.

b) *Vertederos.* Otra de las fuentes de contaminación consiste en los lixiviados que tienen lugar en los vertederos de residuos, tanto los urbanos como los industriales o agrarios. La heterogeneidad de los componentes de estos desechos y el alto contenido en materia orgánica que pueden contener muchos de ellos, origina una descomposición, cuyos subproductos pueden afectar a las aguas superficiales y a las subterráneas si no se dan las condiciones previas de impermeabilización completa del terreno. Otra forma de contaminación que suele darse con el vertido de residuos dentro de pozos, que no siempre reúnen las condiciones idóneas para recibir los productos de desecho, por lo que pueden ser causas de contaminación de acuíferos.

c) *Productos agrarios.* Las explotaciones agrarias actuales están orientadas hacia una producción intensiva y precisan, para forzar los rendimientos de grandes cantidades de agua para riego, de elevadas dosis de fertilizantes y del uso de productos fitosanitarios. Todo ello significa, en primer lugar, la necesidad de disponer de caudales suficientes que se obtienen de los acuíferos cuando no existen suficientes recursos superficiales; en segundo lugar, se produce la incorporación al suelo y a las aguas subálveas de una gran variedad de productos utilizados en la explotación procedentes de la aplicación de altas dosis de abonado, tratamientos fitosanitarios y herbicidas abundantes, utilización de aguas elevadas procedentes de pozos próximos al mar y mantenimiento de una ganadería intensiva y localizada.

d) *Fugas en conducciones y depósitos.* Esta circunstancia puede producirse tanto en conducciones de aguas residuales urbanas como en conductos utilizados por la industria, pero adquiere dimensiones particularmente graves por la frecuencia con que tiene lugar y por sus consecuencias, cuando los vertidos son productos petrolíferos. Causas accidentales, provocadas por rotura de conducciones, vertidos, deficiencias en los tanques de almacenamiento, etc., convierten a estos hechos en uno de los más graves problemas de contaminación acuática que pueden darse, y que son relativamente frecuentes en las áreas donde existen plantas de tratamiento o transformación de petróleo, almacenamiento, terminales de transporte marítimo, etc.

A todas estas causas hay que añadir los vertidos a la atmósfera que ocasionan la lluvia ácida, un problema que reviste especial gravedad en determinados espacios ricos en vegetación.

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

1.- Elabora una lista de los distintos contaminantes que tu generas diariamente (utiliza tu imaginación y trata de enumerar mas de 10 cosas, que contaminen del agua)

GRUPALES:

1.- Escoge una de las formas de contaminación del agua y mediante una actividad lúdica, explica a tus compañeros, como se ve afectado el ciclo del agua y sus incidencias sobre la biosfera.

2.- Realiza un cuadro, en donde expongas el tipo de contaminante del agua, sus implicaciones o consecuencias y las propuestas para minimizar o eliminar los daños que se generan.

COMUNITARIAS:

Realiza en tu comunidad un taller, exposición, juego, obra de teatro u otros, en donde expliques cómo mediante nuestras acciones podemos contaminar el agua y que implicaciones tienen estas acciones sobre la comunidad.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- Ondarza, Raúl N. 1993. Ecología- El hombre y su ambiente. Editorial Trillas. México.
- Curtis, Helena. Barnes Sue H. 2001. Biología. Sexta edición. Editorial Médica Panamericana, S.A. Buenos Aires.
- Burns, Ralph. Fundamentos de química. Segunda edición. Editorial Prentice Hall.
- Capó M., Miguel. 2002. Principios de ecotoxicología. Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España. España.
- Schlessinger, William H. 2000. Biogeoquímica un análisis del cambio global. Editorial Ariel, S.A. Barcelona.
- Sutton, D.; Harmon, N. Paul. 2004. Fundamentos de ecología. Editorial Limusa, S.A. México.
- Tyller Millar, G. Jr. 1994. Ecología y Medio ambiente. Grupo editorial Iberoamericana. México.

PAGINAS WEB:

- Sánchez San Román, Francisco Javier. Hidrología - Hidrogeología. Departamento de Geología . Universidad de Salamanca (España)
- <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T020.pdf>
- Ciclo Hidrológico. <http://www.esval.cl/Educacion/Ciclo.html>
- Ciclo Hidrológico. http://www.ceaqueretaro.gob.mx/Ciclo_index/ciclodelagua

Ciclo del agua. http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17438_208&ID2=DO_TOPIC

TEMA 2. CICLO DEL CARBONO

COMPETENCIAS

- Valora la importancia del ciclo del carbono como fuente de nutrientes necesarios para la vida
- Conoce todos los procesos involucrados en el Ciclo del Carbono
- Analiza las consecuencias de las actividades antrópicas sobre el ciclo del carbono y sus efectos sobre la biosfera

CONTENIDOS:

IMPORTANCIA

El carbono es la unidad básica de construcción de la materia orgánica que constituye los tejidos de los seres vivos. Los sistemas vivos incorporan gracias a la fotosíntesis parte del dióxido de carbono presente en la atmósfera y lo convierten en compuestos orgánicos. Estos compuestos se degradan nuevamente por la respiración celular en dióxido de carbono y agua (Schlesinger 2000).

Parte de los carbohidratos producidos en la fotosíntesis son usados por los propios organismos fotosintetizadores ya que las plantas consumen carbohidratos y como consecuencia del proceso respiratorio liberan dióxido de carbono desde sus raíces al suelo y desde sus hojas a la atmósfera. Otra parte de los carbohidratos es utilizada por los animales que se alimentan de plantas vivas y de algas.

Las geosferas participantes en el ciclo son: atmósfera, litosfera, hidrosfera y biosfera.

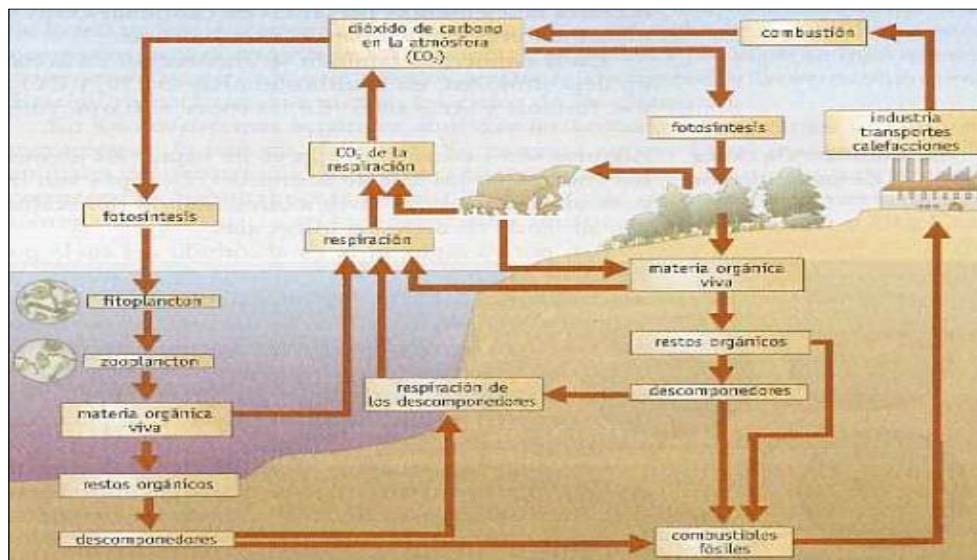


El principal reservorio de carbono es la litosfera debido a los yacimientos de petróleo y carbono que se encuentran debajo de la superficie terrestre.

Por el contrario, el dióxido de carbono se encuentra en la atmósfera en muy baja proporción (0,03 %) del total de gases. Sin embargo tiene una función importante ya que este gas a diferencia de los otros componentes de la atmósfera, absorbe calor de los rayos solares.

DESCRIPCIÓN DEL CICLO DEL CARBONO

En la figura 36 se representa gráficamente el ciclo del carbono:



Fi

gura 36. Ciclo del Carbono

Los procesos implicados en el ciclo del carbono son:

1) **respiración:** Es la etapa que requiere oxígeno en la degradación y la liberación de energía a partir de moléculas de combustible (Curtis 2001). Es la oxidación de los productos finales de la glucólisis con almacenamiento de mucha energía en el ATP (Purves 2001).

2) **fotosíntesis:** Es la conversión de energía luminosa en energía química que tienen lugar en los cloroplastos de las células eucarióticas (algas y plantas) o en los tilacoides y el protoplasma de las células procarióticas (Curtis 2001). Procesos metabólicos llevados a cabo por las plantas verdes por las cuales la luz visible es atrapada y se utiliza la energía para sintetizar compuestos como ATP y glucosa (Purves 2001).

3) **combustión:** La reacción de combustión se basa en la reacción química exotérmica de una sustancia (o una mezcla de ellas) denominada *combustible*, con el oxígeno. Como consecuencia de la reacción de combustión se tiene la formación de una llama. Dicha llama es una masa gaseosa incandescente que emite luz y calor.

<http://www.fi.uba.ar/materias/6730/Tomo1Unidad1.pdf>.

4) **meteorización:** Es el proceso de alteración, degradación, desintegración, descomposición o desgaste (físico o químico) de los materiales que se encuentran a la intemperie, dando origen a

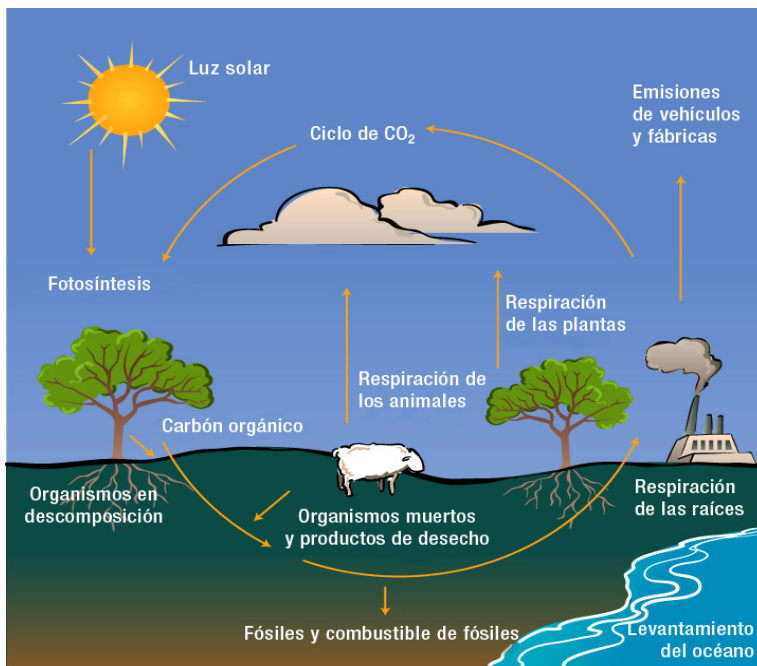
partículas muy pequeñas (materiales sueltos) que se conocen con el nombre de sedimentos.
<http://cenamec.org.ve/html/herramientas/actividades/act04.htm>.

5) disolución: Son mezclas homogéneas, es decir, que las sustancias que la conforman ocupan una sola fase, y presentan una distribución regular de sus propiedades físicas y químicas, por lo tanto al dividir la disolución en n partes iguales o distintas, cada una de las porciones arrojará las mismas propiedades físicas y químicas.
<http://www.monografias.com/trabajos11/modisol/modisol.shtml#CARACT>.

6) sedimentación: Es el proceso mediante el cual se mezclan con el agua partículas desprendidas del terreno, partículas de superficies pavimentadas y partículas de desechos de actividades humanas; y su deposición en los cuerpos de agua y estructuras relacionadas.
<http://www.gobierno.pr/DRNA/ZonaCostanera/Erosion/DefinicionErosion.htm>.

7) asimilación: Es la conversión de nutrientes dentro de los tejidos vivos. Metabolismo constructivo.
<http://www.thefreedictionary.com>

A continuación se presenta una breve descripción del Ciclo del Carbono:



El carbono es un elemento. Forma parte de los océanos, del aire, las rocas, suelos y seres vivos. El carbono no permanece en un mismo lugar. ¡Siempre está en movimiento!

- **El carbono va de la atmósfera hacia las plantas.**

En la atmósfera, el carbono es parte del oxígeno en forma de un gas llamado bióxido de carbono (CO₂). Con ayuda del Sol, mediante el proceso conocido como fotosíntesis, el bióxido de carbono es extraído del aire y se convierte en alimento para las plantas en forma de carbohidratos.

- **El carbono va de las plantas a los animales.**

Mediante las cadenas alimentarias, el carbono de

las plantas va hacia los animales que se alimentan de ellas. Los animales que se alimentan de otros animales también obtienen el carbono a través de ellos.

- **El carbono va desde plantas hacia animales y hacia el suelo..**

Cuando una planta muere. con la ayuda de madera y hojas. el carbono en ellas se

descompone en el suelo. Parte de la materia descompuesta queda enterrada y, tras millones y millones de años, se convierte en combustible fósil.

- **El carbono va desde los seres vivos hacia la atmósfera.**

Cada vez que exhalas, estás liberando gas de bióxido de carbono (CO_2) hacia la atmósfera. Los animales y las plantas deshacen del gas de bióxido de carbono mediante el proceso conocido como respiración.

- Cuando el combustible es quemado, el carbono en forma de combustible fósil va hacia la atmósfera.

