



## **Seminario de Análisis y Desarrollo de la Enseñanza 2012**

**Producto de Trabajo**

**Plantel 2 *Erasmus Castellanos Quinto* de la ENP**

Profesores participantes:

**MARTHA ELENA ARANDA MERLO  
JOSÉ LUIS BUENDÍA URIBE  
MARTHA PATRICIA DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ  
MARIBEL ELUANI CABRERA  
GREGORIA FLORES RODRÍGUEZ  
ARMANDO GARCÍA NERI  
MARÍA EUGENIA MARTÍNEZ YÉPEZ  
SALVADOR MONTERO LÓPEZ  
HILDA EUGENIA RODRÍGUEZ AVILÉS**



**Objetivo:**

Reconocer la importancia del cuidado y preservación del suelo al ser el soporte de vida en nuestro planeta.

**Metodología de trabajo**

Estimado alumno:

A continuación encontrarás una breve lectura acerca del suelo, por favor revísala y posteriormente realiza los diagrama de flujo de cada una de las actividades señaladas.

Consigue tres muestras de suelo, de preferencia de zonas cultivables, o en su defecto en el mercado de plantas o jardines de casas o parques.

En el laboratorio llevarás a cabo cada actividad y deberás anotar tus resultados en los cuadros diseñados para ello, los cuales localizarás en el apéndice 1.

Al finalizar las actividades se realizará un pequeño coloquio para intercambiar experiencias acerca de los resultados obtenidos de tus muestras de suelo.

**Material y equipo**

Material	Sustancias	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 muestras de suelo</li> <li>• 1 Gradilla</li> <li>• 10 Tubos de ensayo</li> <li>• 3 Pipetas Beral</li> <li>• Papel pH y escala de comparación</li> <li>• Vaso de precipitados de 30 mL</li> <li>• 3 frascos de 150 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrato de Plata, <math>\text{AgNO}_3</math> 0.1 M</li> <li>• Ácido clorhídrico, <math>\text{HCl}</math>, 6 M</li> <li>• Cloruro de bario, <math>\text{BaCl}_2</math>, 0.1 M</li> <li>• Peróxido de hidrógeno, <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>, 3%</li> <li>• Sulfocianuro de potasio, <math>\text{KSCN}</math>, al 5%</li> <li>• Agua (<math>\text{H}_2\text{O}</math>) destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciómetro o sensor de pH, interface y computadora</li> </ul>



Te has preguntado ¿qué es el suelo?, ¿cómo se ha formado?,  
¿Qué componentes presenta? ¿Cuál es su importancia?

### ¿Qué es el suelo?

El suelo es el resultado de la acción del clima y los organismos vivos sobre un material geológico original, a lo largo del tiempo (figura 1).

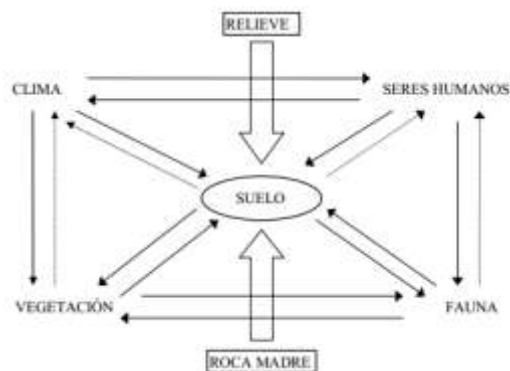


Figura 1. Factores que influyen en la formación del suelo

Está formado por varias capas diferenciadas, que constituyen el perfil u horizonte del suelo.

La capa superior suele ser la más oscura, a causa de la acumulación de materia orgánica descompuesta, y se denomina horizonte A. La siguiente capa es más clara, posee mayor cantidad de arcilla, y se denomina horizonte B o subsuelo. Por debajo de esta capa se encuentra el horizonte C, o material original del suelo, que se extiende hasta la roca madre (horizonte D) a partir de la cual se ha originado el suelo.

#### Actividad 1. Horizontes del suelo

De acuerdo a la descripción señalada en los párrafos anteriores, señala en el esquema del apéndice 1, los horizontes que componen al suelo, e investiga la composición de cada uno de ellos.

El suelo, además de servir de soporte o anclaje a las plantas, tiene que suministrar a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales. Si la disponibilidad o proporción en que estos componentes se encuentran a disposición de las plantas no es adecuada, su crecimiento podrá verse afectado por:

- *asfixia* debida a la falta de oxígeno, que impide la respiración de las raíces (y de los organismos vivos que habitan el suelo).
- *deshidratación* por falta de agua, que puede llegar a producir la muerte de la planta.
- *exceso o carencia de nutrientes* minerales, o desequilibrio entre sus concentraciones, que limita el crecimiento de las plantas.

El suelo se compone de tres fases: *sólida*, *líquida* y *gaseosa*, cuya composición y proporciones dependen de su naturaleza y de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.). Así, el volumen de la fase sólida define la porosidad o porcentaje de poros y huecos ocupados por aire y agua; el reparto y disponibilidad de ambos para la planta, varía con el tamaño de partícula, es decir con la *textura* y *estructura* del suelo.

La fase sólida de un suelo natural contiene proporciones variables de componente mineral y orgánico. La fracción mineral procede de la meteorización o descomposición de la

roca madre por acción de los agentes climáticos, mientras que la materia orgánica está constituida principalmente por residuos de organismos vegetales y animales, en diferentes estados de descomposición.

Las proporciones de materia orgánica de un suelo son muy variables, pudiendo oscilar desde menos del 1% en algunos suelos arenosos hasta más del 50% en las turberas.

La materia orgánica, es una fuente de carbono y energía para los microorganismos, por lo que ejerce un papel esencial en el bloqueo y degradación de los contaminantes del suelo. El humus es el residuo final resultante de la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos (algo así como sus excrementos) y es, por tanto, biológicamente estable. El humus da el color oscuro a los suelos, y tiene una influencia beneficiosa en muchas de sus propiedades, principalmente en la estructura, aireación y capacidad de agua y nutrientes.

### Actividad 2. Presencia de materia orgánica

Coloca la muestra del suelo en un tubo de ensayo y añade unas gotas de agua oxigenada. La producción de burbujas indicará la presencia de materia orgánica. Anota tus resultados en la tabla del apéndice 1.

La reacción es típica de la enzima catalasa presente en todos los tejidos animales y vegetales.

De acuerdo a los resultados anotaremos:

- ✓ **Nula:** si no hay efervescencia (no contiene materia orgánica).
- ✓ **Ligera:** si observamos una leve efervescencia (hay presencia pero en pequeñas cantidades).
- ✓ **Abundante:** si se observa una efervescencia fuerte (contiene gran cantidad de materia orgánica)

Los componentes inorgánicos o minerales del suelo están formados por partículas de diferentes tamaños y composición.

Los elementos más abundantes son el silicio (Si), el oxígeno (O<sub>2</sub>), y el aluminio (Al), que se encuentran combinados principalmente como cuarzo o sílice (SiO<sub>2</sub>) y aluminosilicatos (arcillas). La mayoría de las propiedades físicas de un suelo dependen de la distribución de tamaños de las partículas; la composición mineralógica influye, además, en la retención y suministro de nutrientes.

La clasificación granulométrica o de tamaños de partícula de los suelos suele basarse en la fracción fina que atraviesa un tamiz de 2 mm, de apertura. En general, las partículas del suelo se agrupan en **arena**, **limo** y **arcilla**. La proporción de cada una de ellas caracteriza el tipo de suelo:

Arcilloso	> 40% arcilla	poros pequeños
Limoso	> 45% limo	porosidad equilibrada
Arenoso	> 50% arena	poros grandes

La textura es un parámetro indicador de gran importancia en la predicción del comportamiento del suelo como medio de cultivo y de transmisión de contaminantes.

