

# **Dinámica de elementos esenciales en los ciclos biogeoquímicos de P, S, y K**

Autores: García-Torres, Pedro <sup>1</sup>, Gaxiola-Hernández, Ángel <sup>1</sup>, Mendoza-Pérez, Rodrigo<sup>1</sup>, Villa-Alvarado, Sofía <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México. 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México. CP. 85000.

Correo electrónico: (pedro.gato1922@gmail.com- angel.gaxiola248523@potros.itson.edu.mx – icipiamrodrigo@gmail.com– ingsbva@gmail.com).

## **Contexto:**

Como parte de la competencia de caracterización ambiental, los estudiantes de Ingeniería de Ciencias Ambientales del Instituto Tecnológico de Sonora cursan la clase de ciclos biogeoquímicos.

El desarrollo de los diagramas para estudiar los ciclos biogeoquímicos facilita entender los conceptos de ciclo, conectividad, síntesis de información, procesos, interacciones, reservorios y flujos, el contexto en el que se desarrollan y creatividad. En este contexto se realizaron esquemas para el ciclo del fósforo (P), azufre (S), potasio (K), el objetivo de documentar estos ciclos en forma de diagrama y publicarlos para poder entregar una visión más amplia de estos ciclos, otorgando información sobre los cambios en los ecosistemas a lo largo del tiempo, explicando las consecuencias que afectan al funcionamiento del planeta tierra.

En este documento encontrarán material didáctico de los ciclos del fósforo (P), azufre (S) y potasio (K), la finalidad de la selección de estos ciclos es por su importancia en los ecosistemas, ya que estos elementos pertenecen a los 16 elementos que se consideran minerales esenciales para la nutrición de las plantas, por ende es necesario estudiarlos ya que no se encuentra información completa de estos ciclos o no se encuentra de fácil acceso al público.

Profesora del curso: Dra. Zulia Mayari Sánchez Mejía ([zulia.sanchez@itson.edu.mx](mailto:zulia.sanchez@itson.edu.mx))

## **Diagrama del ciclo del fósforo**

## **Explicación:**

En el siguiente diagrama de caja se observan 9 reservorios, que se puede definir como el depósito en el que se encuentran almacenados las diferentes sustancias, y que se van moviendo a través de diferentes flujos que es el medio transporte en el que se van moviendo de reservorio a reservorio.

Para este ciclo de fósforo se pueden observar diferentes colores de flechas; verde, negro, azul y naranja. El verde significa que se encuentran en atmósfera, suelo y subsuelo, en el caso del color negro es que se encuentran en el medio acuático desde superficie oceánica hasta las profundidades del océano, y por ultimo las de color azul y naranja significan este interfaz de subsuelo a océano y viceversa. Este se propuso así debido a que se quería recalcar todo el flujo desde diferentes reservorios y para que sea más fácil de observar. Las flechas se dirigen de un reservorio a otro y encima de las flechas en color negro (superficie de suelo y todo el océano) y en color blanco (subsuelo), esto se realizó de esta manera para identificar rápidamente el flujo en el que se dirige un reservorio a otro.

El fósforo es un nutriente importante para los seres vivos, es fundamental para los ácidos nucleicos, ADN y los fosfolípidos. También es un importante soporte para nuestros huesos, este nutriente es muy limitante y se encuentran en muy pequeñas cantidades en especial en los ecosistemas acuáticos de agua dulce (ENCCH, 2020).

El ciclo empieza con la meteorización de los compuestos fosfatados que se dirigen a la pedosfera, que luego son absorbidos por la biosfera y tiempos después estas regresan a la pedosfera por medio de la descomposición y aquí pueden ir a la atmósfera a través de la erosión eólica y posteriormente regresar por medio de la deposición seca y húmeda, o pueden ir al sedimento marino por medio de la escorrentía y después ir a la superficie del océano, y de ahí puede pasar a la biota costera por medio de arrastre y regresar por medio de la sedimentación, o puede ir a la biota oceánica por medio de la red trófica y por medio de la excreción ir al océano profundo y regresar a la litosfera por medio de sedimentación y continuar con el ciclo (Valenzuela López, 2010).