Cuando los seres humanos queman combustible fósil para dar energía a sus fábricas, plantas eléctricas, automóviles y camiones, la mayoría del carbono penetra la atmósfera rápidamente en forma gas bióxido de carbono. Cada año, cinco mil quinientos millones de toneladas de carbón son liberadas en forma de combustible de fósiles quemados. Esto equivale al peso de ¡100 millones de elefantes africanos!. De la gran cantidad de carbono que liberan los combustibles, 3.3 mil millones de toneladas penetran la atmósfera, y la mayoría del resto queda disuelta en el [agua de mar](#).

- **El carbono se mueve desde la atmósfera hacia los océanos.**

Los océanos y otros cuerpos de agua absorben algo del carbón de la atmósfera. El carbono se disuelve en el agua. [Los animales marinos](#) usan al carbono para crear el material de sus esqueletos y caparazones.

El bióxido de carbono es un gas invernadero que atrapa al calor que hay dentro de la atmósfera. Sin este y otros gases invernadero, la Tierra sería un lugar helado. Pero los seres humanos han quemado tanto combustible que hay aproximadamente 30% más bióxido de carbono en el aire de hoy que hace 150 años. De acuerdo a la información obtenida de las capas de hielo, la atmósfera no había contenido una cantidad tal de carbono desde hace aproximadamente 420 000 años. El reciente aumento en los gases invernadero en nuestra atmósfera, como el bióxido de carbono, está haciendo que nuestro planeta se [caliente](#) más.

Fuente: http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Water/co2_cycle.sp.html

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES

1-Señale en que parte de la estructura de los seres vivos está presente el carbono

2- Realice una lista de las formas en que está presente el carbono en los seres vivos. Revise la sección de la guía correspondiente a **“macromoléculas biológicas”**

3- Señale en que formas es utilizado el carbono por los seres vivos:

- a) productores primarios
- b) consumidores primarios
- c) consumidores secundarios
- d) consumidores terciarios
- e) detritívoros
- f) descomponedores
- g) omnívoros (ser humano)

ALTERACIONES DEL CICLO DEL CARBONO POR CAUSAS ANTRÓPICAS

A través de la quema de combustibles fósiles y otras actividades los seres humanos hemos alterado el ciclo global del carbono produciendo un aumento de dióxido de carbono atmosférico hasta niveles que no se habían dado durante la historia evolutiva de la mayoría de las especies que viven en el planeta (Schlesinger 2000). Según Mihelcic (2002) la liberación de dióxido de carbono por la combustión de combustibles fósiles (un tipo de respiración cultural) es de interés debido a su contribución potencial a los cambios del clima mundial (efecto invernadero y calentamiento global).

Desde 1850 la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha ido creciendo de modo cada vez más alarmante debido a nuestra irresponsabilidad en el empleo de los recursos naturales: el uso a gran escala de combustibles fósiles y leña, la roturación de las áreas boscosas y selváticas han producido una duplicación de la concentración de dióxido de carbono. Este aumento acarreará inevitablemente un aumento significativo de las temperaturas medias de la atmósfera dentro de los próximos 10 años. Se calcula que para el año 2040 habrá un aumento promedio anual de aproximadamente 2°C y para 2100 un aumento promedio anual de 5°C . Las consecuencias que estos inciertos incrementos en la temperatura pueden generar tanto sobre las características físicas de la superficie del planeta como sobre la fauna y la flora son aún poco claras. En algunas partes del mundo pueden alargarse las estaciones de crecimiento y aumentar las precipitaciones y en conjugación con el aumento en los niveles del dióxido de carbono disponible para las plantas, haber más productividad agrícola. En otras partes del mundo, sin embargo, se precisa que las precipitaciones se reducirán significativamente disminuyendo los rendimientos de los cultivos; en tanto que en las áreas ya áridas se acelerará la expansión de los desiertos. La mayoría de los biólogos están ciertamente preocupados porque aunque no se conocen bien las consecuencias para nosotros o para otros organismos es claro que este cambio tendrá un efecto negativo sobre la vida en la tierra y sobre nosotros mismos (Suplee 1998).

ACTIVIDADES

GRUPALES:

1- Según lo explicado anteriormente y según la siguiente lectura realice un ensayo (grupos de 3) de máximo 1 página sobre los efectos del incremento antrópico de dióxido de carbono en la atmósfera, haciendo énfasis en los efectos sobre la salud y las actividades (económicas, sociales, etc.) de los seres humanos.

El efecto invernadero

La troposfera es la parte baja de la atmósfera, de 10 a 15 kilómetros de ancho. Dentro de la troposfera hay gases llamados gases invernadero. Cuando la luz del sol alcanza La Tierra, una parte es transformada en calor. Los gases invernadero absorben parte del calor y lo retienen cerca de la superficie terrestre, de forma que La Tierra se calienta. Este proceso, comúnmente conocido como efecto invernadero, fue descubierto hace muchos años y fue más tarde confirmado por medio de experimentos de laboratorio y medidas atmosféricas. La vida tal y como la conocemos existe únicamente gracias a este efecto invernadero natural, porque este proceso regula la temperatura de La Tierra. Cuando el efecto invernadero no exista, toda La Tierra se cubrirá de hielo. La cantidad de calor retenida en la troposfera determina la temperatura de La Tierra. La cantidad de calor en la troposfera depende de las concentraciones de los gases invernadero y de la cantidad de tiempo que estos gases permanecen en la atmósfera. Los gases invernadero más importantes son dióxido de carbono, CFCs (Cloro Fluoro Carbonos), óxidos de nitrógeno y metano.

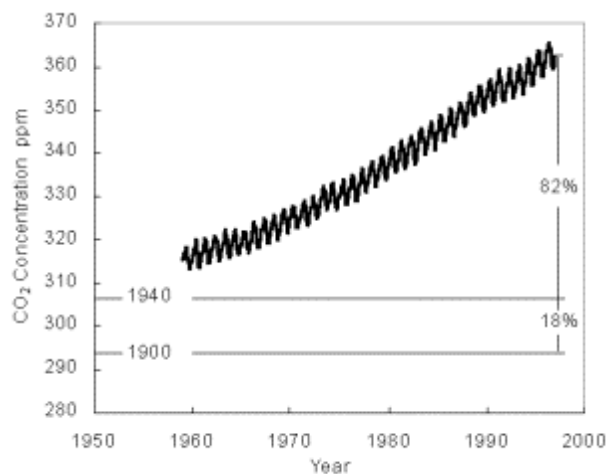
Desde el inicio de la revolución industrial en 1850, los procesos humanos han estado provocando emisiones de gases invernadero, tales como CFCs y dióxido de carbono. Esto ha causado un problema ambiental: la cantidad de gases invernadero ha aumentado tanto, que el clima terrestre está cambiando porque las temperaturas están aumentando. Esta adición anti-natural al efecto invernadero es conocida como calentamiento global. Se sospecha que el calentamiento global puede provocar un aumento de la actividad de las tormentas, derretimiento de las placas de hielo de los polos, lo que provocará inundaciones en los continentes habitados, y otros problemas ambientales.

Junto con el hidrógeno, el dióxido de carbono es el principal gas invernadero. Sin embargo, el hidrógeno no es emitido durante los procesos industriales. Los humanos no contribuimos a la variación de la cantidad de hidrógeno en el aire, ésta cambia solo naturalmente durante el ciclo hidrológico, y como resultado no constituye una causa del calentamiento global. El incremento de las emisiones de dióxido de carbono provoca alrededor del 50-60% del calentamiento global. Las emisiones de dióxido de carbono han aumentado de 280 ppm en 1850 a 364 ppm en los 90.

En el párrafo anterior se han mencionado diversas actividades humanas que contribuyen a la emisión de dióxido de carbono gaseoso. De esas actividades la combustión de combustibles fósiles para la generación de energía provoca alrededor del 70-75% de las emisiones de dióxido de carbono. El resto del 20-25% de las emisiones son provocadas por las emisiones de los tubos de escape de los vehículos. La mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono derivan de procesos industriales en países desarrollados, tales como los Estados Unidos y Europa. Sin embargo, las emisiones de dióxido de carbono de los países desarrollados están aumentando. En este siglo se prevé que las emisiones de dióxido de

carbono se dupliquen y se prevé que continuarán aumentando y que posteriormente causarán problemas. El dióxido de carbono permanece en la troposfera durante 50 a 200 años.

La primera persona que predijo que las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la combustión de combustibles fósiles y otros procesos de combustión provocarían un calentamiento global fue Svante Arrhenius, que publicó el estudio "Sobre la influencia en la temperatura del suelo del ácido carbónico en el aire" en 1896. A principios de 1930 se confirmó que el dióxido de carbono atmosférico estaba realmente aumentando. A finales de los 50, cuando se desarrollaron técnicas de medida altamente precisas, se encontró aún mas confirmación. En los 90, la teoría del calentamiento global fue ampliamente aceptada, aunque no por todo el mundo. Todavía se discute el que el calentamiento global esté realmente causado por el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera.



Elevación de las concentraciones de dióxido de carbono en el aire en las décadas pasadas

El tratado de Kyoto

Los líderes mundiales se reunieron en Kyoto, Japón, en Diciembre de 1997 para considerar un tratado mundial que restringiera las emisiones de los gases invernadero, principalmente del dióxido de carbono, que se supone que causan el calentamiento global. Desafortunadamente, mientras que los tratados de Kyoto han estado funcionando por un tiempo, América está ahora intentando evadirlos.

El dióxido de carbono y la salud

El dióxido de carbono es esencial para la respiración interna en el cuerpo humano. La respiración interna es un proceso por el cual el oxígeno es transportado a los tejidos corporales y el dióxido de carbono es tomado de ellos y transportado al exterior. El dióxido de carbono es un guardián del pH de la sangre, lo cual es esencial para sobrevivir. El sistema regulador en el cual el dióxido de carbono juega un papel importante es el llamado

tampón carbonato. Consiste en iones bicarbonato y dióxido de carbono disuelto, con ácido carbónico. El ácido carbónico neutraliza los iones hidroxilo, lo que hará aumentar el pH de la sangre cuando sea añadido. El ión bicarbonato neutraliza los protones, lo que provocará una disminución del pH de la sangre cuando sea añadido. Tanto el incremento como la disminución del pH son una amenaza para la vida.

Aparte de ser un tampón esencial en el cuerpo humano, también se sabe que el dióxido de carbono tiene efectos sobre la salud cuando la concentración supera un cierto límite.

Los principales peligros para la salud del dióxido de carbono son:

- Asfixia. Causada por la liberación de dióxido de carbono en un área cerrada o sin ventilación. Esto puede disminuir la concentración de oxígeno hasta un nivel que es inmediatamente peligroso para la salud humana.
- Congelación. El dióxido de carbono siempre se encuentra en estado sólido por debajo de los 78°C en condiciones normales de presión, independientemente de la temperatura del aire. El manejo de este material durante más de un segundo ó dos sin la protección adecuada puede provocar graves ampollas, y otros efectos indeseados. El dióxido de carbono gaseoso liberado por un cilindro de acero, tal como un extintor de incendios, provoca similares efectos.
- Daños renales o coma. Esto es causado por una alteración en el equilibrio químico del tampón carbonato. Cuando la concentración de dióxido de carbono aumenta o disminuye, provocando alteración del equilibrio, puede tener lugar una situación amenazante para la salud.

Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/di%C3%B3xido%20de%20carbono.htm>

ACTIVIDADES

COMUNITARIAS:

1- Investigue (grupos de 3) si en su comunidad se realiza alguna de estas actividades:

- a) industrias
- b) los desechos sólidos son enterrados en un relleno sanitario
- c) los desechos sólidos son quemados a cielo abierto
- d) deforestación
- e) tráfico de vehículos

2.-De acuerdo con los resultados obtenidos en el punto 1 realice un ensayo (grupos de 3) de máximo una página donde explique como esas actividades alteran a nivel local el Ciclo del Carbono

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Curtis, H. y S. Barnes. 2001. Biología. 6ta edición. Editorial Médica Panamericana. España.
- Giuffre, L. 2003. Impacto Ambiental en Agrosistemas. 2da edición. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Mihelcic, J. 2000. Fundamentos de Ingeniería Ambiental. Editorial Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores. México.
- Ondarza, R. 2000. Ecología: El hombre y su ambiente. Editorial Trillas. México.
- Purves, W; D. Sadava; G. Orinas; C. Seller. 2001. Vida: La Ciencia de la Biología. Editorial Médica Panamericana. España.
- Schlesinger, W. 2000. Biogeoquímica. Un análisis del cambio global. Editorial Ariel. España.

PAGINAS WEB

- Brizuela, E. y S. Romano. <http://www.fi.uba.ar/materias/6730/Tomo1Unidad1.pdf>
- <http://cenamec.org.ve/html/herramientas/actividades/act04.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos11/modisol/modisol.shtml#CARACT>.
- http://www.carbonoybosques.org/cambio_biogeoqco.htm
- Farlex. <http://www.thefreedictionary.com>
- http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Water/co2_cycle.sp.html
- Gerencia de Portales de la Oficina de Gerencia y Presupuesto para el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2003. Disponible en:
<http://www.gobierno.pr/DRNA/ZonaCostanera/Erosion/DefinicionErosion.htm>
- Lenntech. Dióxido de Carbono. Disponible en:
<http://www.lenntech.com/espanol/di%C3%B3xido%20de%20carbono.htm>

TEMA 3. CICLO DEL NITRÓGENO

COMPETENCIAS:

- Valora la importancia del ciclo del carbono como fuente de nutrientes necesarios para la vida
- Conoce todos los procesos involucrados en el Ciclo del Nitrógeno
- Analiza las consecuencias de las actividades antrópicas sobre el Ciclo del Nitrógeno y sus efectos sobre la biosfera

CONTENIDOS:

IMPORTANCIA

El nitrógeno es un componente esencial de los aminoácidos que constituyen las proteínas (Nelson 2004), dentro de las cuales destacan las enzimas que median las reacciones biogeoquímicas de reducción (fotosíntesis) u oxidación (respiración) de carbono (Schlesinger 2000). Además este es un elemento esencial para la formación de los ácidos nucleicos: ADN y ARN (Arana 1999). Las proteínas son elementos químicos que forman tejidos y membranas del cuerpo de los seres vivos. Los animales fabrican las proteínas a partir de los aminoácidos sintetizados por las plantas (Arana 1999).