### Actividad 3. Textura del suelo (prueba al tacto)

Humedece la muestra de suelo y amasa entre los dedos hasta formar una pasta homogénea, posteriormente presiónala entre el dedo índice y pulgar y determina las siguientes características:

**Arcilloso:** se adhiere bastante, es fácilmente moldeable, las partículas no son visibles y la superficie brilla levemente.

**Limoso:** Se adhiere a los dedos, se moldea con dificultad, los dedos dan apariencia grasosa y las partículas son brillantes.

**Arenoso:** No se pega en los dedos, no se moldea como una masa y sus partículas individuales son visibles.

Anota tus resultados en el cuadro correspondiente en el apéndice 1.

Las partículas que componen el suelo no se encuentran normalmente presentes en forma individual o aislada, sino agrupadas en agregados formados por un cierto número de partículas, lo que constituye la estructura del suelo.

Los suelos de tamaño de partícula gruesa y pobres en materia orgánica como las dunas de arena, no poseen estructura, mientras que en los suelos muy arcillosos las partículas se hallan unidas, formando una estructura compacta.

La estructura más habitual en los horizontes superiores del suelo es la granular, en que las partículas del suelo se unen formando aglomerados, cuya forma recuerda a las migas o terrones.

#### **Actividad 4. Análisis de la porosidad del suelo**

Coloca suelo en un tubo de ensayo, hasta los 3/4 de su capacidad. Agita ligeramente el tubo con el fin de acomodar la muestra.

Toma el tubo y completa su llenado con agua. Cronometra un minuto de tiempo, e inmediatamente procede a medir con la regla graduada la profundidad de penetración del agua. Anota tus resultados en el cuadro correspondiente en el apéndice 1.

La fase líquida del suelo no es agua pura, sino que contiene gases y sólidos disueltos, por lo que se conoce como disolución acuosa. Las fuerzas más importantes que retienen el agua en los poros más pequeños, venciendo la acción de la gravedad, son de tipo capilar. Otro tipo de fuerzas que retienen el agua en el suelo son las que se presentan en condiciones de salinidad, o concentración excesiva de sales en la solución acuosa.

Las necesidades de aireación de las plantas varían con la especie vegetal. El volumen de la fase gaseosa o

porosidad de aire de un suelo dependerá de la cantidad de agua presente y de la textura y estructura del suelo. Para un suelo dado, su aireación será máxima cuando el suelo está seco, y disminuirá a medida que se humedece, alcanzando un valor mínimo en condiciones de capacidad de campo. La falta de aire puede llegar a ser un problema tan importante en las condiciones de baja evapotranspiración del invierno, como la escasez de agua en verano, ya que por falta de aire durante unos pocos días, puede llegar a producirse la muerte de algunas raíces.

Otro factor que tiene una gran influencia en la porosidad y aireación del suelo es la compactación, que se produce como consecuencia de la presión ejercida por el pisoteo o el tráfico de vehículos. Al aplicar una presión creciente al suelo, disminuye el tamaño de los poros y el volumen total que ocupan, por lo que se reduce la aireación y la porosidad total, a la vez que aumenta la densidad del suelo y su capacidad de retención del agua. Al mismo tiempo, crece la fuerza con que el agua es retenida en los pequeños poros, por lo que disminuye su disponibilidad para la planta.

Cuanto mayor sea la cantidad de agua retenida por el suelo, menor será el volumen de aire disponible para la respiración de las raíces, pudiendo llegar a ser tan baja la porosidad de aire, que se vea limitado el crecimiento de la planta.

En condiciones extremas de falta de oxígeno, en que la mayoría de las plantas y los organismos del suelo se ven perjudicados, los microorganismos producen gases como metano y compuestos de nitrógeno, o sustancias perjudiciales para las raíces de las plantas (sulfuros, manganeso, ácidos orgánicos, etc.), que pueden afectar severamente su crecimiento.

La meteorización es un factor importante para definir la composición química del suelo, es decir, varía al paso del tiempo debido a las propiedades de solubilidad de los componentes. Muchas de las sustancias se lixivian pasando las más solubles a las capas inferiores mientras que las menos solubles quedan en las capas superiores del suelo. Las sustancias químicas que se eliminan con más rapidez son los cloruros y los sulfatos a los que siguen el calcio, el sodio, el magnesio y el potasio.

Algunos componentes químicos como los silicatos y los óxidos de hierro y aluminio se descomponen con mucha lentitud y apenas se lixivian, pero al entrar en contacto con el aire del suelo, se inician una serie de reacciones químicas, principalmente de oxidación, que conducen a la formación de sustancias químicas más solubles o más frágiles que las originales. Este proceso trae como consecuencia, cambios en la composición química del suelo.

#### **Actividad 5. Análisis químico del suelo**

Coloca una porción de suelo, lo más pulverizado posible en un frasco y adiciónale agua hasta cubrirlo, agítalo y posteriormente déjalo reposar, para poder decantar en cada uno de los tubos. Con el sobrenadante realiza las pruebas marcadas en el apéndice 1 y anota tus resultados en el cuadro correspondiente.

El aire presente en el suelo contiene dióxido de carbono, el cual al combinarse con el agua forma ácido carbónico (un ácido débil) que reacciona con las sustancias del suelo para formar otras.

La composición química le confiere propiedades ácido-base importantes para los cultivos o uso del suelo.

La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones ( $H^+$ ). En los suelos los

hidrogeniones están en la solución, pero también existen en el complejo de cambio. Así hay dos tipos de acidez: una la activa o real (debida a los  $H^+$  en solución) y otra de cambio o de reserva (para los  $H^+$  adsorbidos). Ambas están en equilibrio dinámico. Si se eliminan  $H^+$  de la solución se liberan otros tantos  $H^+$  adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH.

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente: naturaleza del material original, factor biótico, precipitaciones, complejo adsorbente (saturado en cationes ácidos o básicos).

A manera de conclusión, podemos decir que las características fisicoquímicas del suelo, deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con los nutrimentos y las características de los suelos.

El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas en el suelo. Cuando estos nutrimentos no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas.

#### **Actividad Integradora.**

Con los datos obtenidos en las actividades experimentales, elabora un reporte de las muestras de suelo, indicando su origen y uso, así como la fecha de muestreo y localización geográfica.

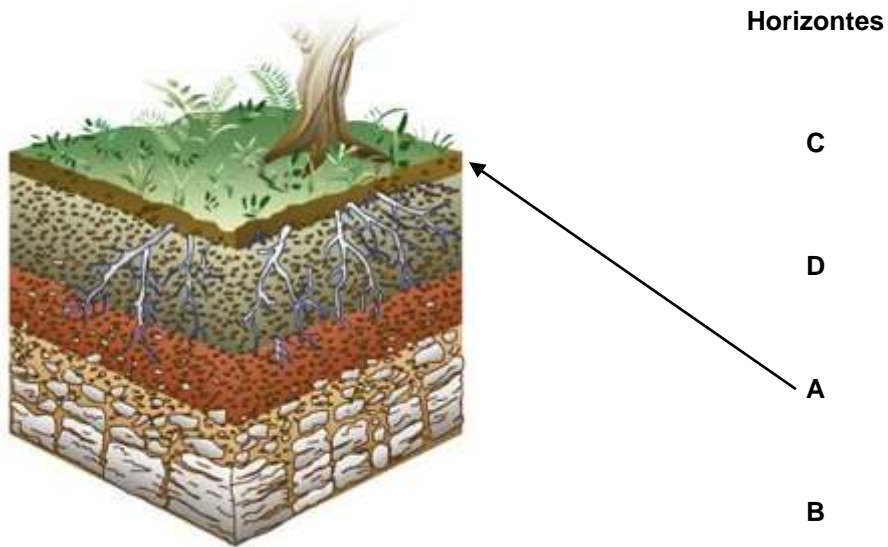
Elabora una conclusión de la importancia que tiene el conocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo; así como los productos a cultivar y el uso adecuado de fertilizantes.