El siguiente glosario vincula la información presentada en estos diagramas de caja y la publicación enviada.

## **Reservorios:**

**Atmósfera:** Capa gaseosa que envuelve la tierra y que se mantiene unida al planeta por la fuerza de la gravedad.

**Biósfera:** El total de los ecosistemas de la Tierra que funcionan juntos a una escala global.

**Biota costera:** es la comunidad de organismos que habitan en las zonas costeras, incluyendo plantas como manglares y algas, y animales como aves, peces, y mamíferos marinos.

**Biota oceánica:** abarca todos los organismos que viven en los océanos.

**Litosfera:** Envoltura rocosa que constituye la corteza exterior sólida del globo terrestre.

**Océano profundo:** Se refiere a las zonas oceánicas por debajo de los 200 metros de profundidad, donde la luz solar no penetra, y prevalecen condiciones extremas de oscuridad, alta presión y bajas temperaturas.

**Pedósfera:** es la capa más externa de la Tierra compuesta por suelos, donde interactúan la litósfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera.

**Sedimento costero:** material compuesto por arena, grava, lodo y otros fragmentos minerales y orgánicos que se acumulan en las áreas costeras debido a la acción de olas, mareas, ríos y corrientes.

**Superficie del océano:** es la capa más externa del agua del mar, que interactúa directamente con la atmósfera.

## **Flujos:**

**Absorción por arcillas:** Capacidad de las partículas de arcilla en el suelo para retener y captar nutrientes.

**Adsorción de nutrientes:** Proceso mediante el cual los organismos toman nutrientes esenciales del medio ambiente o de los alimentos para su crecimiento, mantenimiento y funcionamiento.

**Afloramiento:** ascenso de agua de niveles más profundos, más fría y rica en sales nutrientes.

**Arrastre:** Proceso mediante el cual partículas de sedimento, como arena, grava o arcilla, son transportadas por corrientes de agua, viento o hielo.

**Asentamiento:** Proceso mediante el cual las partículas sólidas suspendidas en un fluido, como agua o aire, se desplazan hacia el fondo debido a la gravedad.

**Compactación:** procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades.

**Deposición húmeda:** Proceso por el cual contaminantes de carácter ácido (ácido sulfúrico, ácido nítrico, etc.) son lavados en la atmósfera mediante lluvia, nieve, etc., y depositados en el suelo.

**Deposición seca:** Proceso por el cual contaminantes de carácter ácido (sulfúrico, nítrico, etc.) sedimentan desde la atmósfera y se depositan en el suelo.

## **Descomposición:**

Proceso de degradación de la materia orgánica por acción biológica con desprendimiento de energía y la obtención de compuestos simples orgánicos e inorgánicos.

**Erosión:** Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento.

**Erosión eólica:** Es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo.

**Erosión hídrica:** Escurrimiento superficial de tierra causado por el agua de riego, la lluvia, el deshielo, la escorrentía.

**Escorrentía:** Proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial.

**Excreción:** proceso biológico mediante el cual los organismos eliminan desechos metabólicos y sustancias tóxicas de sus cuerpos para mantener el equilibrio interno y la homeostasis.

Lixiviación: proceso por el cual se disuelven y eliminan sustancias solubles en agua, generalmente desde el suelo, sedimentos o rocas, cuando el agua percola a través de ellos.

Red trófica: Conjunto de cadenas alimentarias de un ecosistema, interconectadas entre sí mediante relaciones de alimentación.

Sedimentación: Operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad.

Vulcanismo: Meteorización: Fragmentación o degradación parcial o total de las rocas y los minerales en contacto con la atmósfera, la hidrosfera o la biosfera.

## **Diagrama del ciclo del azufre**

**Explicación:** En el siguiente diagrama de caja se observan 7 reservorios, que se puede definir como el depósito en el que se encuentran almacenados las diferentes sustancias, y que se van moviendo a través de diferentes flujos que es el medio transporte en el que se van moviendo de reservorio a reservorio.