Las geosferas participantes en el ciclo son: atmósfera, litosfera, hidrosfera y biosfera.

El principal reservorio de nitrógeno es la atmósfera (78 % de los gases), sin embargo resulta una fuente nutricional escasa porque el nitrógeno del aire es inerte y la mayoría de los organismos vivos no pueden utilizarlo; el nitrógeno puede participar en los sistemas biológicos solo cuando ha sido fijado, es decir, cuando se combina con el hidrógeno y el oxígeno, capacidad que en la naturaleza se reserva únicamente a unas cuantas bacterias (Ondarza 2000), simbióticas o de vida libre.

También existe la fijación del nitrógeno por descargas eléctricas en la atmósfera, aunque su tasa comparada con la de fijación por los microorganismos es baja (Schlesinger 2000).



El nitrógeno es el elemento que limita en mayor medida el crecimiento por lo que al agregarlo en forma adecuada a los campos de cultivo resulta un fertilizante de primera (Ondarza 2000).

La disponibilidad de nitrógeno controla muchos aspectos del funcionamiento local de los ecosistemas y de la biogeoquímica global. Este elemento a menudo limita la tasa de producción primaria neta en los ecosistemas terrestres y marinos.

DESCRIPCIÓN DEL CICLO DEL NITRÓGENO

En la figura 37, se presenta el ciclo del Nitrógeno.

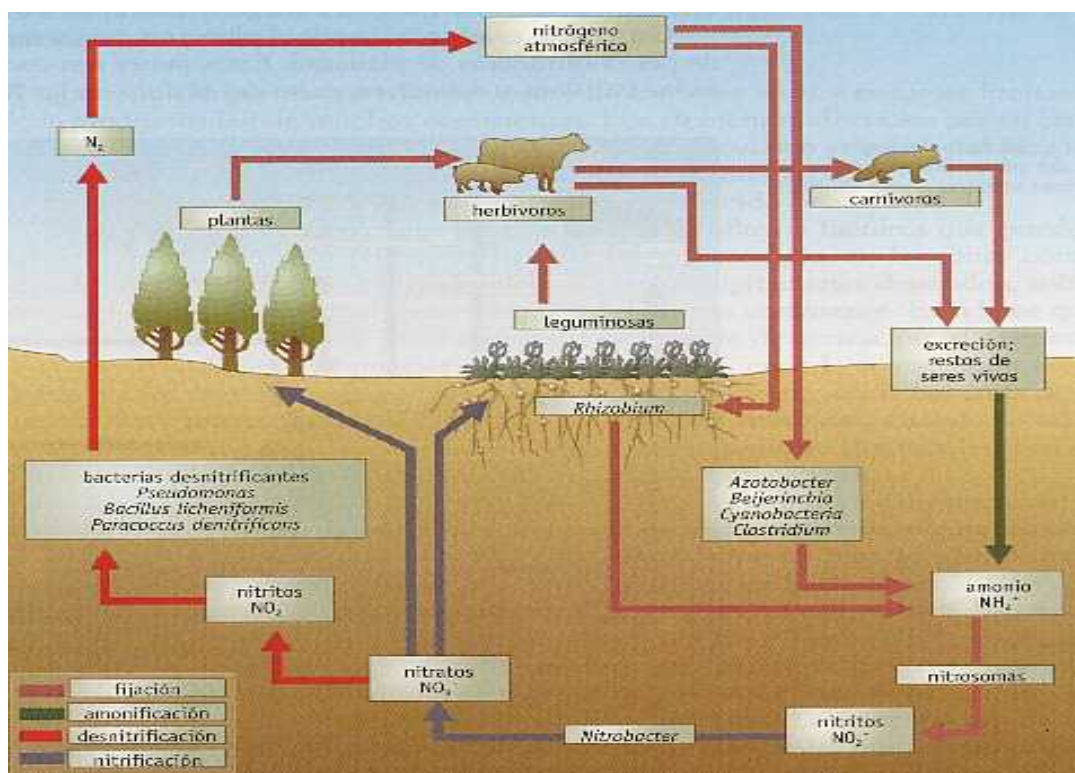


Figura 37. Ciclo del Nitrógeno

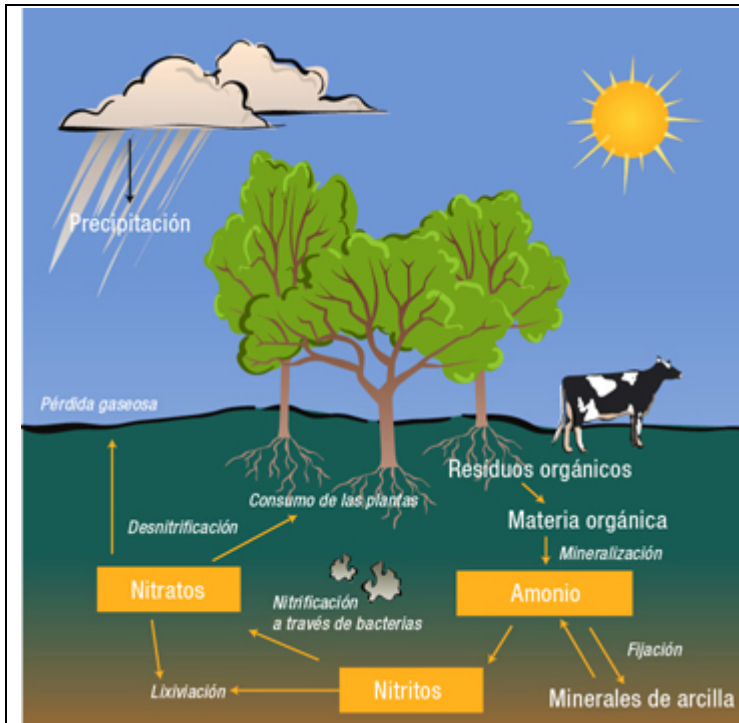
Los procesos presentes en el Ciclo del Nitrógeno son:

- 1) amonificación: Es el proceso por el cual los descomponedores degradan las proteínas y los aminoácidos, liberando el exceso de nitrógeno en forma de amoniaco o ión amonio (Curtis 2001).
- 2) nitrificación: Es la oxidación del amoniaco o del amonio a nitritos y nitratos, como ocurre por la acción de las bacterias nitrificantes (Curtis 2001).
- 3) asimilación: Es la conversión de nutrientes dentro de los tejidos vivos. Metabolismo constructivo. <http://www.thefreedictionary.com>
- 4) desnitrificación: Es el proceso por el cual ciertas bacterias que viven en suelos pobremente aireados degradan nitratos utilizando el oxígeno para su propia respiración y devolviendo el nitrógeno a la atmósfera (Curtis 2001).
- 5) sedimentación: Es el proceso mediante el cual se mezclan con el agua partículas desprendidas del terreno, partículas de superficies pavimentadas y partículas de desechos de actividades humanas; y su deposición en los cuerpos de agua y estructuras relacionadas. <http://www.gobierno.pr/DRNA/ZonaCostanera/Erosion/DefinicionErosion.htm>

6) Fijación

Incorporación de nitrógeno atmosférico a compuestos de nitrógeno inorgánico aprovechables por las plantas, proceso que puede ser llevado sólo por algunas bacterias del suelo, muchas cianobacterias de vida libre y simbióticas y ciertas bacterias simbióticas en asociación con leguminosas (Curtis 2001).

A continuación se presenta una breve descripción del ciclo del Nitrógeno:



Esta ilustración muestra las vías generales que sigue el nitrógeno a través de los componentes biológicos y físicos del sistema terrestre. Haga click en la imagen para una vista completa (190)NCAR

El nitrógeno es un elemento que se encuentra tanto en la parte viva de nuestro planeta, como en las partes inorgánicas del sistema terrestre. El ciclo de nitrógeno es uno de los ciclos bioquímicos, y es muy importante para los ecosistemas. El nitrógeno se mueve lentamente a través del ciclo y, a lo largo de su trayectoria, se va almacenando en diferentes reservorios tales como la atmósfera, organismos vivos, suelos y océanos.

La mayoría del nitrógeno que hay sobre la Tierra se encuentra en la atmósfera. Aproximadamente 80% de las moléculas en la atmósfera de la Tierra están hechas de átomos de nitrógeno unidos entre sí, (N_2). Todas las plantas y animales necesitan del nitrógeno para poder hacer aminoácidos, proteínas y DNA, pero el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera no es del tipo que estos pueden usar. Las moléculas de nitrógeno en la atmósfera pueden llegar a ser usables por los seres vivos

cuando son descompuestas por rayos o fuegos, por cierto tipo de bacterias, o por bacterias asociadas con plantas leguminosas. Otras plantas obtienen el nitrógeno que necesitan de los suelos, o del agua donde viven; la mayoría en forma de nitrato inorgánico (NO_3^-). El nitrógeno es un factor determinante en el crecimiento de las plantas. Los animales obtienen el nitrógeno que necesitan mediante el consumo de plantas y otros animales que contienen moléculas orgánicas y que están parcialmente compuestos de nitrógeno. Cuando los organismos mueren, sus cuerpos se descomponen y, de esta manera el nitrógeno llega a los suelos, tierra u océanos. A medida que las plantas y animales se descomponen mediante un proceso llamado mineralización, el nitrógeno adquiere formas orgánicas como, sales de amoníaco (NH_4^+). Las sales de amoníaco son absorbidas en forma de arcilla, después una bacteria las altera químicamente y las convierte en nitrito (NO_2^-) y luego, en nitrato (NO_3^-). El nitrato es el más usado por las plantas. Se disuelve

facilmente en agua y es destilado del sistema de suelos. El nitrato disuelto puede ser devuelto a la atmósfera mediante un cierto tipo de bacteria; mediante un proceso llamado desnitrificación.

Las acciones de los seres humanos están generando cambios en el ciclo de nitrógeno y en la cantidad de nitrógeno que es absorbido en los reservorios. El uso de fertilizantes ricos en nitrógeno puede generar una sobrecarga de nutrientes en vías acuáticas cercanas, a medida que los nitratos encontrados en el fertilizante llegan a las corrientes y lagos. Los crecientes niveles de nitrato hacen que las plantas crezcan rápidamente hasta que usan todo el suministro de nitrato y luego mueren. El número de herbívoros aumentará a medida que aumentan los suministros, y después quedarán sin la fuente alimenticia proveniente de las plantas cuando éstas mueran. De esta manera, los cambios en una fuente alimenticia puede afectar a toda la cadena alimenticia. Adicionalmente, los humanos están alterando el ciclo de nitrógeno mediante la quema de combustibles fósiles y la quema de los bosques; estas quemadas liberan varias formas sólidas de nitrógeno. Los cultivos también afectan al ciclo de nitrógeno. Los desechos asociados con la cría de ganado liberan gran cantidad de nitrógeno hacia los suelos y agua. Igualmente, los desechos de las aguas residuales añaden nitrógeno a los suelos y agua.

ACTIVIDADES :

INDIVIDUALES

- 1- Señale en que parte de la estructura de los seres vivos está presente el nitrógeno
- 2- Haga una lista de las formas en que está presente el nitrógeno en los seres vivos. Revise la sección de la guía correspondiente a **“macromoléculas biológicas”**
- 3- Señale en que formas el utilizado el nitrógeno por los seres vivos:
 - a) productores primarios
 - b) consumidores primarios
 - c) consumidores secundarios
 - d) consumidores terciarios
 - e) detritívoros
 - f) descomponedores
 - g) omnívoros (ser humano)

ALTERACIONES DEL CICLO DEL NITRÓGENO POR CAUSAS ANTRÓPICAS

El hombre tiene un gran impacto sobre el ciclo global del nitrógeno. Además de cultivar plantas fijadoras de nitrógeno producen abonos nitrogenados mediante el proceso de Haber que se basa en la combustión de gas natural para producir hidrógeno que a continuación se combina con nitrógeno para formar amoníaco en condiciones de alta temperatura y presión (Schlesinger 2000).

Casi la mitad del nitrógeno transportado actualmente por los ríos es de origen antropogénico. La adición de nitrógeno resultado de las actividades humanas a la biosfera terrestre ha ocasionado un marcado aumento del contenido de nitrógeno de las aguas subterráneas. Por otra parte, durante los incendios el nitrógeno contenido en la biomasa se volatiliza en forma de amoníaco NH_3 , NO_x y N_2 (Schlesinger 2000).

En el pasado la conversión de N_2 a formas utilizables por las plantas ocurría en pequeña medida durante las tormentas eléctricas que forman óxidos de N que caen disueltos en el agua de lluvia, pero en su mayor parte gracias a la acción de los microorganismos fijadores libres y simbióticos. El descubrimiento de una manera económica de fijar N_2 industrialmente cambió

radicalmente esta situación, dado que actualmente en el planeta la fijación de N_2 por la actividad humana es hoy comparable o mayor a las de los procesos naturales; es más casi toda la fijación antrópica se produce como consecuencia directa de las actividades agropecuarias.