## Apéndice 1

### Actividad 1. Reconociendo horizontes

1. Une mediante flechas el tipo de horizonte con la región señalada en el suelo, tal y como se muestra a continuación:



2. Completa la siguiente tabla con las características de cada uno de los horizontes del suelo:

Horizonte	Características
A	
B	
C	
D	



**Actividad 2. Presencia de materia orgánica**

Muestra	Reacción de la catalasa		
	Nula	Ligera	Abundante
1			
2			
3			

**Actividad 3. Textura del suelo (prueba al tacto)**

Muestra	Tipo de suelo		
	Arcilloso	Limoso	Arenoso
1			
2			
3			

**Actividad 4. Análisis de la porosidad del suelo**

Muestra	Penetración de agua (cm)	Tipo de poros		
		pequeño	mediano	grande
1				
2				
3				

**Actividad 5. Composición química del suelo**

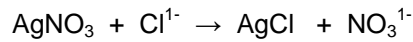
- *Medición del pH*

Con la pipeta mide aproximadamente 10 mL de disolución de suelo y colócala en un vaso de precipitados, introduce el electrodo del potenciómetro (previamente calibrado) y determina el valor de pH.

- *Identificación del ión cloruro ( $Cl^{-}$ )\**

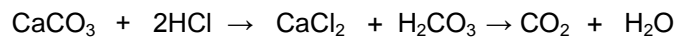


En un tubo de ensayo coloca 10 gotas de disolución de suelo usando una pipeta Beral y agrega 4 o 5 gotas de disolución de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) 0.1 M. La aparición de un precipitado blanco que se oscurece con el paso del tiempo, indica la presencia del ión cloruro, de acuerdo a la siguiente reacción.



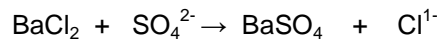
- *Identificación del ión carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ )*

Coloca una muestra de suelo seco, de aproximadamente 0.5 g en uno de los tubos de ensayo, añade 5 gotas de agua y agrega gota a gota, ácido clorhídrico (HCl) 6.0 M. La aparición de efervescencia indica la presencia de carbonatos.



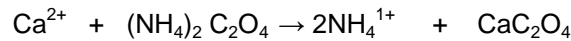
- *Identificación del ión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )*

Coloca 10 gotas de disolución de suelo en uno de los tubos, y adiciona 4 o 5 gotas de disolución de cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) 0.1 M, la aparición de un precipitado blanco lechoso, indica la presencia de sulfatos.



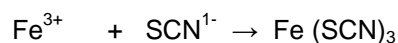
- *Identificación del ión calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )*

Coloca 10 gotas de disolución de suelo en uno de los tubos de ensayo con una pipeta Beral, adicionar 4 o 5 gotas de disolución de oxalato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ , la aparición de un precipitado insoluble blanco indica la presencia del ión calcio.



- *Identificación de ión hierro (III) ( $\text{Fe}^{3+}$ )*

Colocar 10 gotas de disolución de suelo en uno de los tubos y agrega 1 o 2 gotas de sulfocianuro de potasio (KSCN) al 5%, la aparición del color rojo sangre indica la presencia del ión hierro (III).



**Registro de resultados, observaciones y evidencias experimentales.**

Muestra	pH	Ión Cloruro	Ión Sulfato	Ión Carbonato	Ión Calcio	Ión Hierro
1						
2						
3						

La influencia del pH en las propiedades del suelo.

<b>pH</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Efectos esperables</b>
< 4,5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido	Posible toxicidad por Al
5,1-5,5	Fuertemente ácido	Exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P,S Actividad bacteriana escasa
5,6-6,0	Medianamente ácido	Intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos
6,1-6,5	Ligeramente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes
6,6-7,3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos Por debajo de pH=7 no hay carbonato cálcico en el suelo
7,4-7,8	Medianamente básico	Suelos generalmente con CaCO <sub>3</sub>
7,9-8,4	Básico	Disminuye disponibilidad de P y B Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Clorosis férrica
8,5-9,0	Ligeramente alcalino	En suelos con carbonatos, puede deberse a MgCO <sub>3</sub> si no hay sodio intercambiable
9,1-10,0	Alcalino	Presencia de carbonato sódico
>10	Fuertemente alcalino	Elevado porcentaje de Na intercambiable Toxicidad por Na, B Actividad microbiana escasa Micronutrientes poco disponibles, excepto Mo



## Ciclos biogeoquímicos

---

El tiempo no pasa para un átomo X encerrado en una roca. El principio llegó cuando las raíces de un roble hicieron una grieta y empezaron a curiosear y a chupar. En el transcurso de un siglo, la roca se desmoronó y, X fue empujado al mundo de las cosas vivas. Ayudó a elaborar una flor que se convirtió en una bellota, ésta engordó a un venado, el cual alimentó a un indio, y todo sucedió en un solo año.

Aldo Leopold, "Odisea" del átomo X

¿Cuál es la función de los ciclos biogeoquímicos y del agua en la conformación de la vida como la conocemos?

---

Objetivo general: identificar y analizar el papel del suelo como parte fundamental de los ciclos biogeoquímicos y la movilidad de éstos a través del ciclo del agua.

Objetivos específicos:

- ❖ Mencionar las características principales de cada ciclo biogeoquímico.
- ❖ Identificar y diferenciar el ciclo gaseoso y el ciclo sedimentario.
- ❖ Identificar y describir las etapas principales del ciclo del nitrógeno.
- ❖ Identificar y describir los pasos principales del ciclo del fósforo.
- ❖ Identificar y describir la composición de los fertilizantes.
- ❖ Explicar la relación entre el flujo de la energía, el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos.

- I. El término biogeoquímico se deriva del hecho de que hay un movimiento cíclico de los elementos que forman los organismos biológicos ("bio"), el ambiente geológico ("geo") e intervienen en un cambio químico (químico). Estos elementos circulan a través del aire, la tierra, el mar y los sistemas vivos, siguiendo rutas

complicadas, a través del ciclo del agua, del ciclo geológico y de los ciclos ecológicos de los procesos de la fotosíntesis y la respiración.

Los organismos vivos requieren de 30 a 40 elementos para su desarrollo normal. Los más importantes son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y fósforo (P). Como existe un suministro finito de cada uno, su continua disponibilidad depende de algún ciclo que permita el uso repetido de los elementos. Los enormes ciclos biogeoquímicos hacen posible que estos elementos se encuentren disponibles para emplearse una y otra vez, transformándolos y recirculándolos a través de la atmósfera, hidrosfera, litosfera y la biosfera.

Para un ecólogo, la característica más importante de un ciclo biogeoquímico, la constituye el hecho de que los componentes bióticos y abióticos aparezcan íntimamente entrelazados. Todos los ciclos biogeoquímicos incluyen organismos (sin vida, los ciclos biogeoquímicos cesarían, y sin ellos, la vida misma se extinguiría). Un ciclo biogeoquímico posee las siguientes características:

- ❖ El movimiento del elemento nutriente desde el ambiente hasta los organismos y su retorno a éste.
- ❖ La inclusión de organismos biológicos (vegetales y/o animales, especialmente, microorganismos).
- ❖ Un depósito "geológico" (atmósfera o litosfera).
- ❖ Un cambio químico.