Para este ciclo de azufre se pueden observar diferentes colores de flechas; negro y naranja. En el caso del color negro es que se encuentran en el medio acuático desde superficie costera hasta las profundidades del océano, y por ultimo las de color naranja significan que se encuentran afuera del océano. Este se propuso así debido a que se quería recalcar todo el flujo desde diferentes reservorios y para que sea más fácil de observar. Las flechas se dirigen de un reservorio a otro y encima de las flechas en color negro los flujos, esto se realizó de esta manera para identificar rápidamente el flujo en el que se dirige un reservorio a otro.

Este es un elemento clave para la vida, estos están presentes en los aminoácidos, proteínas y coenzimas. En los ecosistemas acuáticos se encuentran como sulfatos (Schlesinger & Bernhardt, 2020).

Caso de estudio en ventilas hidrotermales El ciclo empieza cuando el riftia pachyptila, consume a los fitoplancton que contiene azufre en sus tejidos, este gusano al respirar o al morir llevan el azufre hacia la superficie del océano luego por evaporación llega a la atmósfera y regresan a la superficie oceánica por medio de deposición húmeda seca, luego pasan a la superficie costera por afloramiento y por medio de sedimentación van a la biota marina y por medio de arrastre regresan a la superficie costera, de la biota costera por medio de evaporación llegan al manto oceánico y por medio de la circulación hidrotermal vuelven a la riftia pachyptila y está por medio de sedimentación va a la superficie continental y por medio de ya sea meteorización, vulcanismo o levantamiento vuelve al manto oceánico y del manto vuelve a riftia pachyptila y continúa el ciclo del azufre (Schlesinger & Bernhardt, 2020).

El siguiente glosario vincula la información presentada en estos diagramas de caja y la publicación enviada.

### **Reservorios:**

**Atmósfera:** Capa gaseosa que envuelve la tierra y que se mantiene unida al planeta por la fuerza de la gravedad.

**Biota costera:** es la comunidad de organismos que habitan en las zonas costeras, incluyendo plantas como manglares y algas, y animales como aves, peces, y mamíferos marinos.

**Manto oceánico:** es la capa delgada conformada por rocas que forman el fondo marino.

**Riftia pachyptila:** gusano de tubo gigante, animal invertebrado marino que se encuentra en las profundidades del océano a 2850 metros de profundidad, con un tamaño de 2 metros de largo.

**Superficie del océano:** es la capa más externa del agua del mar, que interactúa directamente con la atmósfera.

**Superficie continental:** capa de rocas, en zonas de fondo marino con poca profundidad que son cercanas a las costas.

**Superficie costera:** es la transición entre el mar y la superficie terrestre que se encuentran en constantes procesos naturales y actividades de organismos.

**Flujos:**

Afloramiento: ascenso de agua de niveles más profundos, más fría y rica en sales nutrientes.

Arrastre: Proceso mediante el cual partículas de sedimento, como arena, grava o arcilla, son transportadas por corrientes de agua, viento o hielo.

Circulación hidrotermal: proceso geológico en el que el movimiento de las olas calienta y disuelve minerales en la corteza terrestre.

Descomposición: Proceso de degradación de la materia orgánica por acción biológica con desprendimiento de energía y la obtención de compuestos simples orgánicos e inorgánicos.

Deposición húmeda: Proceso por el cual contaminantes de carácter ácido (ácido sulfúrico, ácido nítrico, etc.) son lavados en la atmósfera mediante lluvia, nieve, etc., y depositados en el suelo.

Deposición seca: Proceso por el cual contaminantes de carácter ácido (sulfúrico, nítrico, etc.) sedimentan desde la atmósfera y se depositan en el suelo.

Evaporación: Es el cambio del estado de la materia de líquido a gaseoso por efecto de la temperatura.

Vulcanismo: Meteorización: Fragmentación o degradación parcial o total de las rocas y los minerales en contacto con la atmósfera, la hidrosfera o la biosfera.

Muerte: el cese irreversible de todas las funciones que mantiene vivo a un organismo marcando un fin en el ciclo de vida de un organismo.