Según Giuffre (2003) además de fijar nitrógeno y liberar aquel contenido en los combustibles fósiles, el avance de la agricultura y la urbanización movilizan –exactamente igual que para el carbono– el nitrógeno contenido en reservorios de largo plazo tales como la madera y la materia orgánica del suelo. Con la quema de bosques, pastizales y madera para leña se emite nitrógeno, el drenaje de humedales y la consiguiente oxidación de sus suelos ricos en material orgánico, libera también nitrógeno y la remoción de los suelos agrícolas por las labranzas agrega también nitrógeno. Si bien estos datos tienen su rango de incertidumbre y no se conoce bien el destino de todo el nitrógeno movilizado, no quedan dudas de que la suma de estas actividades tiene un impacto muy significativo en el ciclo global del nitrógeno. Las emisiones de nitrógeno de origen antrópico varían mucho entre regiones, siendo muy fuertes por ejemplo en el norte de Europa y mucho menos importantes en el hemisferio sur. Globalmente las fuentes agropecuarias representan la inmensa mayoría de las emisiones de amoníaco antrópico.

Consecuencias para la biota

Los cambios en el ciclo del nitrógeno tienen consecuencias de dos tipos sobre los ecosistemas: estructurales y funcionales. La disponibilidad natural de nitrógeno en los ecosistemas poco perturbados normalmente es baja y las especies que los componen están adaptadas a esta restricción. Aún cuando sea moderado, un aumento de los ingresos de nitrógeno puede causar cambios dramáticos en el elenco de especies vegetales dominantes y también una reducción marcada de la riqueza florística (el número de especies). Normalmente sucede que las pocas especies capaces de aprovechar esos altos niveles de fertilidad monopolizan los recursos y superan competitivamente al resto (Giuffre 2003).

EL nitrógeno adicional agregado por la fertilización y depositado desde la atmósfera sólo puede ser aprovechado por la vegetación hasta cierto punto. La ley del mínimo determina que una vez que la deficiencia de un recurso (en este caso el nitrógeno) ha sido satisfecha, el crecimiento de las plantas pasa a estar limitado por otros recursos (el fósforo, agua, luz). Una vez que la vegetación no responde más a incrementos de la oferta de nitrógeno (se ha alcanzado el punto de saturación), toda deposición de nitrógeno pasará a la larga a los cursos de agua, las napas subterráneas o la atmósfera (Giuffre 2003).

Un ciclo más acelerado del nitrógeno incluye una mayor actividad de las bacterias nitrificadoras que pueden acidificar el suelo (Giuffre 2003).

ACTIVIDADES:

GRUPALES

1- Con base en la siguiente lectura realice un ensayo (grupos de 3 personas) de máximo una página donde explique las formas en las que el ser humano puede perturbar el ciclo del nitrógeno.

Fuentes de contaminación de nitratos y otros compuestos nitrogenados

En general, el aporte de nitrato derivado del agua de lluvia en condiciones naturales es inapreciable. Con frecuencia la contaminación por nitratos procede principalmente de [fuentes no puntuales o difusas](#) que se caracterizan por una gran cantidad de puntos de entrada de la contaminación en el terreno y por la dificultad que supone hacer una localización precisa de las zonas donde se produce la entrada de los contaminantes.

Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas), aunque pueden ser muy diversas, se asocian mayoritariamente a actividades agrícolas y ganaderas, aunque en determinadas áreas, también pueden aparecer asociadas a ciertas actividades industriales, especialmente las relacionadas con el sector agrícola. No obstante, también existe una contaminación por nitratos de [tipo puntual](#). En este caso la fuente de contaminación es más fácil de identificar ya

que se suelen localizar en zonas de extensión restringida y frecuentemente se asocian con vertidos urbanos o industriales.

Fuentes de nitrato	
Aporte en el agua de lluvia de formas nitrogenadas.*	
Fenómeno de nitrificación	
Actividades agrícolas	Fertilizantes inorgánicos y orgánico. **
	Uso excesivo de purines.
	Herbicidas y pesticidas que contienen nitratos.
	Fertilización por fertirrigación.
Actividades ganaderas	Almacenamiento de estiércoles.
Actividades industriales y urbanas	Vertidos efluentes
	Aguas residuales

* En general, el aporte de nitrato derivado del agua de lluvia en condiciones naturales frente a las demás fuentes de nitrato es inapreciable.

** El uso indiscriminado de fertilizantes solubles vía fertirrigación durante varios años, tal y como suele tener lugar en las producciones intensivas, origina concentraciones muy altas de nitratos en el suelo, y consecuentemente, eleva de forma notable el riesgo de lixiviación de nitratos.

Son numerosos los diferentes compuestos de nitrógeno que se pueden formar en las distintas fases que componen el ciclo del nitrógeno. Como hemos visto, aunque algunos de ellos tienen una

procedencia natural, la formación de muchos de estos compuestos se ve fuertemente incentivada de forma artificial, debido a la acción del hombre, constituyendo importantes fuentes de contaminación, tal es el caso de los nitratos.

De forma más detallada, **los diferentes compuestos del nitrógeno** pueden proceder de la [atmósfera](#), [del suelo](#) y [de las aguas](#).

En la atmósfera

Origen	Compuestos	Procedencia
Antrópico	NO (óxido nítrico)	Quema de combustibles fósiles y otros tipos (p. ej., biocombustibles).
	NO₂ (dióxido de nitrógeno)	Industrias
	NO ₃ ⁻ (nitrato)	Automóviles
	NH₄⁺ (amonio)	Industria
Natural	NO₂ (dióxido de nitrógeno)	Descargas eléctricas + N ₂
	NH₃⁺ (amoniaco)	Volatilización del NH ₄ ⁺ Volcanes

óxidos de nitrógeno (NO)	Compuestos del nitrógeno que se forman sobre todo por la oxidación del nitrógeno atmosférico. Puede tener un origen:			
	<table> <tr> <td>natural:</td><td>incendios forestales, basuras.</td></tr> <tr> <td>antrópico:</td><td>quema de combustibles fósiles (gasolina, gas natural, gasoil, carbón) tanto en la industria como en los automóviles; quema de otros combustibles (por ejemplo biocombustibles)</td></tr> </table> Los óxidos de nitrógeno se emiten, mayoritariamente, como óxido nítrico (NO), que posteriormente se transforma en dióxido de nitrógeno (NO₂). Favorecen la formación de ozono troposférico, en la parte más baja de la atmósfera, donde se encuentra en cantidades muy pequeñas de forma natural, especialmente cuando la mezcla de determinados contaminantes emitidos por la industria o el tráfico (esencialmente dióxidos de nitrógeno y compuestos	natural:	incendios forestales, basuras.	antrópico:
natural:	incendios forestales, basuras.			
antrópico:	quema de combustibles fósiles (gasolina, gas natural, gasoil, carbón) tanto en la industria como en los automóviles; quema de otros combustibles (por ejemplo biocombustibles)			

	volátiles orgánicos) reacciona con la luz solar. Aunque el óxido nítrico destruye el ozono troposférico, el NO_2 en que se transforma, contribuye a su formación. Además, el dióxido de nitrógeno (NO_2) combinado con la humedad del ambiente, es uno de los gases contaminantes responsables de la <i>lluvia ácida</i> y del <i>mal de la piedra</i> (NO_3H_2). Son un buen ejemplo de cómo un contaminante presente en la atmósfera puede afectar a cursos de agua y almacenamientos de agua potable subterránea, impactando por diversas vías a la salud humana.
amonio (NH_4^+)	quema de combustibles en la industria.
amoniaco (NH_3^+)	Tiene un origen natural estando su procedencia vinculada a la actividad volcánica y a la volatilización del amonio presente en los residuos animales.

Suelo y aguas superficiales y subterráneas

Origen	Compuestos	Procedencia
Antrópico	NO_3^- NH_4^+ NO_x	Contaminación atmosférica (lluvia ácida)
		Fertilizantes nitrogenados
		Origen natural: nitrato de Chile
		Origen artificial
		Residuos orgánicos de concentraciones ganaderas estabuladas
		Lodos depuradoras
		compost
		Vertidos aguas residuales
		Vertidos efluentes actividades industriales
Natural	NH_4^+	Origen natural y presentes en el agua de lluvia
	NH_3^+	
	NO_3^-	Nitrificación
	NO_x	

- ▷ **Amonio** (NH_4^+): deposición del amonio presente en la lluvia y procedente de la quema de combustibles fósiles (automóviles e industria).
- ▷ **Amoniaco** (NH_3^+): deposición del amoniaco presente en la lluvia y procedente de actividades volcánicas y de la volatilización del NH_4^+

- ▷ **Nitrito** (NO_2^-): nitritos presentes en el suelo como resultado del proceso de nitrificación por el que el amonio se transforma en nitrito y luego a nitrato.
- ▷ **Nitrato** (NO_3^-): Su procedencia es diversa: contaminación atmosférica; fertilizantes nitrogenados (de origen natural y sintéticos); residuos orgánicos en concentraciones ganaderas estabuladas; lodos depuradoras; compost; vertidos de actividades industriales; vertederos no controlados.

En el suelo gracias a la acción bacteriana la materia orgánica se transforma, **descompone** o degrada hasta mineralizarse dando lugar a un conjunto de compuestos estables, amorfos y coloidales conocidos como humus. El humus está constituido por huminas (fracción insoluble), ácidos húmicos (material orgánico de color oscuro insoluble en ácidos) y ácidos fúlvicos (material sobrante en la solución una vez que se han extraído los ácidos húmicos por acidificación, soluble en álcalis y ácidos). El *humus* influye en la capacidad del suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. Los ácidos fúlvicos y húmicos condicionan la capacidad de intercambio catiónico y por tanto marcan la disponibilidad de nitrógeno en forma amoniacal en el medio, mientras que las huminas condicionan la capacidad de intercambio aniónico y por tanto la disponibilidad de nitrógeno en su forma nítrica.

Fuente: <http://www.miliarium.com/Monografias/Nitratos/Fuentes.asp>

ACTIVIDADES

COMUNITARIAS

- 1- Investigue (grupos de 3) en su comunidad si existe alguna de estas actividades:
 - a) utilización de fertilizantes nitrogenados
 - b) presencia de plantas industriales para la obtención de abonos nitrogenados mediante la fijación “artificial de N_2 ”

En caso de no existir en su comunidad ninguna de estas actividades diríjase a otra comunidad donde alguna de estas actividades esté presente
- 2.- Según los resultados obtenidos en el punto 1 realice un ensayo (grupos de 3) de máximo una página donde explique como esas actividades alteran a nivel local el Ciclo del Nitrógeno

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Curtis, H. y S. Barnes. 2001. Biología. 6ta edición. Editorial Médica Panamericana. España.
- Giuffrè, L. 2003. Impacto Ambiental en Agrosistemas. 2da edición. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Mihelcic, J. 2000. Fundamentos de Ingeniería Ambiental. Editorial Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores. México.

- Ondarza, R. 2000. Ecología: El hombre y su ambiente. Editorial Trillas. México.
- Purves, W; D. Sadava; G. Orinas; C. Seller. 2001. Vida: La Ciencia de la Biología. Editorial Médica Panamericana. España.
- Schlesinger, W. 2000. Biogeoquímica. Un análisis del cambio global. Editorial Ariel. España.

PAGINAS WEB

- Miliarium.com: Ingeniería civil y Medio Ambiente. Disponible en:
<http://www.miliarium.com/Monografias/Nitratos/Fuentes.asp>
- <http://www.thefreedictionary.com>
- <http://www.gobierno.pr/DRNA/ZonaCostanera/Erosion/DefinicionErosion.htm>
- Gardiner, L. Windows to the Universe (Ventanas al Universo) de University Corporation for Atmospheric Research (UCAR). Disponible en:
http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Life/nitrogen_cycle.sp.html&edu=high

TEMA 4. CICLO DEL FÓSFORO.

COMPETENCIAS:

- .-Valora la importancia del ciclo del fósforo como fuente de nutrientes necesarios para la vida
- Conoce todos los procesos involucrados en el Ciclo del fósforo
- Analiza las consecuencias de las actividades antrópicas sobre el Ciclo del fósforo y sus efectos sobre la biosfera

CONTENIDO:

IMPORTANCIA DEL CICLO DEL FÓSFORO:

Como ya conoces el fósforo (P) es un elemento requerido por los organismos en grandes cantidades, es decir, es un macronutriente, es importante desde el punto de vista estructural y metabólico, aunque la proporción de fósforo en la materia viva es relativamente pequeña, el papel que desempeña es absolutamente indispensable. Los ácidos nucleicos, sustancias que almacenan y traducen el código genético, son ricos en fósforo. Muchas sustancias intermedias en la fotosíntesis y en la respiración celular están combinadas con fósforo, y los átomos de fósforo proporcionan la base para la formación de los enlaces de alto contenido de energía del ATP que a su vez desempeña el papel de intercambiador de energía, tanto en la fotosíntesis como en la respiración celular. Este elemento merece especial atención, ya que su disponibilidad a menudo limita el

crecimiento de las plantas. Por ejemplo, puede encontrarse en forma de hidroxiapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$ en el hueso y como ión fosfato ($\text{PO}_4^{=}$) o uno de sus análogos HPO_4^- ó H_2PO_4^- , participa en muchas reacciones, su deficiencia afecta a todas las células, reduciendo sus niveles de ATP, (cada molécula de ATP posee tres moléculas de fosfato).