II. Los ciclos biogeoquímicos pueden dividirse en dos tipos básicos: 1) ciclos de nutrientes gaseosos y 2) ciclos de nutrientes sedimentarios. En los ciclos gaseosos, el depósito donde se colecta el nutriente correspondiente es la atmósfera. Existe poca (o ninguna) pérdida del elemento nutriente durante el relativamente rápido proceso de recirculación. En los ciclos sedimentarios, el depósito nutriente está representado por las rocas sedimentarias. Estos ciclos son más lentos y tienden a ejercer una influencia limitante sobre los organismos vivos.

Durante una fase importante del ciclo gaseoso relativamente "cerrado", el elemento se distribuye ampliamente en la atmósfera, la cual sirve como depósito principal del nutriente. Los ciclos típicos de nutrientes gaseosos incluyen al ciclo del carbono, al del oxígeno y el ciclo del nitrógeno.

En el ciclo sedimentario, las rocas sedimentarias constituyen el depósito principal. Para que los elementos lleguen hasta un organismo del tipo de un vegetal, las rocas deben ser intemperizadas (expuestas a los factores ambientales) y, posteriormente, transportarse al suelo. En este proceso, la mayor parte del elemento se deslava y se deposita finalmente en el mar, como sedimento. El elemento atrapado en estos nuevos depósitos de sedimentos permanece inaccesible a los organismos, hasta que un levantamiento de los continentes lo expone nuevamente a la acción de los agentes atmosféricos. Por lo tanto, los ciclos de nutrientes sedimentarios son mucho más lentos que los ciclos de nutrientes gaseosos. Además, puesto que los depósitos sedimentarios, son poco accesibles a los organismos los nutrientes

que intervienen en estos ciclos ejercerán una influencia más limitada que los elementos de los ciclos de nutrientes gaseosos. En otras palabras, es más probable que se presenten deficiencias significativas entre los nutrientes sedimentarios que entre los nutrientes gaseosos. Los ciclos sedimentarios típicos, influyen al ciclo del fósforo y al del azufre.

III. En los ciclos biogeoquímicos, los elementos nutrientes entran generalmente a los sistemas vivos a través de las plantas.

Los animales son incapaces de liberar y absorber los elementos nutrientes provenientes del suelo o de la atmósfera, como lo realizan los vegetales. Estos absorben fácilmente los nutrientes presentes en el agua del suelo, utilizando su sistema de raíces. Los animales tampoco pueden sintetizar las proteínas mediante la producción de los aminoácidos (los elementos básicos de las proteínas) a partir de estas moléculas inorgánicas. Un ecosistema depende de los vegetales no sólo para el suministro de los nutrientes necesarios que mantienen el flujo energético, sino también para fijar la energía solar.

4. El ciclo del nitrógeno es un ciclo típico de nutrientes gaseosos. El principal depósito de nitrógeno es la atmósfera terrestre. El nitrógeno atmosférico se combina (es decir, se fija) con otras sustancias para dar lugar a compuestos orgánicos que utilizan las plantas y los animales. Es un compuesto vital de las proteínas que son indispensables a todas las formas vivientes. Cuando las plantas y los animales mueren, se degradan por la acción bacteriana (reductores) formándose amoníaco, que es un compuesto de nitrógeno. Otras bacterias, transforman el amoníaco en nitratos, y otras bacterias intervienen para degradar a los nitritos y liberar el nitrógeno en forma gaseosa, el cual retorna a la atmósfera. Con ello se completa el ciclo.

Como se sabe el nitrógeno es indispensable para la existencia de la vida. Es un elemento esencial de las proteínas que tienen carácter vital en la química de todos los organismos vivos. Afortunadamente, la atmósfera terrestre contiene un 79% de nitrógeno. Sin embargo, la mayoría de los organismos no

pueden utilizar el nitrógeno en su forma gaseosa, éste debe convertirse primero de gas, en compuestos de nitratos, que emplean las plantas para elaborar las proteínas. Los animales obtienen el nitrógeno mediante el consumo de los tejidos vegetales que previamente lo han fijado.

Analiza la figura 1 y sigue el curso del ciclo de acuerdo a los números que en él aparecen.

(1) El principal depósito de nitrógeno lo constituye la atmósfera, donde éste se halla en forma gaseosa.

(2) El nitrógeno se transforma de gas, en nitrato, mediante un proceso que se denomina fijación del nitrógeno. Existen tres formas de fijar el nitrógeno:

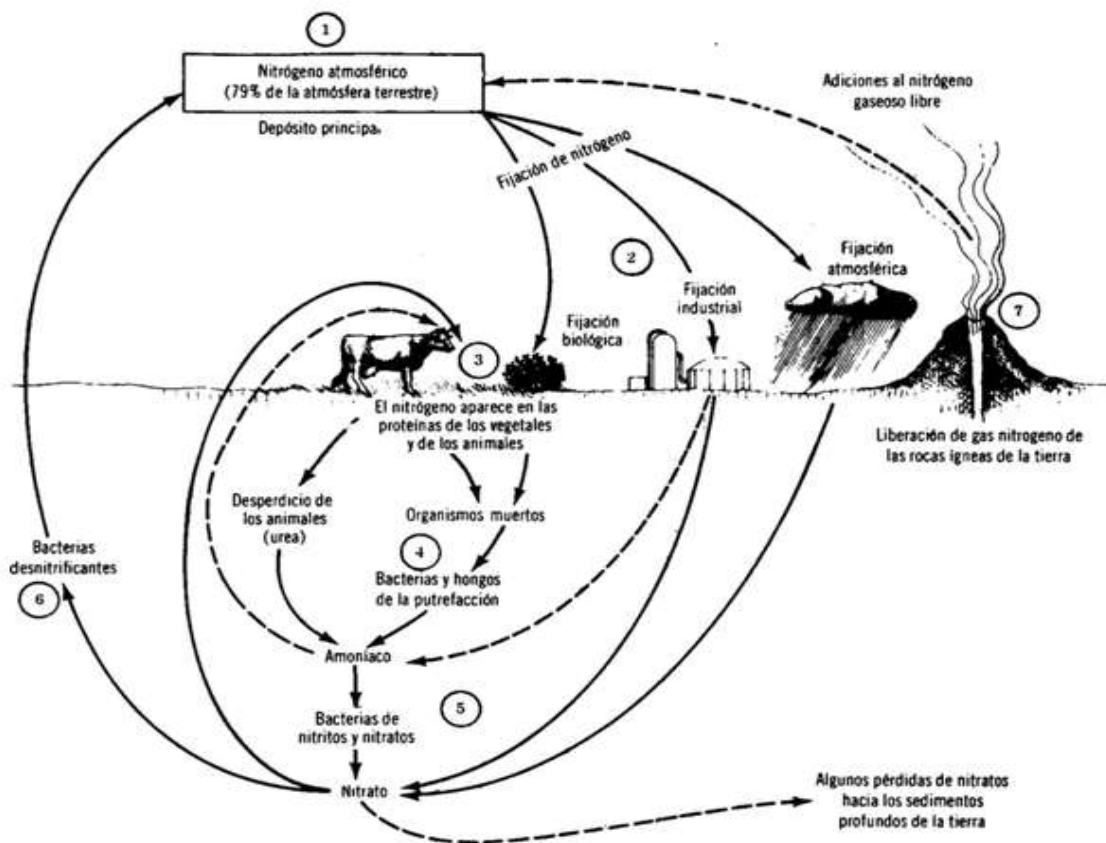
- ❖ **Fijación biológica**, se realiza mediante la acción de las bacterias

intervenir las algas marinas azul-verde.