Respiración: intercambio de gases de un organismo a su entorno.

Sedimentación: Operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad.

# Diagrama del ciclo del potasio

## Explicación:

En el siguiente diagrama de caja se observan 10 reservorios, que se puede definir como el depósito en el que se encuentran almacenados las diferentes sustancias, y que se van moviendo a través de diferentes flujos que es el medio transporte en el que se van moviendo de reservorio a reservorio.

Para este ciclo de potasio se pueden observar diferentes colores de flechas; verde, negro y azul. El verde significa que se encuentran en atmósfera, suelo y subsuelo, en el caso del color negro es que se encuentran en el medio acuático desde superficie oceánica hasta las profundidades del océano, y por ultimo las de color azul significan este interfaz de subsuelo a océano y viceversa. Este se propuso así debido a que se quería recalcar todo el flujo desde diferentes reservorios y para que sea más fácil de observar. Las flechas se dirigen de un reservorio a otro y encima de las flechas en color negro (superficie de suelo y todo el océano) y en color blanco (subsuelo), esto se realizó de esta manera para identificar rápidamente el flujo en el que se dirige un reservorio a otro.

El potasio es una de los elementos más importantes para la vegetación, su participación radica en procesos muy importantes como lo es la fotosíntesis, activación de enzimas que ayudan en procesos metabólicos, ayuda al crecimiento vegetativo, calidad de frutos y es esencial para los organismos vivos (Schlesinger & Bernhardt, 2020).

El potasio proviene de la meteorización de los minerales en la pedosfera y llegan a la litosfera luego por compactación vuelven a la pedosfera y por medio de erosión eólica e hídrica llegan al suelo, la biosfera absorbe los nutrientes y luego por medio de combustión o evaporación llegan a la atmósfera y regresan al suelo por medio de deposiciones húmedas y secas, vuelven a la pedosfera por medio de absorción de las arcillas y por medio de arrastre llegan al sedimento marino y por medio de lixiviación llegan a la superficie del océano y de la superficie oceánica se van ya sea a la biota marina por medio de la red trófica, a la biota costera por afloramiento, o por sedimento al océano profundo y aquí vuelve a la litósfera por sedimentación y así continúa el ciclo (Schlesinger & Bernhardt, 2020).

El siguiente glosario vincula la información presentada en estos diagramas de caja y la publicación enviada.

## Reservorios:

**Atmósfera:** Capa gaseosa que envuelve la tierra y que se mantiene unida al planeta por la fuerza de la gravedad.

**Biósfera:** El total de los ecosistemas de la Tierra que funcionan juntos a una escala global.

**Biota costera:** es la comunidad de organismos que habitan en las zonas costeras, incluyendo plantas como manglares y algas, y animales como aves, peces, y mamíferos marinos.

**Biota oceánica:** abarca todos los organismos que viven en los océanos.

**Litosfera:** Envoltura rocosa que constituye la corteza exterior sólida del globo terrestre.

Océano profundo: Se refiere a las zonas oceánicas por debajo de los 200 metros de profundidad, donde la luz solar no penetra, y prevalecen condiciones extremas de oscuridad, alta presión y bajas temperaturas.

Pedósfera: es la capa más externa de la Tierra compuesta por suelos, donde interactúan la litosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera.

Sedimento costero: material compuesto por arena, grava, lodo y otros fragmentos minerales y orgánicos que se acumulan en las áreas costeras debido a la acción de olas, mareas, ríos y corrientes.

Suelo: Medio poroso y heterogéneo, resultado de la interacción entre factores bióticos y abióticos, que sustentan la vida vegetal.

Superficie del océano: es la capa más externa del agua del mar, que interactúa directamente con la atmósfera.

### **Flujos:**

Adsorción de nutrientes: Proceso mediante el cual los organismos toman nutrientes esenciales del medio ambiente o de los alimentos para su crecimiento, mantenimiento y funcionamiento.

Absorción por arcillas: Capacidad de las partículas de arcilla en el suelo para retener y captar nutrientes.