El único mineral primario con un contenido significativo de fósforo es la apatita, que puede experimentar meteorización por carbonatación (reacción donde el ácido carbónico $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ o el bicarbonato atacan y disuelven los minerales) en una reacción congruente que libera P:



Al igual que la mayor parte de las sustancias químicas de la Tierra, no lo encontramos en una forma útil para los seres vivos pero, afortunadamente por medio del ciclado continuo en la ecósfera; por una combinación de procesos biológicos, geológicos y químicos es transformado en los compuestos útiles necesarios. De este modo, esta sustancia química puede ser parte de un organismo en un momento y parte del ambiente del organismo en otro momento. Por ejemplo, una molécula de fósforo que fue parte de los huesos de un dinosaurio, después de su muerte de éste pudo pasar al suelo, luego a una planta que finalmente fue consumida por usted y ahora ser parte de sus huesos.

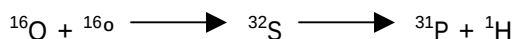
Gracias a este ciclo es posible que el fósforo se encuentre disponible para ser usado una y otra vez por otros organismos y permite que la vida persista. Como el fósforo circula principalmente en la corteza terrestre (equivale al 0.076 % de la corteza continental terrestre), la hidrosfera y los organismos vivos y puede pasar de miles a millones de años retenido en las rocas sedimentarias y no tiene una fase gaseosa, se dice que sufre un ciclo sedimentario. Sin embargo, en condiciones extremadamente reducidas (anaerobiosis), la materia orgánica puede degradarse hasta FOSFINA (PH_3), un gas incoloro, inflamable, que explota a temperatura ambiente y que huele a ajo o a pescado podrido, este compuesto es levemente soluble en agua y por ser tóxico es empleado como plaguicida en granos almacenados (se produce industrialmente). No obstante esta vía del ciclo no ha sido estudiada y como la fosfina es muy reactiva es rápidamente degradada en la naturaleza. Schlesinger (2000) señala que la producción de este gas es imposible en las condiciones naturales de suelos bien drenados, pues requiere un potencial redox extremadamente bajo; este autor parafraseando a Dévai et al (1988) y a Dévai y DeLaune (1995) acota que tales condiciones se dan en tanques de tratamientos residuales y marismas. Aunque sin embargo es tajante al señalar que el movimiento de fósforo como gas tiene una importancia insignificante en su ciclo regional o global.

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

Alguna vez te habrás preguntado ¿Cómo se originó este planeta?; ¿De donde provienen los elementos?; ¿Y la vida? Algunas de estas respuestas las podrás conseguir en el libro de Curtis Helena "Biología".

Ahora bien; se sabe que el fósforo se formó mediante la reacción:



Consulta el texto BIOGEOQUIMICA de Schlesinger (2000) y lee el capítulo 2 sobre orígenes de los elementos y responde:

¿Por qué el fósforo es escaso en la tierra? También puedes consultar otros textos para profundizar pero, recuerda citar la bibliografía consultada.

DESCRIPCIÓN DEL CICLO:

El fósforo es un elemento más bien escaso del mundo no viviente, al igual que el nitrógeno y el azufre, participa en un ciclo interno, como también en un ciclo global, geológico. En el ciclo menor, la materia orgánica que contiene fósforo (por ejemplo: restos de vegetales, excrementos animales) es descompuesta y el fósforo queda disponible para ser absorbido por las raíces de la planta, en donde se unirá a compuestos orgánicos. Después de atravesar las cadenas alimentarias, vuelve otra vez a los descomponedores, con lo cual se cierra el ciclo. Hay algunos vacíos entre el ciclo interno y el ciclo externo. El agua lava el fósforo no solamente de las rocas que contienen fosfato sino también del suelo. Parte de este fósforo es interceptado por los organismos acuáticos, pero finalmente sale hacia el mar.

El ciclo del fósforo se puede representar de una forma muy sencilla tal como se muestra en la figura 38.

El ciclaje global del fósforo difiere con respecto de los del carbono, del nitrógeno y del azufre en un aspecto principal. El fósforo no forma compuestos volátiles que le permitan pasar de los océanos a la atmósfera y desde allí retornar a tierra firme. Una vez en el mar, sólo existen dos mecanismos para el reciclaje del fósforo desde el océano hacia los ecosistemas terrestres. Uno es mediante las aves marinas que recogen el fósforo que pasa a través de las cadenas alimentarias marinas y que pueden devolverlo a la tierra firme en sus excrementos. Además de la actividad de estos animales, hay la posibilidad del levantamiento geológico lento de los sedimentos del océano para formar tierra firme, un proceso medido en millones de años.

Una fuente de carbono importante en el ecosistema son las rocas estas son desgastadas y erosionadas y el fosfato queda disponible para los seres vivos generalmente como ión fosfato, que es tomado a través de las raíces por las plantas, donde es incorporado a sus tejidos vivos, luego es pasado a través del pastoreo a la cadena trófica al igual que el azufre y el nitrógeno, con los excesos del fosfato siendo excretados en las heces. Un ejemplo extremo del fosfato fecal son los grandes depósitos de guano (excremento de aves) en el desierto de la costa oeste de sur América. Estos depósitos fueron el mayor reservorio de fosfato del mundo, el fosfato también puede ser liberado de los bosques y pastizales a través del fuego.

CICLO DEL FÓSFORO

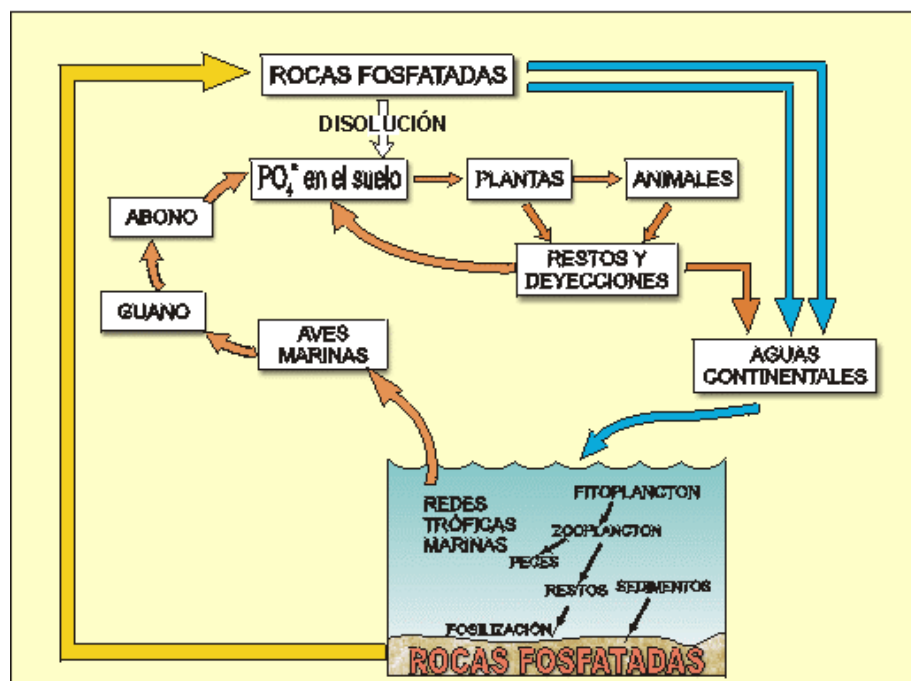
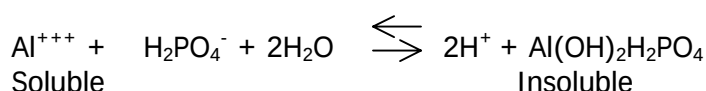


Figura 38: Ciclo del fósforo, tomado de

<http://pdf.rincondelvago.com/ciclos-biogeoquimicos>

En la cadena trófica de detritus, las grandes moléculas orgánicas que contienen fosfato son degradadas, el fosfato es liberado como ión inorgánico. En esta forma es inmediatamente tomado por las plantas, o puede ser incorporado dentro de las partículas de sedimento de un ecosistema terrestre o acuático, por lo tanto la fase orgánica del ciclo del fósforo es muy simple. La complejidad del ciclo involucra la fase sedimentaria, específicamente aquella en la que el fosfato inorgánico es enlazado dentro de los sedimentos y liberado de los sedimentos. Si nosotros examinamos la cantidad de nutrientes disueltos en el agua que percola a través de un suelo típico, vemos que la cantidad de fosfato en solución es muy baja comparada con la enlazada dentro de los sedimentos (Thomas, 1970). Esto es especialmente obvio si la comparamos con la cantidad de nitrato disuelto, la cual es alta en relación al nitrógeno enlazado en los sedimentos. La razón para esto es que el fosfato, el cual no es muy soluble, puede reaccionar químicamente con ciertas partículas en el suelo o sedimento. Algunas de estas reacciones producen compuestos insolubles que enlazan fosfato tan fuertemente que no puede ser utilizado por las plantas. Por ejemplo en un suelo ácido rico en aluminio, ocurre la siguiente reacción:



Reacciones similares tienen lugar con el hierro, calcio y manganeso y también con ciertos compuestos de estos elementos. La cantidad de fosfato enlazado dentro de las formas insolubles por estas reacciones depende de muchas condiciones ambientales tales como el pH en los sedimentos en solución, la concentración de varios iones en la solución de sedimentos y los tipos de minerales, la cantidad de materia orgánica y los tipos de organismos presentes en el sedimento. En adición a las reacciones simples inorgánicas el fosfato puede ser incorporado dentro de la estructura cristalina de minerales de arcilla, los cuales son abundantes en la mayoría de los

sedimentos. Este es un proceso muy complejo, el cual no es totalmente entendido, pero, éste conduce a la incorporación de fosfato dentro de los sedimentos de forma tan tenaz, que el fósforo no está disponible a los organismos vivos.

Muchos volúmenes podrían ser escritos acerca de las reacciones del fosfato y las partículas de sedimento. Aunque el ciclado del fosfato a través de la fase orgánica del ciclo es en línea recta, el ciclado del fósforo a través de los sedimentos no lo es. La utilidad del fosfato para los organismos vivos esta estrechamente relacionada a la tasa de ciclado a través de estas dos fases.

En algunos experimentos interesantes en la cual la tasa de utilización del fosfato fue seguida usando fósforo radiactivo (^{32}P), Rigler, (1964) citado en Schlesinger, 2000, mostró que la tasa del flujo a través de la fase orgánica es fuertemente dependiente de la demanda orgánica del fosfato. El tiempo de recambio (tiempo que le toma al fosfato pasar una vez a través del ciclo orgánico) fue extremadamente corto durante el verano, cuando la demanda del fósforo fue alta. Pero, largo durante el invierno, cuando la presencia de menos vida en los lagos bajo investigación, resultaba en una menor demanda del fósforo (vea la figura 39). El tiempo de recambio fue de 10 minutos en estos lagos de agua dulce. En estudios de comunidades de aguas saladas Pomeroy, (1960) citado en Schlesinger, 2000, encontró un patrón similar, con el tiempo de recambio menor en verano que en invierno el promedio fue cerca de 10 horas.

Es mucho más difícil medir las tasas de flujo a través de la fase sedimentaria. Hutchinson (1957) citado en Schlesinger, 2000; sugiere que el tiempo de recambio sedimentario, en ecosistemas de agua dulce es probable que sea medido en semanas más que horas y en ecosistemas terrestres Reiners y Reiners, (1970) citados en Schlesinger, 2000; indican que el tiempo de recambio puede variar hasta doscientos años. Si esto es así, cualquier cambio en la cantidad de fosfato liberado de los sedimentos es probable que sea muy lento. Einsele (1941) citado en Schlesinger, 2000; elaboró un experimento en el cual añadió 14 Kg. de fosfato en un pequeño lago a principio de julio; al final del verano, la cantidad del fosfato en solución había caído a sus niveles iniciales; entonces él añadió más (94 Kg.) en dos fracciones iguales al comienzo y al final de junio del siguiente año. Un año y medio después, el fosfato añadido había sido completamente incorporado dentro de los sedimentos. Hay alguna evidencia de que los resultados de Einsele no pueden ser generalizados a todos los lagos. Pero ello demuestra claramente que la cantidad de fosfato disponible de la fase sedimentaria es mucho menos fiable que la liberada a través de la fase Orgánica.