- ❖ **Fijación atmosférica**, se realiza mediante un proceso fisicoquímico que se presenta cuando los relámpagos convierten el nitrógeno atmosférico en ácido nítrico, el cual se disuelve en la lluvia y se precipita a la tierra. Las plantas lo adquieren al absorber el agua y otros minerales, a través de sus raíces.

- ❖ **Fijación industrial**, se realiza mediante el proceso Haber-Bosch de carácter fisicoquímico, que se basa en el mismo principio de la fijación atmosférica.

(3) Las plantas obtienen sus componentes de nitrógeno a partir del suelo a través de sus raíces. Los animales adquieren los componentes de nitrógeno a partir de los



**Figura 1** Ciclo del nitrógeno.

fijadoras de nitrógeno que viven libres en el suelo, o bien, constituyendo nódulos que se unen a las raíces de las plantas del tipo de las leguminosas (por ejemplo chicharos, frijoles, trébol, algarrobo). También pueden

tejidos vegetales. En ambos casos, el nitrógeno se emplea para elaborar moléculas.

(4) Los compuestos de nitrógeno regresan al suelo cuando las plantas y los animales mueren, o bien, cuando los animales eliminan productos de desecho (urea). Las

bacterias y los hongos de la putrefacción degradan los tejidos de los organismos muertos, reduciéndolos a aminoácidos. Otras bacterias modifican los aminoácidos dando lugar al amoníaco inorgánico, en un proceso que se denomina aminificación.

(5) Otras bacterias transforman el amoníaco en nitritos, y luego en nitratos. Algunos de éstos se reabsorben a través de las raíces de los vegetales, en un subciclo del ciclo total del nitrógeno. Otros nitratos se transportan en los arroyos y ríos hasta los mares, donde, unidos a otros nitratos derivados de las cadenas alimenticias marítimas, entran a formar parte de los sedimentos oceánicos, quedando de esta manera fuera del ciclo del nitrógeno.

(6) Sin embargo, la mayor parte de los nitratos se altera por la acción de las bacterias desnitrificantes que se hallan en el suelo, y que liberan el nitrógeno en forma gaseosa, con lo cual este elemento retorna a la atmósfera. Este proceso se denomina desnitrificación.

(7) El gas que se origina en los volcanes es rico en nitrógeno, de ahí que nuevas cantidades de este elemento se estén añadiendo constantemente a la atmósfera.

Los cuatro procesos especiales que intervienen en el ciclo del nitrógeno, están referidos en la figura 1, pueden resumirse de la siguiente manera:

❖ **Fijación del nitrógeno (2)**

1. Convierte el nitrógeno atmosférico en nitratos.
2. Se realiza fisicoquímicamente y, a través de las bacterias fijadoras de nitrógeno.

❖ **Aminificación (4)**

1. Convierte los nitratos en amoníaco y compuestos de amonio.
2. Se realiza mediante la acción de las bacterias y los hongos de la descomposición.

❖ **Nitrificación (5)**

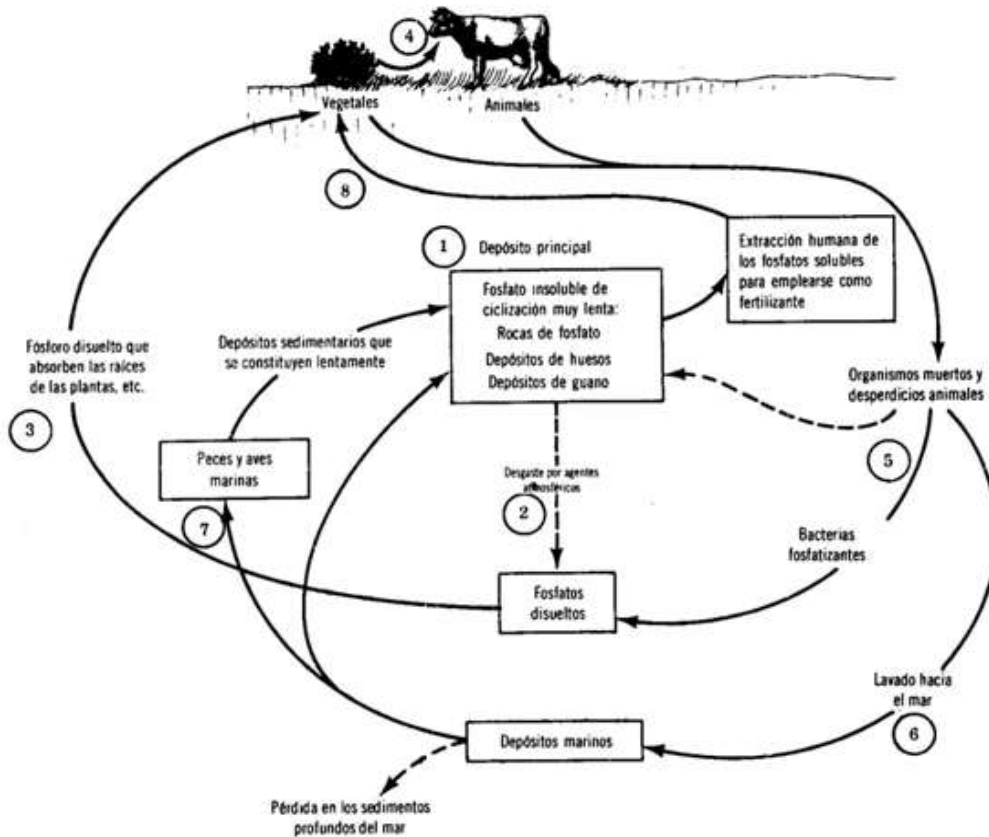
1. Convierte los compuestos de amonio y el amoníaco en nitratos.
2. Se realiza por las bacterias de nitrato.

❖ **Desnitrificación (6)**

1. Convierte los nitratos en nitrógeno atmosférico.
2. Se realiza mediante la acción de las bacterias desnitrificantes.

5. El ciclo del fósforo es un ciclo típico de nutrientes sedimentarios. El depósito principal del fósforo lo constituyen las rocas sedimentarias, que únicamente intervienen en el ciclo básico en cantidad mínima. Como resultado de la intemperización. El ciclo no posee una fase gaseosa

transmiten la información genética, y también en las moléculas del ATP, las cuales intervienen en los cambios energéticos de todas las células. El fósforo se presenta principalmente en forma de compuestos inorgánicos de fosfato que se hallan en las rocas sedimentarias.