Afloramiento: ascenso de agua de niveles más profundos, más fría y rica en sales nutrientes.

Arrastre: Proceso mediante el cual partículas de sedimento, como arena, grava o arcilla, son transportadas por corrientes de agua, viento o hielo.

Asentamiento: Proceso mediante el cual las partículas sólidas suspendidas en un fluido, como agua o aire, se desplazan hacia el fondo debido a la gravedad.

Combustión: Reacción química que produce fuego y libera dióxido de carbono.

Compactación: procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades.

Descomposición: Proceso de degradación de la materia orgánica por acción biológica con desprendimiento de energía y la obtención de compuestos simples orgánicos e inorgánicos.

Deposición húmeda: Proceso por el cual contaminantes de carácter ácido (ácido sulfúrico, ácido nítrico, etc.) son lavados en la atmósfera mediante lluvia, nieve, etc., y depositados en el suelo.

Deposición seca: Proceso por el cual contaminantes de carácter ácido (sulfúrico, nítrico, etc.) sedimentan desde la atmósfera y se depositan en el suelo.

Erosión: Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento.

Erosión eólica: Es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo.

Erosión hídrica: Escurrimiento superficial de tierra causado por el agua de riego, la lluvia, el deshielo, la escorrentía.



Evaporación: Es el cambio del estado de la materia de líquido a gaseoso por efecto de la temperatura.

Excreción: proceso biológico mediante el cual los organismos eliminan desechos metabólicos y sustancias tóxicas de sus cuerpos para mantener el equilibrio interno y la homeostasis.

Lixiviación: proceso por el cual se disuelven y eliminan sustancias solubles en agua, generalmente desde el suelo, sedimentos o rocas, cuando el agua percola a través de ellos.

Red trófica: Conjunto de cadenas alimentarias de un ecosistema, interconectadas entre sí mediante relaciones de alimentación.

Sedimentación: Operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad.

Vulcanismo: Meteorización: Fragmentación o degradación parcial o total de las rocas y los minerales en contacto con la atmósfera, la hidrosfera o la biosfera.

## Referencias bibliográficas:

- Amengual, P., & Catellvi, J. (2015). Ciclo del azufre en la plataforma continental mediterránea. In *Instituto de investigaciones pesqueras Paseo Nacional* (pp. 1–14).
- Arrebola P., Fernández Montero J., y León Navarro (2004). Aspectos sanitarios de los óxidos de azufre como contaminantes atmosféricos. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 106–113.
- Bento, L., Marotta, H., & Enrich-Prast, A. (2007). O papel das Macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos. *Oecologia Brasiliensis*, 11(04), 582–589. <https://doi.org/10.4257/oeco.2007.1104.10>
- ENCCH (2017). El Ciclo del Fósforo. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Moron, A. (1994). *Fósforo: disponibilidad y dinámica en el suelo. Manejo y fertilidad de suelos*.
- Odum, E. P., & Barret, G. W. (2006). Fundamentos de ecología. In © D.R. 2006 por Cengage Learning Editores, S.A.
- Rascón, J., & Corroto, F. (2020). Evolución fisicoquímica y de las bacterias del azufre en microcosmos de diferentes sistemas acuáticos de la Región Amazonas. *Tayacaja*, 3(1). <https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.68>
- Report, O. F. (2016). *Potash — A Vital Agricultural Nutrient Sourced from Geologic Deposits Open File Report 2016 – 1167*.
- Schlesinger, W. H., & Bernhardt, E. S. (2020). *Biogeochemistry: an analysis of global change*. Fourth edition. London, UK, Academic Press.
- Valenzuela, J. (2010). *Formas y Distribución del Fósforo en el Perfil de Suelo en Diferentes Condiciones de Uso y Manejo en un Andisol de Chiloé, Chile*. 1–66.
- Valverde, T., Cano-Santana, Z., Meave, J. A., & Carabias, J. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. 230.
- Zaror, C. (2000). "Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos." *Departamento de Ingeniería Química Facultad de Ingeniería*, 249–319.