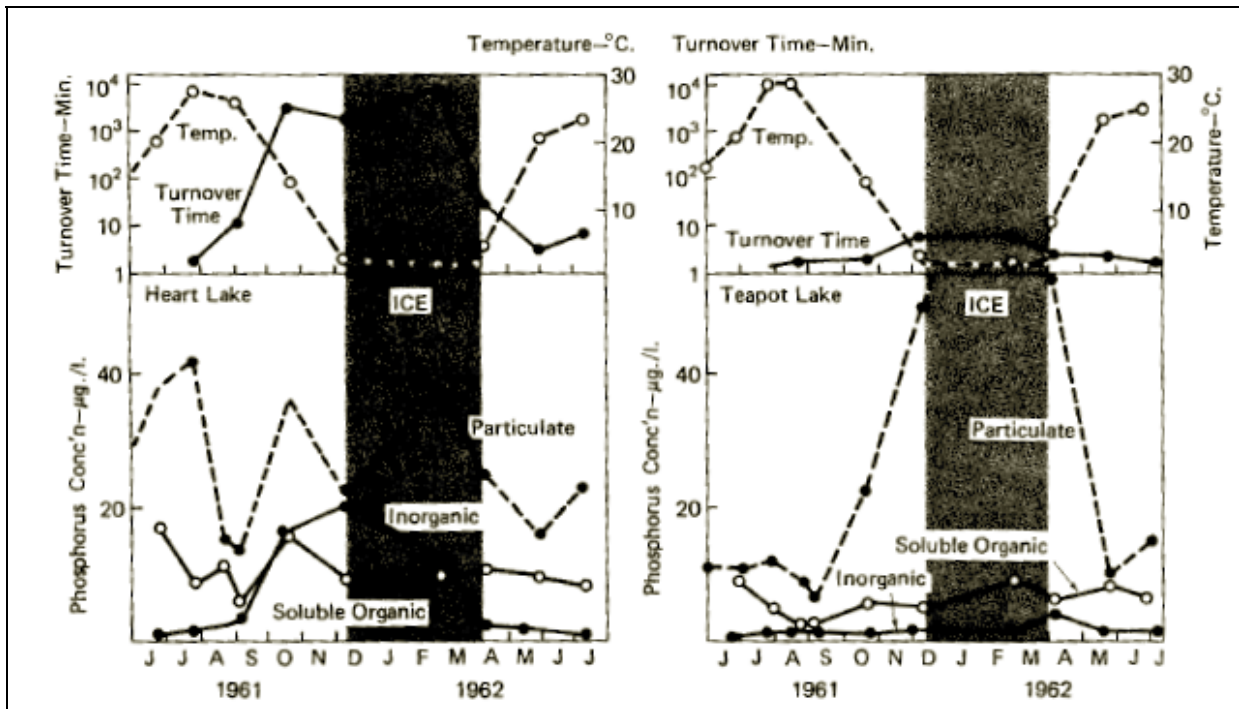


Figura 39. Relaciones entre temperatura, tiempo de recambio de fósforo inorgánico y concentraciones de tres formas de fósforo en función del tiempo en dos lagos de Ontario. Rigler. 1964. The Phosphorus fraction and turnover times of inorganic phosphorus in different types of lakes. *Limnology and Oceanography* 9 511-518. En Clapham, 1973.

Nota: Phosphorus Conc'n -µg./l. = Concentración de fósforo en µg./l. Turnover time - min. = Tiempo de recambio en min. Ice= Hielo. Particulate= Particulado. Soluble Organic = Orgánico soluble. Inorganic = Inorgánico. Temperatura = Temperatura. Lake = Lago.

Un ciclo biogeoquímico sedimentario (local) como el del fósforo es más imperfecto que un ciclo gaseoso (global). Este mecanismo autorregulado resulta, de que muchas vías potenciales encontradas en el reservorio atmosférico están ausentes. La cantidad de fosfato disponible para los seres vivos depende primariamente de la tasa en la cual se mueve a través de la fase orgánica del ciclo, la entrada neta de fosfato y la salida del ecosistema vía agua subterránea o superficial y la tasa neta en la cual éste es incorporado dentro de los sedimentos. La lentitud de la fase sedimentaria del ciclo del fósforo y el hecho de que la incrementada demanda del fosfato por las comunidades biológicas concuerda con la tasa incrementada del ciclado a través de la fase orgánica, más que, por liberación del fósforo de la fase sedimentaria es la mayor razón por la cual el fosfato es a menudo el elemento más crítico en un ecosistema.

Reciclado del fósforo en el suelo:

Las reacciones entre el fósforo inorgánico y varios minerales del suelo hacen difícil el estudio de las transformaciones de fósforo orgánico en el suelo (figuras 40 y 41). Algunos investigadores han examinado la mineralización del fósforo por el método de las bolsas enterradas, pero en muchos casos no se detecta ninguna mineralización aparente debido a que el P inmediatamente forma complejos con minerales del suelo. Por ello que, la mayor parte de los estudios sobre el reciclado de fósforo han seguido la descomposición de materiales vegetales marcados radiactivamente, o han medido la dilución de ^{32}P radiactivo previamente añadido a la reserva de fósforo del suelo como trazador. En el caso de la técnica de dilución del isótopo es necesario suponer que el ^{32}P se equilibra con todas las reservas químicas del suelo y que la única

dilución de su concentración se produce por mineralización de fósforo orgánico. Desgraciadamente, estas suposiciones no siempre son válidas, lo que hace difícil la aplicación de esta técnica en muchas situaciones.

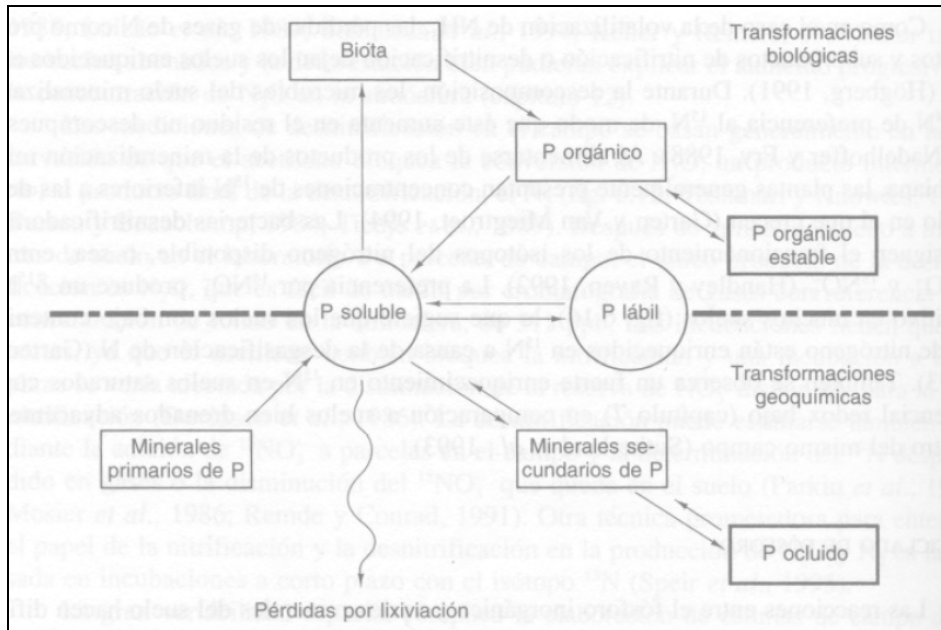


Figura 40. Transformaciones de fósforo en el suelo. Tomado de Schlesinger, 2000.

A pesar de las limitaciones del uso de extracciones simples para medir los nutrientes del suelo, muchos investigadores han seguido un esquema de extracción secuencial para cuantificar la disponibilidad de fósforo en el suelo. La extracción con NaHCO_3 0,5 M es en muchos suelos un índice apropiado del fósforo inorgánico lábil y del fósforo orgánico soluble. El P orgánico se suele determinar por diferencia entre PO_4 en una muestra incinerada a altas temperaturas y una muestra no tratada y el P microbiano por el cambio en el fósforo extraíble después de fumigar con cloroformo. La extracción con NaOH (para subir el pH y disminuir la capacidad de adsorción de aniones) indica la cantidad de P asociada a minerales de Fe y Al, mientras que la extracción con HCl libera el P asociado a compuestos de Ca, incluido CaCO_3 . El fósforo extraíble con ácidos también incluye el P derivado de apatita y de hidroxiapatita secundaria $[\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ de los huesos y fluorapatita $[\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3]$ de los dientes. Los arqueólogos utilizan a veces estos biominerales secundarios de los suelos para localizar asentamientos humanos antiguos.

En la mayoría de los ecosistemas, el fósforo disponible para el reciclado biogeoquímico se encuentra en forma orgánica. Walbridge et al. (1991) citados en Schlesinger, 2000, encontraron que hasta un 35 % del P orgánico del mantillo no descompuesto de un bosque templado-cálido se hallaba en la biomasa microbiana. Los ácidos fúlvicos transportan compuestos orgánicos de fósforo desde el piso forestal hasta el perfil inferior del suelo, donde se acumulan en el humus. Gallardo y Schlesinger (1994) citados en Schlesinger, 2000, encontraron que las adiciones de P inorgánico incrementaban la biomasa bacteriana en los horizontes inferiores de un suelo forestal de Carolina del Norte cuya mineralogía estaba dominada por minerales de óxido de Fe y Al con una fuerte capacidad de adsorción de fósforo.

Algunos organismos poseen la capacidad de desprender enzimas fosfatasas y ácidos orgánicos que mineralizan P de formas orgánicas e inorgánicas. La mineralización de P orgánico usualmente comienza con relaciones C/N < 200.

SOLUBILIZACIÓN y pH:

El pH tiene una influencia decisiva en los procesos genéticos del suelo, en la asimilabilidad de los nutrientes y en el desarrollo de la actividad microbiana del suelo; él se ve influido por la alteración mineral, la evolución de la materia orgánica, la absorción de iones por las plantas y el lavado del suelo. Todos los procesos que generan modificaciones del pH no coexisten en el tiempo por lo que se generarían bruscos cambios en la reacción del suelo, y dada la trascendencia de su valor para procesos de enorme importancia, estos cambios podrían provocar modificaciones fatales en el comportamiento del suelo frente a los microorganismos y al desarrollo de las plantas. Al aumentar el pH se disminuye la capacidad de absorción de aniones, por lo que el fósforo asociado a minerales de Fe y Al es liberado, por otra parte, el descenso del pH libera al fósforo asociado a compuestos de calcio como el CaCO_3 , apatita, hidroxiapatita y fluoroapatita $[\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3]$.

En Venezuela la mayoría de los suelos son ácidos y relativamente ricos en fosfato que está disponible para los autótrofos. Aunque este fósforo esté disponible para los organismos, una gran parte participa en reacciones con otros minerales del suelo y precipita en formas no disponibles. El fósforo puede unirse a óxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), lo que explica la baja disponibilidad de fósforo en suelos tropicales. Este fósforo ocluido queda retenido en el interior de óxidos cristalinos de Fe y Al y está esencialmente no disponible para los organismos vivos. El fósforo no ocluido puede mantenerse unido a la superficie de minerales del suelo por medio de varias reacciones, entre ellas la adsorción aniónica (véase más abajo). Tal como muestra la figura 4, el máximo nivel de fósforo disponible en la solución del suelo se da a un pH de alrededor de 7,0. En suelos ácidos, la disponibilidad de fósforo está controlada por precipitación directa con hierro y aluminio, mientras que en suelos alcalinos el fósforo precipita con minerales de calcio (Ca), y su contenido puede ser insuficiente para el crecimiento óptimo de las plantas.

Walker y Syers (1976) citados en Schlesinger, 2000, esquematizaron la evolución general de la disponibilidad de fósforo durante la meteorización de rocas que contienen apatita, ésta se meteoriza con rapidez, lo que produce un aumento del fósforo contenido en otras formas y una disminución del fósforo total del sistema debido a pérdidas por escorrentía. El fósforo liberado por el apatito se mantiene inicialmente en formas no ocluidas o es absorbido por organismos (P orgánico). Con el tiempo, los óxidos se acumulan y el fósforo precipita en formas ocluidas. En las últimas fases de meteorización y formación del suelo, las formas de fósforo que permanecen en el sistema son principalmente P orgánico y ocluido. En esta fase, casi todo el fósforo disponible se encuentra en formas orgánicas en los horizontes superficiales del suelo, mientras que el fósforo que se encuentra a mayor profundidad está generalmente ligado a minerales secundarios.

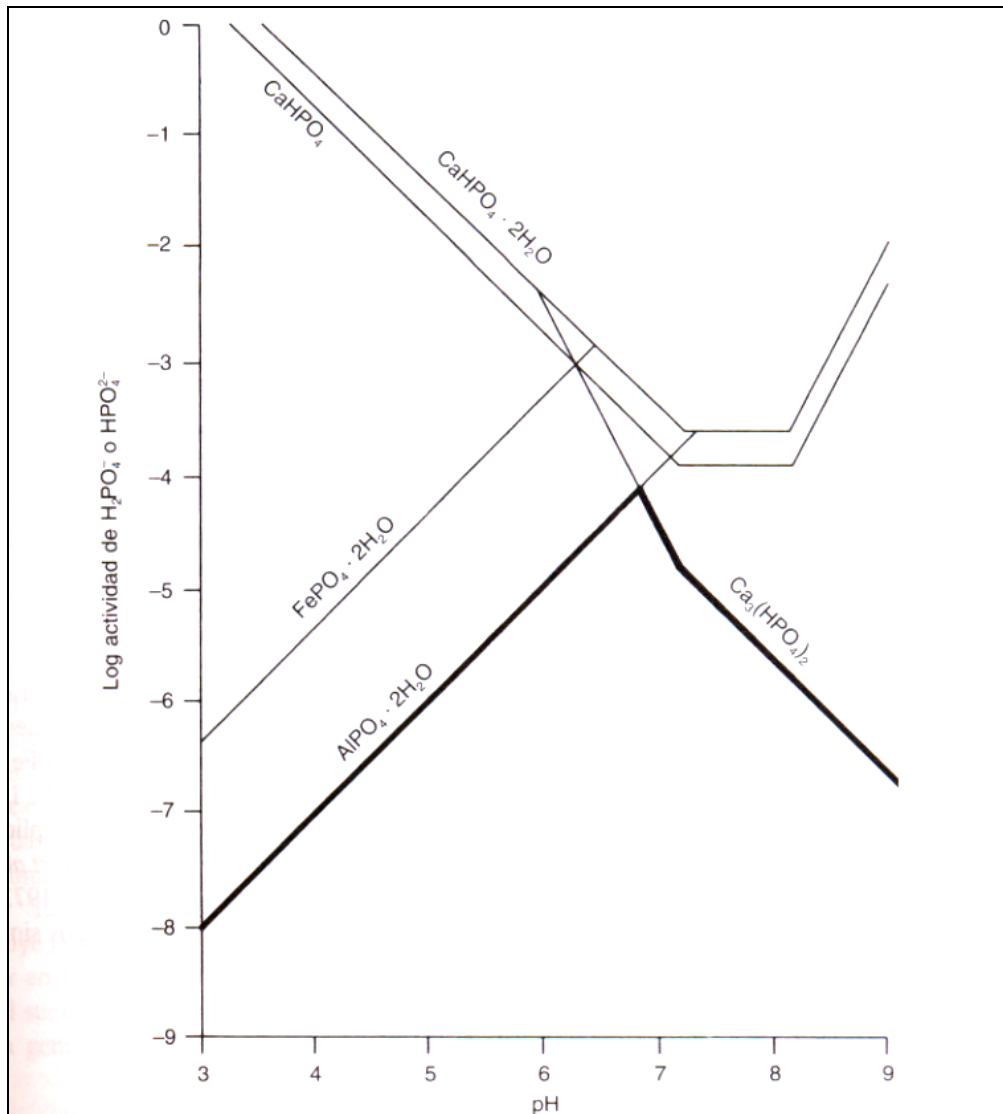


Figura 41 Solubilidad del fósforo en la solución del suelo en función del pH. La precipitación con Al determina el límite superior del fósforo disuelto a pH bajo (línea gruesa); la precipitación con Ca determina el límite a pH alto. La disponibilidad de fósforo es máxima a pH ~7,0. Tomado de Schlesinger, 2000.