**Figura 2** Ciclo del fósforo.

importante y, por lo tanto, se mueve en forma sumamente lenta. El fósforo es un componente vital del Ácido desoxirribonucleico (ADN), ácido ribonucleico (ARN) y adenosín trifosfato (ATP), moléculas genéticas y productoras de energía respectivamente, por lo cual es necesario para todas las células vivas. El ciclo básico del fósforo se inicia con los fosfatos disueltos, los cuales son absorbidos por las plantas a través de sus raíces y se incorporan a todas las células, formando parte de estructuras complejas. Los animales obtienen el fósforo mediante la ingesta de vegetales. Cuando mueren las plantas y los animales, o bien, cuando excretan productos de desecho, las bacterias fosfatizantes degradan los compuestos orgánicos muertos, transformándolos en fosfatos inorgánicos disueltos, con lo cual se completa el ciclo básico. El fósforo es esencial para las moléculas de ADN y de ARN, las cuales

La figura 2 es una descripción breve del ciclo completo. Los números que en ella aparecen pueden explicarse como sigue:

- (1) Los depósitos de fósforo de la litosfera representan la reserva principal.
- (2) Estos fosfatos son intemperizados y, posteriormente, transportados hasta el suelo, por el viento y agua, en donde aparecen como fosfatos inorgánicos disueltos.
- (3) Las plantas absorben los fosfatos del suelo y los emplean en la elaboración de sus propios tejidos.
- (4) Los animales se alimentan de las plantas.
- (5) Las bacterias descomponedoras, degradan los tejidos de los vegetales y animales muertos. Las bacterias fosfatizantes intervienen

también en esos procesos y retornan los fosfatos al suelo. Los fosfatos pueden también volver al suelo en los desechos animales.

- (6) La mayor parte del fosfato del suelo se deslava por las aguas superficiales y llega posteriormente, al mar. En éste, parte de los fosfatos se precipitan, en forma de sedimentos marinos poco profundos.
- (7) Cantidades pequeñas de fosfato retornan a la superficie terrestre a través de los peces extraídos del mar y también de las aves marinas que se alimentan de ellos. Los depósitos de guano cercanos a la costa de Perú están constituidos de excrementos de aves marinas. Sin embargo, la cantidad de fósforo recuperado de esta manera, no equilibra la pérdida que se produce cuando el fósforo llega a las profundidades del mar. Los depósitos que ahí se forman, con el tiempo, pueden llegar a la superficie terrestre a través de los procesos geológicos y unirse a la reserva principal; sin embargo, esto tomaría miles de años, por lo que para fines prácticos los fosfatos depositados en las profundidades oceánicas se consideran perdidos para el ciclo.
- (8) El humano extrae rocas de fosfato e importa pescado y guano para utilizarlos como fertilizantes. En esta forma, acelera el proceso natural que limita generalmente la rapidez del ciclo.

6. El ciclo del fósforo presenta menor número de etapas que el ciclo del nitrógeno, pero en ciertos aspectos es más complejo. Por ejemplo, depende de un equilibrio más frágil, ya que el fósforo no está distribuido tan ampliamente como el nitrógeno, y sus depósitos principales lo retienen más fuertemente que la forma en que la atmósfera lo hace con respecto al nitrógeno.

El fósforo y el nitrógeno se hallan en la tierra en una relación de 1 a 23. Para que los organismos lleven a cabo sus procesos vitales, deben poseer fósforo en sus tejidos en forma más abundante que el nitrógeno. Consecuentemente, el fósforo es el elemento que puede más

probablemente limitar la producción de biomasa en cualquier ecosistema.

La agricultura intensiva agota rápidamente los depósitos disponibles de fosfatos disueltos. Cincuenta años de cultivo en zonas templadas pueden reducir fácilmente los fosfatos disponibles en más de un tercio. Esto limita seriamente la fertilidad de la tierra. En lo que a los fosfatos se refiere, el cultivo es más destructivo en los climas tropicales. Diversos terrenos del antiguo cercano Oriente y de la India que fueron fértiles alguna vez, se empobrecieron posteriormente, debido simplemente al agotamiento de sus fosfatos. Para evitar este problema, el humano ha aprendido a utilizar los peces y los desechos animales como fertilizantes que resurten al suelo de fosfatos, además en la actualidad extrae los fosfatos insolubles y los emplea como fertilizantes, es decir, utiliza fosfatos "artificiales deslavados" (Sutton y Harmon, 1983, pp. 139-148).

7. Los fertilizantes son nutrientes de origen mineral y elaborados por el hombre a diferencia de los abonos que son creados por la naturaleza y pueden ser de origen, animal o mixtos.

Los fertilizantes se componen de tres elementos básicos, a saber: nitrógeno, fósforo y potasio; a estos tres elementos se les denomina elementos mayores o fundamentales, porque siempre está presente alguno de los tres o los tres en cualquier fórmula de fertilizante.

Existen además de estos tres elementos mayores los secundarios, a saber: calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg). Un tercer género de elementos conocidos como elementos menores o elementos traza, como son el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), aluminio (Al), entre otros.

Los fertilizantes tienen varias denominaciones consecuencia de un proceso de fabricación que implique mayor o menor elaboración, así veremos que pueden ser: fórmulas simples o fórmulas complejas.

- a) Fórmulas simples, se refieren a fertilizantes que contienen en su formulación solamente uno de los tres elementos fundamentales. Por



ejemplo, la fórmula del Super Fostato simple (0-26-0), es decir, contiene 0% de N, 26% de P y 0% de K.

- b) Formulas complejas, se refieren a fertilizantes que contienen mayor o menor porcentaje en su formulación de los tres elementos mayores ya descritos pero que han sido incorporados físicamente mediante un proceso de mezclado, uno por uno de los diferentes elementos hasta formar un producto granular.

Los fertilizantes están compuestos por sales minerales solubles que son aprovechadas por las plantas en sus procesos de nutrición; sin embargo, algunas de estas sales no son debidamente aprovechadas por varias causas:

- alta concentración por su uso continuo e indiscriminado,
- falta de humedad adecuada,
- aplicación inadecuada de la formulación, y sobre todo
- ausencia de materia orgánica (abonos naturales)

Esto es, el uso de fertilizantes para su buen aprovechamiento debe ir combinado con abonos naturales, además del riego adecuado.

VIII. Todos los ciclos biogeoquímicos se relacionan íntimamente con el ciclo del agua y el flujo energético a través de la biosfera. En una forma o en otra, el agua constituye el medio principal para la circulación de nutrientes. Cuando la energía solar es absorbida por las plantas, suministra la energía necesaria para permitir que éstas desarrollen el proceso de “bombeo” y de transpiración que son necesarios para mantener en movimiento los ciclos de nutrientes.

Obviamente, el ciclo del agua desempeña un papel vital en todos los ciclos biogeoquímicos. Los nutrientes disueltos se transportan desde la superficie de la tierra hasta su interior, o bien, hasta el mar. Los nutrientes atmosféricos llegan a menudo a la superficie terrestre con el agua de la lluvia. Los nutrientes retenidos en las rocas se liberan gradualmente por la acción de desgaste causada por las lluvias, por la erosión que produce el agua

corriente y por la congelación y descongelación del hielo. Cuando los nutrientes se absorben por medio de las raíces de las plantas, generalmente están disueltos en el agua. El agua resulta indispensable para la realización de varios cambios químicos que sufren los nutrientes, a su paso a través de la biofase de su ciclo.

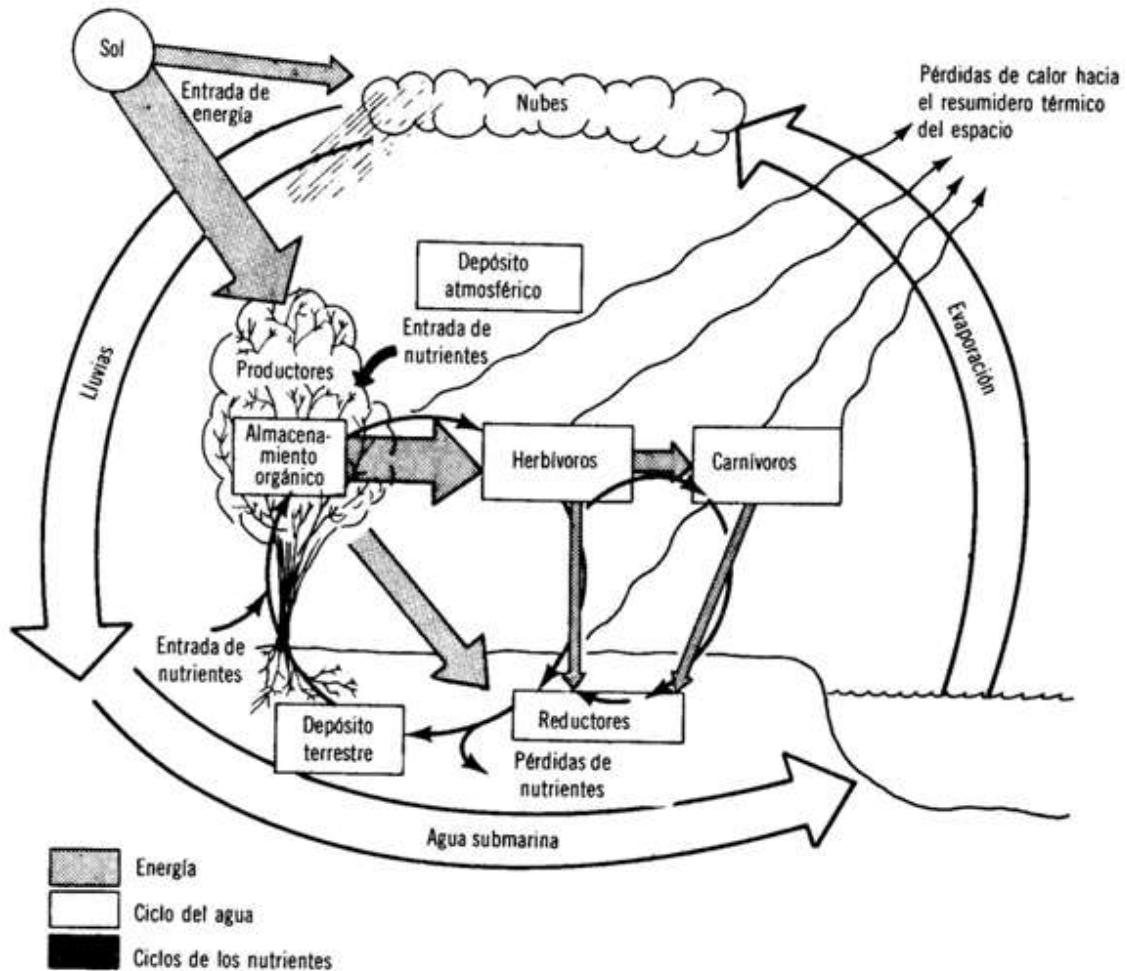
Menos evidente, pero igualmente importante, es el papel que tiene el flujo energético en facilitar la realización de los ciclos biogeoquímicos. A *grosso modo*, la energía procedente del Sol:

- mantiene la tierra suficientemente cálida para que sean posibles las reacciones químicas.
- permite a los organismos vivos realizar sus procesos vitales, y
- hace funcionar los ciclos atmosféricos, geológicos y del agua.

En un nivel menos evidente, las plantas gastan energía para “bombear” agua, y consecuentemente, para extraer los nutrientes disueltos del suelo. De no ser así, el ciclo de nutrientes se detendría, ya que simplemente éstos permanecerían en el suelo. Además, las bacterias requieren cantidades considerables de energía para desarrollar sus procesos vitales, y con ello, cambiar la forma de los nutrientes, liberándolos en algunos casos, en forma gaseosa. Todos estos procesos vitales de las plantas requieren que se absorba primero la energía solar en moléculas químicas complejas que, posteriormente, cuando se degraden, permitan obtener la energía necesaria para las reacciones químicas restantes.

La figura 3 es un modelo en el que se muestran algunas interacciones de la energía, el agua y los ciclos biogeoquímicos. El calor solar determina la formación de corrientes atmosféricas que permiten la precipitación y evaporación en el ciclo del agua. El Sol proporciona la energía para que los organismos vivos (especialmente, los vegetales) puedan “empujar” los nutrientes desde sus depósitos hasta los ciclos biogeoquímicos. Éstos últimos, requieren el flujo del agua para mantenerse a sí mismos.

(Sutton y Harmon, 1983, pp. 148-156)



**Figura 3** Modelo que muestra el flujo de la energía, el ciclo del agua y la asociación que tienen ambos con los ciclos biogeoquímicos.

#### Referencias

- ★ ¿Qué son los fertilizantes? (2012, 22 de febrero). Recuperado de [http://www.happyflower.com.mx/Guia/05\\_fertilizantes.html](http://www.happyflower.com.mx/Guia/05_fertilizantes.html)
- ★ Gordon, Halface y John Barden. 1991. Horticultura. 1ra edición. Ed. Limusa. México,
- ★ Ortiz Villanueva Bonifacio y Carlos Ortiz Solorio, 1990. Edafología. 7a edición. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- ★ Sutton D. B., y Harmon N. P. (1983). *Fundamentos de Ecología*. México: Editorial Limusa.



# Ciclos biogeoquímicos Actividad integradora

---

Lee con atención cada una de las siguientes preguntas y responde lo que se te solicita. En la mayoría de los casos escribe de una a tres oraciones breves para definir, o explicar algún concepto.

1. Menciona las características principales de un ciclo biogeoquímico.

---

---

2. Relacionar los siguientes conceptos:

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| a) ciclo de nutrientes gaseosos.      | ( ) Incluye una parte gaseosa principal.                        |
| b) ciclo de nutrientes sedimentarios. | ( ) Se presenta en forma relativamente lenta.                   |
|                                       | ( ) Existe poca o ninguna pérdida del elemento nutriente.       |
|                                       | ( ) Utiliza la atmósfera como un depósito principal.            |
|                                       | ( ) Utiliza las rocas sedimentarias como un depósito principal. |
|                                       | ( ) Ciclo del fósforo.  |
|                                       | ( ) Ciclo del nitrógeno.  |