El crecimiento de las plantas puede depender casi enteramente de la liberación de fósforo durante la descomposición de materia orgánica muerta, lo que define un ciclo biogeoquímico de fósforo en los horizontes superiores del suelo.

Como en el caso de la meteorización de minerales de silicatos, los ácidos orgánicos pueden influir sobre la liberación de fósforo durante la meteorización de rocas. Jurinak et al. (1986) citados en Schlesinger, 2000, mostraron cómo la producción de ácido oxálico por las raíces de las plantas puede conducir a la meteorización de fósforo a partir de apatita. En suelos arenosos de Florida, la producción de oxalatos está directamente relacionada con la disponibilidad de fósforo. Los ácidos orgánicos pueden inhibir la cristalización de óxidos de Fe y Al, y de este modo reducir la tasa de oclusión de fósforo y permitir que las formas no cristalinas (amorfos) dominen la capacidad de adsorción de fósforo del suelo. Además, la disponibilidad de fósforo puede aumentar en presencia de ácidos orgánicos, como los oxalatos, que también retiran Fe y Ca de la solución del suelo por

quelación y precipitación. La producción y liberación de ácido oxálico por hongos micorrizales explica su importancia en la nutrición de fósforo de las plantas y la mayor disponibilidad de fósforo bajo tapetes de hongos. Algunos investigadores piensan que la movilización de fósforo por hongos simbióticos fue precursora del establecimiento de las plantas terrestres.

El pH de la solución del suelo afecta profundamente a la solubilidad de los diferentes iones presentes, de este modo varía la asimilabilidad de los mismos por las plantas ya que estas solo pueden absorberlos en solución. En otros casos el pH afecta a la actividad microbiana necesaria para provocar la transformación de ciertos elementos, que se liberan en formas no asimilables y han de sufrir una transformación química que permita su fácil absorción. Este es el caso del Nitrógeno cuyas formas inorgánicas son todas solubles independientemente del pH reinante por lo que no debería verse afectada su asimilabilidad por aquel. Sin embargo para valores de pH inferiores a 6 o superiores a 8 se atenúa la actividad bacteriana con lo que disminuye tanto la liberación de amonio como su oxidación a nitrato, y ello hace bajar la concentración de nitrógeno en forma asimilable.

En el caso del fósforo el pH puede inducir su fijación o su precipitación, solo entre valores comprendidos entre 6.5 y 7.5 su asimilabilidad es óptima. Cuando el pH se sitúa por debajo de 6.5, se inicia un incremento en el contenido en cargas positivas del complejo absorbente, ello provoca una fuerte fijación de los aniones sobre todo el fosfato que, por poseer una estructura similar a la de los tetraedros estructurales de las arcillas, puede incorporarse a ellas; este hecho provoca una inmovilización definitiva del mismo. Este fenómeno, siendo importante, no resulta muy trascendente porque el mayor número de cargas positivas pertenece a los oxihidróxidos de hierro y de aluminio y a la materia orgánica, que adquieren su máxima importancia en los horizontes B y A respectivamente. Cuanto menor es el valor del pH mayor es la fijación, pudiendo provocar fuertes carencias cuando el pH es inferior a 5.

Por encima de 7.5, el complejo de cambio y la solución del suelo son muy ricos en calcio lo que provoca una precipitación del fosfato tricálcico, que alcanza su máximo alrededor de 8.5 donde la asimilabilidad es mínima. Superado ese valor se inicia un desplazamiento del calcio por el sodio que da formas solubles. En la figura 42 se puede apreciar como a diferentes valores de pH varia la concentración de diferentes elementos presentes en el suelo.

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES:

Investiga cuál es el pH óptimo para los cultivos de papa, café, cacao, maíz, arroz, caña de azúcar, plátano, trigo y tabaco.

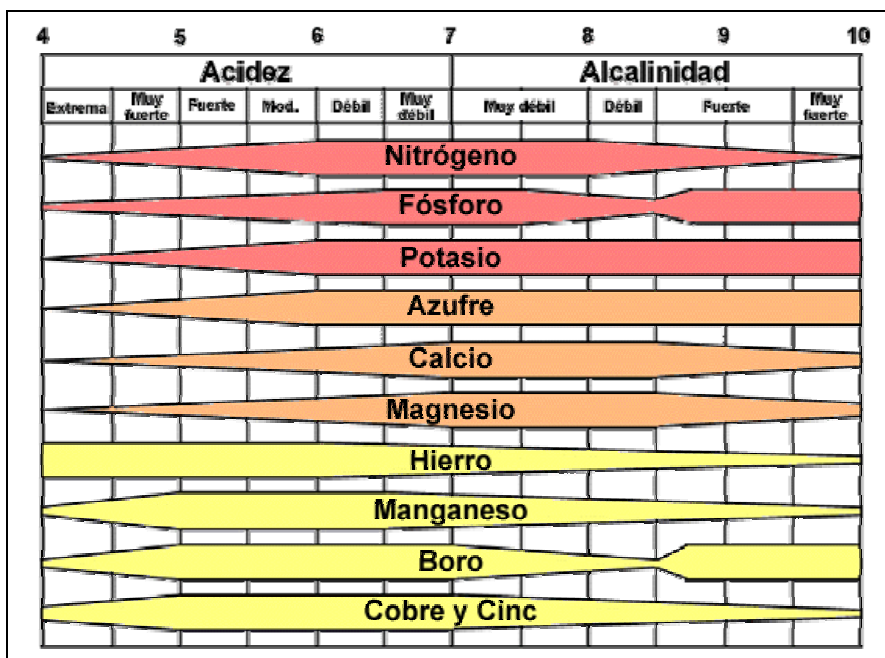


Figura 42 Concentración de diferentes elementos a lo largo de la escala de pH en el suelo. Tomado de

<http://pdf.rincondelvago.com/ciclos-biogeoquimicos-del-suelo.html>

ALTERACIONES DEL CICLO DEL FÓSFORO:

Por vía natural:

De forma natural se pueden producir perturbaciones tales como inundaciones que pueden lavar el fósforo del suelo y llevarlo a los ríos o mares, así como también el fuego que es capaz de liberar el fósforo de las plantas. También puede ocurrir el fenómeno de afloramiento mediante el cual las aguas profundas que son ricas en sales nutritivas (por lo tanto fósforo) suben a la superficie dando lugar a altas productividades. Todas estas alteraciones, modifican las tasas del flujo del fósforo en el ecosistema y por lo tanto afectan su ciclo dentro del mismo.

Antrópicas:

El hombre moviliza el ciclaje del fósforo cuando explota rocas que contienen fosfato. Un caso muy grave de interrupción por parte del hombre del ciclo del fósforo es la tala de bosques tropicales. Este ecosistema está sostenido por un reciclaje de nutrientes casi ciento por ciento eficiente y, si acaso, hay pocas reservas de nutrientes en el suelo. Cuando el bosque se corta y quema, los nutrientes almacenados en los organismos y los detritus son arrastrados en seguida por las lluvias copiosas y la tierra se vuelve improductiva. Otro efecto del hombre en el ciclo es que buena parte del fosfato de los cultivos se abre paso a las corrientes de agua, ya sea directamente, por deslave, o en forma indirecta en las aguas residuales. Como en esencia el fosfato no regresa del agua al suelo, este añadido da por resultado la fertilización excesiva de los cuerpos de agua, que a su vez origina un grave problema de contaminación conocido como eutrofización. Entre tanto, el fósforo que pierden los campos de labrantío se reemplaza con el que extrae la industria minera, lo que en última instancia hará que se agote el del subsuelo (Nebel y Wright, 1999).

Cuando el hombre utiliza estiércol, abono vegetal o fango de alcantarillado en cultivos, pastos y jardines, el ciclo natural se duplica; pero, en la mayor parte de los casos no ocurre así, y

los fertilizantes químicos que se aplican terminan lixiviados en las corrientes, lo que produce eutrofización. (Nebel y Wright, 1999). El flujo del fósforo en ríos es actualmente mayor de lo que era en tiempos prehistóricos, como resultado de la contaminación, la erosión y el lavado de fertilizantes.

Perturbaciones antropogénicas del reciclado del fósforo en el mar:

A causa de los vertidos directos de aguas residuales y de las pérdidas indirectas de abonos, los aportes fluviales de N y P a los océanos han aumentado en las últimas décadas. Los contaminantes derivados de combustibles fósiles también han incrementado la deposición atmosférica de N y S sobre la superficie del océano. Estos aportes probablemente hayan estimulado la productividad de los ecosistemas costeros y estuáricos y quizá la productividad del océano entero. Una mayor producción primaria neta en la capa superficial del océano debiera comportar un mayor transporte de carbono particulado hacia el fondo del océano, sirviendo potencialmente como sumidero para el creciente CO_2 atmosférico.

Las perturbaciones antropogénicas más intensas de los ecosistemas marinos se producen en los estuarios, las zonas costeras y las aguas de la plataforma continental. Aunque estas áreas ocupan sólo en torno al 10 % de la superficie de los océanos, les corresponde un 18% de la productividad de los océanos y un 83 % del enterramiento de carbono en los sedimentos. Los modelos basados en promedios globales enmascaran la importancia comparativa de estas regiones con relación a los ciclos biogeoquímicos totales del océano. Por ejemplo, puede transportarse una cantidad significativa de carbono orgánico de la plataforma continental al océano profundo. Si el clima global cambiara la tasa de afloramiento costero cabría esperar cambios importantes en la biogeoquímica global de los océanos.

El fósforo del mar no sufre pérdidas gaseosas significativas. En estado estacionario, los aportes de los ríos quedan compensados por el enterramiento permanente de fósforo en los sedimentos del océano. La mayor parte del aporte fluvial de P se deposita cerca de la costa. El enterramiento de compuestos biogénicos de P en el océano abierto se estima entre $1,0$ y $2,0 \times 10^{12}$ g/año, una tasa similar al aporte fluvial de P bioreactivo. El P queda sepultado con la deposición de materia orgánica o de CaCO_3 . Durante la diagénesis de los sedimentos, el P ligado a materia orgánica y a Fe se convierte en fosforita (apatita autógena) y otros minerales que pueden acabar por dominar el almacenamiento de P en los sedimentos. La fosforita se forma cuando el PO_4^{3-} resultante de la mineralización de P orgánico se combina con Ca y F para formar fluorapatita. El aporte de F se realiza por difusión desde el agua al sedimento. En algunas áreas del océano se acumulan nódulos de fosforita sobre el sedimento. Estos nódulos son un enigma; permanecen sobre la superficie del sedimento a pesar de crecer con una tasa más lenta que la tasa de acumulación de sedimentos.

El tiempo medio de residencia del P reactivo en los océanos, con relación a los aportes fluviales o la pérdida hacia el sedimento, es de unos 25.000 años. Por consiguiente, cada átomo de P que entra en el océano completa por término medio 50 ciclos entre la superficie y el océano profundo antes de quedar sepultado en los sedimentos. Las formas de carbonato sepultadas completan un ciclo biogeoquímico global cuando los procesos geológicos levantan las rocas sedimentarias por encima del nivel del mar y la meteorización vuelve a comenzar. Por tanto, comparado con el N, el ciclo global del P completa sus ciclos muy lentamente. Por lo que, el hombre está efectuando un gran desequilibrio en el ciclo del fósforo al arrojar este elemento a los mares.

Alteraciones del pH:

Una modificación del pH, puede ocasionar alteraciones muy importantes en lo que se refiere a la biodisponibilidad de elementos, por un lado pueden presentarse excesos (toxicidad) y por otro deficiencias, por lo cual la contaminación y/o tratamiento de suelos agrícolas, pueden generar cambios en el pH con repercusiones serias.

ACTIVIDADES**INDIVIDUALES:**

Investiga ¿Cómo se originan los abonos fosfatados? Y ¿Cómo absorben las plantas el fósforo?

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Clapham, W.B.1973. Natural Ecosystems. Macmillan Publishing Co., Inc. New Cork.
- Curtis, Helena y Barnes N. S. 2001. Biología. Sexta Edición en Español. Editorial Médica Panamericana.
- Nebel, B.J. y Wright, R. T. 1999. Ciencias Ambientales Ecología y Desarrollo Sostenible. Sexta Edición. Prentice Hall.
- Schlesinger, W. H. 2000. Biogeoquímica un análisis del cambio global. Ariel Ciencia. Barcelona.

PÁGINAS WEB:

<http://pdf.rincondelvago.com/ciclos-biogeoquimicos>

<http://pdf.rincondelvago.com/ciclos-bioquimicos-del-suelo.html>

<http://pdf.rincondelvago.com/el-fosforo.html>

<http://www.fertilizar.org.ar/articulos/articulos.asp>

http://www.infoagro.com/abonos/pH_suelo.htm#1.

TEMA 5. CICLO DEL AZUFRE

COMPETENCIAS:

- Valora la importancia del ciclo del azufre como fuente de nutrientes necesarios para la vida
- Conoce todos los procesos involucrados en el Ciclo del azufre
- Analiza las consecuencias de las actividades antrópicas sobre el Ciclo del azufre y sus efectos sobre la biosfera

CONTENIDO:

IMPORTANCIA DEL CICLO DEL AZUFRE

El azufre se presenta dentro de todos los organismos en pequeñas cantidades, principalmente en los aminoácidos. Es un nutriente secundario requerido por plantas y animales para realizar diversas funciones, además está presente en prácticamente todas las proteínas y de esta manera es un elemento absolutamente esencial para todos los seres vivos. Se puede encontrar en el aire como dióxido de azufre y en el agua como ácido sulfúrico y en otras formas.

Este elemento generalmente se encuentra en el material permeable del suelo; o en forma de azufre cristalino; en el gas natural, como parte de la roca madre (basalto), disuelto en aguas y ríos; y como piritita (blenda). El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera dióxido de azufre en la atmósfera

La intemperización extrae sulfatos de las rocas, los que recirculan en los ecosistemas. En los suelos reducidos, el azufre recircula gracias a las bacterias reductoras del azufre que reducen sulfatos y otros compuestos similares, y a las bacterias desnitrificantes, que oxidan sulfuros. . El ciclo del azufre no sólo está relacionado con procesos naturales, sino también con las aportaciones humanas a través de los procesos industriales.

El azufre en el interior de las células tiene características de poca movilidad. Cumple fisiológicamente algunas funciones importantes, además de constituir distintas sustancias vitales, éstas son:

Forma parte constituyente de las proteínas (cistina, cisteína, metionina), parte de las vitaminas (biotina). Es constituyente de las distintas enzimas con el sulfidrilo (SH) como grupo activo, que actúan en el ciclo de los hidratos de carbono y en los lípidos (en la oxidación de los ácidos grasos, como la coenzima A, CoA).

Interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células (con el glutatión), en la estructura terciaria de las proteínas; las proteínas se ordenan en grandes cadenas moleculares, el azufre ayuda a la constitución de estas macromoléculas además de formar parte de los aminoácidos (compuestos moleculares imprescindibles para la formación de los péptidos, que se unen a su vez para la formación de las proteínas).

Algunas especies como las crucíferas, y entre ellas las liliáceas, adsorben una gran cantidad de sulfatos, produciendo en su contenido celular gran cantidad de sulfuro de alilo que ocasiona el olor característico de algunos vegetales como la cebolla.

El contenido de azufre en las oleaginosas, y especialmente de aquellos frutos con alto contenido de aceite como la mostaza, es notablemente elevado. El azufre actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos, a pesar de que el contenido de almidón también puede estimarse; sin embargo no puede hablarse de una elevación del contenido del almidón por la fertilización el azufre.

El azufre es un componente insustituible de algunas grasas (mostaza y ajo). Este elemento contribuye en la formación de la clorofila, a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas. Parte del azufre se encuentran en las plantas en forma oxidada de compuestos inorgánicos.

La deficiencia de azufre se observa en suelos pobres en materia orgánica, suelos arenosos o franco arenosos. Esta deficiencia en el suelo puede traer una disminución de la fijación de nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias, trayendo consecuentemente una disminución de los nitratos en el contenido de aquél. Cuando el azufre se encuentra en escasa concentración para las plantas se altera los procesos metabólicos y la síntesis de proteínas. La insuficiencia del azufre influye en el desarrollo de las plantas.

Los síntomas de deficiencia de azufre son debidos a los trastornos fisiológicos, manifestándose en los siguientes puntos:

- Crecimiento lento.
- Debilidad estructural de la planta, tallos cortos y pobres.
- Clorosis en hojas jóvenes, un amarillamiento principalmente en los "nervios" foliares e inclusive aparición de manchas oscuras (por ejemplo, en la papa).
- Desarrollo prematuro de las yemas laterales.
- Formación de los frutos incompleta.

Todos los nutrientes, ya sean macro o micro elementos son necesarios para un correcto balance para la nutrición de la planta. La ausencia de un elemento, provocaría un desbalance no sólo en el sistema fisiológico de la planta sino también en el sistema del suelo y medio ambiente. Como ya se dijo anteriormente el azufre es un elemento sumamente importante por lo que su ciclo dentro del ecosistema es vital para la supervivencia de los seres vivos.

DESCRIPCIÓN DEL CICLO:

Se desplaza a través de la biosfera en dos ciclos, uno interior y otro exterior. El ciclo interior comprende el paso desde el suelo (o desde el agua en los ambientes acuáticos) a las plantas, a los animales, y de regreso nuevamente al suelo o al agua. Sin embargo, existen vacíos en este ciclo interno. Algunos de los compuestos sulfúricos presentes en la tierra (por ejemplo, el suelo) son llevados al mar por los ríos. Este azufre se perdería y escaparía del ciclo terrestre si no fuera por un mecanismo que lo devuelve a la tierra. Tal mecanismo consiste en convertirlo en compuestos

gaseosos tales como el ácido sulfhídrico (H_2S) y el bióxido de azufre (SO_2). Estos penetran en la atmósfera y son llevados a tierra firme. Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del bióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

Las bacterias desempeñan un papel crucial en el ciclaje del azufre. Cuando está presente en el aire, la descomposición de los compuestos del azufre (incluyendo la descomposición de las proteínas) produce sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). Bajo condiciones anaeróbicas, el ácido sulfhídrico (gas de olor a huevos podridos) y el sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3) son los productos principales. Cuando estos dos últimos gases llegan a la atmósfera, son oxidados y se convierten en bióxido de azufre. La oxidación ulterior del bióxido de azufre y su disolución en el agua lluvia produce ácido sulfhídrico y sulfatos, formas principales bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres.

El azufre circula a través de la biosfera de la siguiente manera, por una parte se comprende el paso desde el suelo o bien desde el agua, si hablamos de un sistema acuático, a las plantas, a los animales y regresa nuevamente al suelo o al agua.

Algunos de los compuestos sulfúricos presentes en la tierra son llevados al mar por los ríos. Este azufre es devuelto a la tierra por un mecanismo que consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico (H_2S) y el dióxido de azufre (SO_2). Estos penetran en la atmósfera y vuelven a tierra firme. Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

Las bacterias desempeñan un papel crucial en el reciclaje del azufre. Cuando está presente en el aire, la descomposición de los compuestos del azufre (incluyendo la descomposición de las proteínas) produce sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). Bajo condiciones anaeróbicas, el ácido sulfúrico (gas de olor a huevos en putrefacción) y el sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3) son los productos principales. Cuando estos últimos gases llegan a la atmósfera, son oxidados y se convierten en bióxido de azufre. La oxidación posterior del bióxido de azufre y su disolución en el agua de lluvia produce ácido sulfhídrico y sulfatos, formas principalmente bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres. El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera bióxido de azufre a la atmósfera. Un esquema del ciclo del azufre es presentado en la figura 43

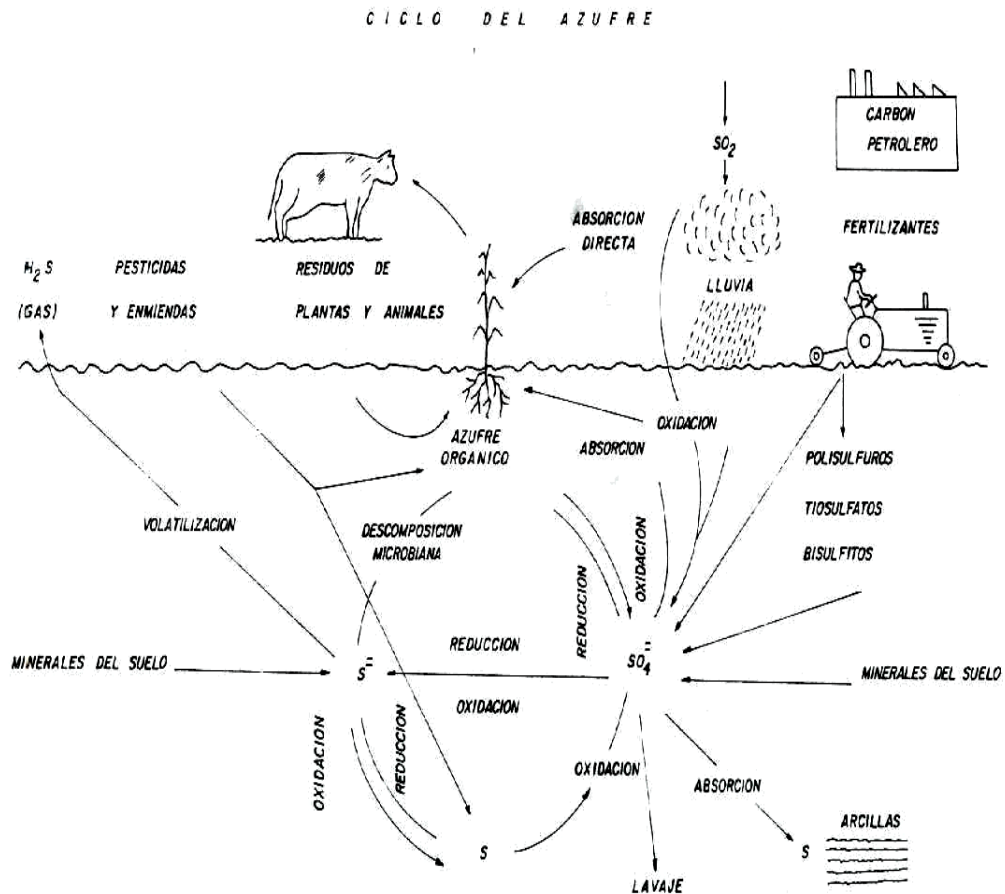


Figura 43: Ciclo del azufre, tomado de <http://pdf.rincondelvago.com/ciclos-biogeoquimicos>

Como resumen podemos decir que durante el ciclo del azufre los principales eventos son los siguientes:

- El azufre, como sulfato, es aprovechado e incorporado por los vegetales para realizar sus funciones vitales.
- Los consumidores primarios adquieren el azufre cuando se alimentan de estas plantas.
- El azufre puede llegar a la atmósfera como sulfuro de hidrógeno (H_2S) o dióxido de azufre (SO_2), ambos gases provenientes de volcanes activos y por la descomposición de la materia orgánica.
- Cuando en la atmósfera se combinan compuestos del azufre con el agua, se forma ácido sulfúrico (H_2SO_4) y al precipitarse lo hace como lluvia ácida.

ALTERACIONES DEL CICLO DEL AZUFRE POR CAUSAS ANTRÓPICAS

Cerca de un tercio de todos los compuestos de azufre y 99 % del dióxido de azufre que llegan a la atmósfera desde todas las fuentes, provienen de las actividades humanas. La combustión de carbón y petróleo que contienen azufre, destinada a producir energía eléctrica, representa cerca de dos tercios de la emisión, por humanos, de dióxido de azufre a la atmósfera. El tercio restante proviene de procesos industriales tales como la refinación del petróleo y la conversión (por fundición) de compuestos azufrosos de minerales metálicos en metales libres como el cobre, plomo y zinc.

En la atmósfera, el dióxido de azufre reacciona con oxígeno para producir trióxido de azufre, el cual reacciona con vapor de agua para producir minúsculas gotas de ácido sulfúrico. También reacciona con otras sustancias químicas de la atmósfera para originar partículas pequeñas de sulfatos. Estas gotas de ácido sulfúrico y partículas de sulfato caen a la tierra como componentes de la **lluvia ácida**.

ACTIVIDADES

INDIVIDUALES

1.- Formule la reacción química señalada en el párrafo siguiente: el dióxido de azufre reacciona con oxígeno para producir trióxido de azufre, el cual reacciona con vapor de agua para producir minúsculas gotas de ácido sulfúrico.

GRUPALES:

1.- Realice, en grupos de dos personas, un trabajo de investigación sobre la lluvia ácida y sus efectos sobre la biota, estatuas, edificios, otros.

2.-Prepare una exposición de 15 min, en donde explique en que consiste la lluvia ácida y cómo la misma tiene efectos negativos sobre los seres vivos y algunos elementos no vivos tales como estatuas, edificios, monumentos, otros. (Equipos de 3 integrantes)

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Clapham, W.B.1973. Natural Ecosystems. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Curtis, Helena y Barnes N. S. 2001. Biología. Sexta Edición en Español. Editorial Médica Panamericana.
- Nebel, B.J. y Wright, R. T. 1999. Ciencias Ambientales Ecología y Desarrollo Sostenible. Sexta Edición. Prentice Hall.
- Schlesinger, W. H. 2000. Biogeoquímica un análisis del cambio global. Ariel Ciencia. Barcelona.

- Tyller Millar, G. Jr. 1994. Ecología y Medio ambiente. Grupo editorial Iberoamericana. México.

PÁGINAS WEB:

- <http://www.lenntech.com/espanol/ciclos%20de%20la%20materia.htm>
- <http://pdf.rincondelvago.com/ciclos-biogeoquimicos>