3. La mayoría de los elementos nutrientes entran a la biofase de su ciclo biogeoquímico, a través de \_\_\_\_\_

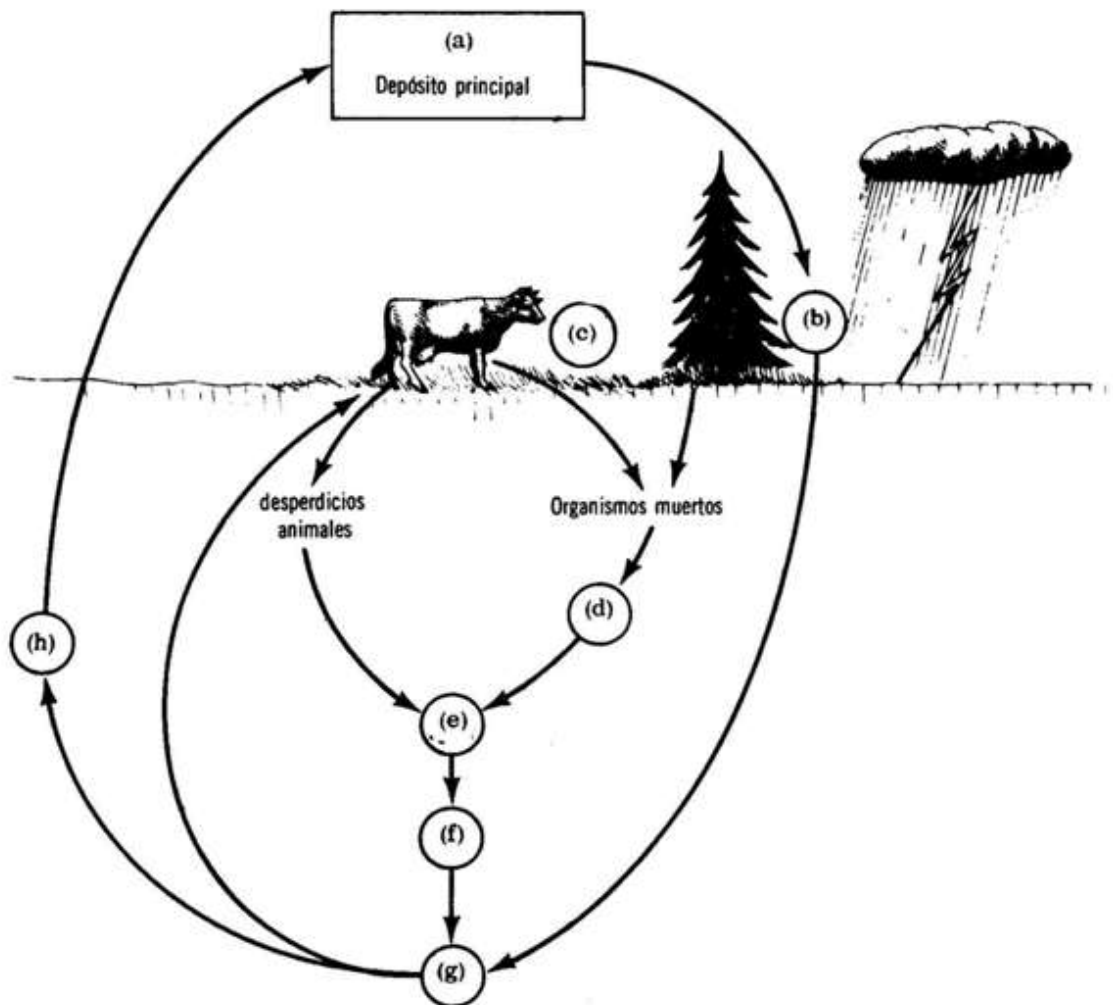


Figura 3.

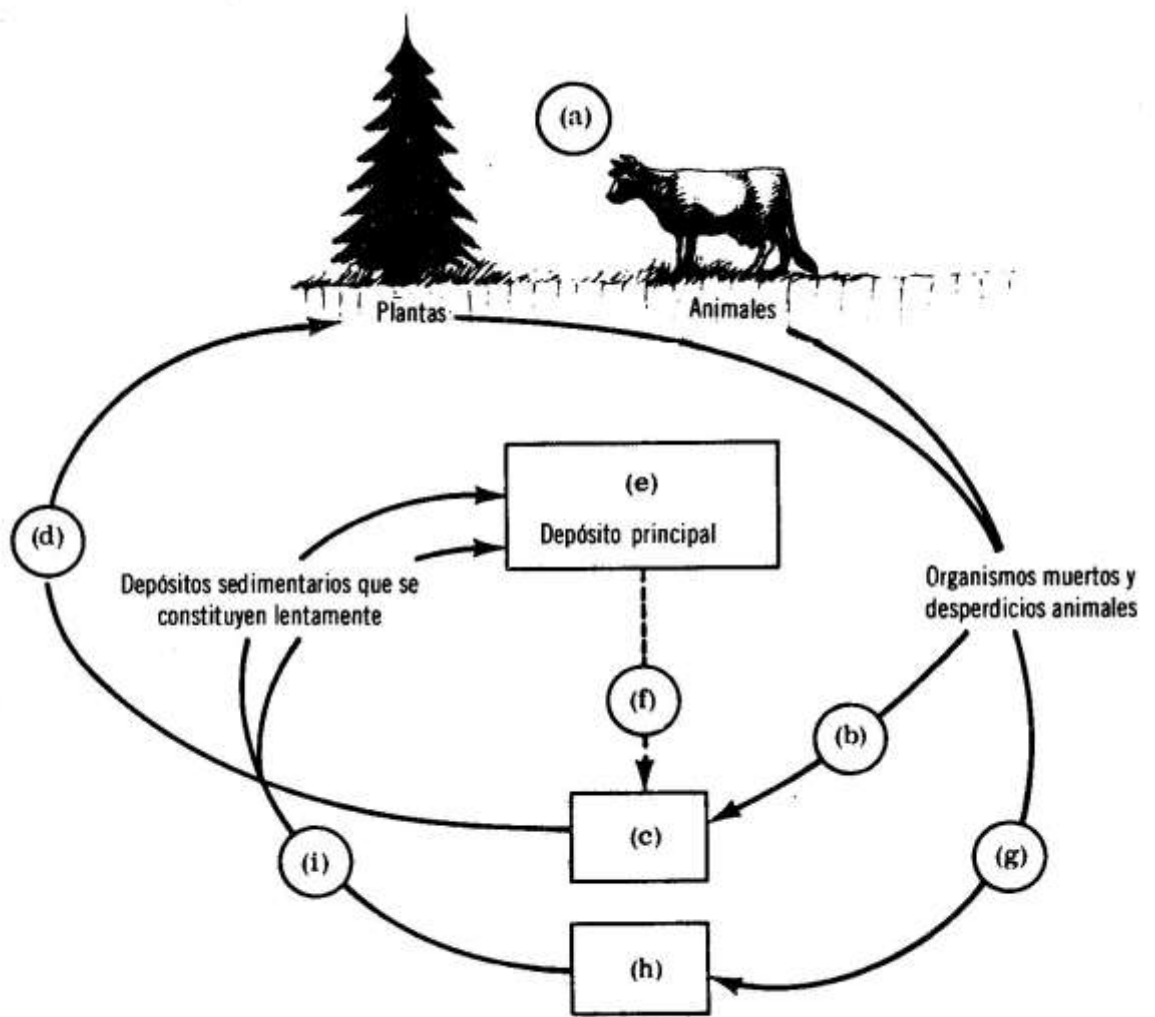
4. En la figura 3, se reproduce un diagrama del ciclo del nitrógeno. Escriba en los espacios que aparecen abajo, las etapas del ciclo que se encuentran marcadas con letras en la ilustración.

- (a) \_\_\_\_\_
- (b) \_\_\_\_\_
- (c) \_\_\_\_\_
- (d) \_\_\_\_\_

- (e) \_\_\_\_\_
- (f) \_\_\_\_\_
- (g) \_\_\_\_\_
- (h) \_\_\_\_\_

(i) Este ciclo bioquímico es un ejemplo típico de un ciclo de nutrientes

\_\_\_\_\_



**Figura 7.9**

5. En la figura 7.9, se reproduce un diagrama del ciclo del fósforo. Escriba en los espacios que aparecen abajo, las etapas del ciclo que se encuentran marcadas con letras en la ilustración.

- |           |   |
|-----------|---|
| (a) _____ | (e) _____   |
| (b) _____ | (f) _____   |
| (c) _____ | (g) _____   |
| (d) _____ | (h) _____   |
| (i) _____ | (j) Este ciclo biogeoquímico es un ejemplo típico de un ciclo de nutrientes _____ |

6. Si una bolsa de 50 kg de fertilizante con la ficha técnica de garantía de análisis 15-30-15, ¿qué cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio contiene?

N \_\_\_\_\_

P \_\_\_\_\_

K \_\_\_\_\_

7. ¿Qué relación se establece entre el flujo energético, el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos?

---

---

---