

## Saber más... Ciclo del nitrógeno

### CICLO DEL NITRÓGENO

#### Índice

- i. [Introducción](#)
- ii. [Ciclo del nitrógeno](#)
- iii. [Fases del ciclo](#)
- iv. [Aportaciones por lluvia](#)
- v. [Bibliografía utilizada](#)
- vi. [Links recomendados](#)
- vii. [Bibliografía recomendada](#)



#### [Introducción](#)

El ciclo del nitrógeno al igual que los demás ciclos biogeoquímicos, tiene una trayectoria definida, pero quizá aún más complicada que los demás, dado que tiene que seguir una serie de procesos físicos, químicos y biológicos. Así, el nitrógeno está considerado como el elemento más abundante en la atmósfera. Sin embargo, dada su estabilidad, es muy difícil que reaccione con otros elementos y, por tanto, se tiene un bajo aprovechamiento, razón por la cual, su abundancia pasa a segundo término.

A pesar de esto, gracias al proceso biológico de algunas bacterias y cianobacterias, el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera puede ser asimilable, al "romper" la unión de sus enlaces por medios enzimáticos y así poder producir compuestos nitrogenados,

que pueden ser aprovechados por la mayoría de los seres vivos, en especial las plantas, que forman relaciones simbióticas con este tipo de bacterias. Ese nitrógeno fijado se transforma en aminoácidos y proteínas vegetales, que son aprovechadas a su vez por los herbívoros, quienes los van almacenando para finalmente pasarlos al último eslabón de la cadena alimenticia, es decir a los carnívoros. Cabe mencionar, que el nitrógeno regresa de nuevo al ciclo por medio de los desechos (tanto restos orgánicos, como productos finales del metabolismo), ya que gracias a que las bacterias fijadoras los "retoman", es que pueden finalmente ser asimilados por las plantas, cosa que de otra manera sería imposible. Sin embargo, hay pérdidas de nitrógeno por medio de otras bacterias que lo liberan a la atmósfera. De esta forma se logra un equilibrio en el ciclo del nitrógeno.

#### [Ciclo del nitrógeno](#)

Este es quizá uno de los ciclos más complicados, ya que el nitrógeno se encuentra en varias formas, y se llevan a cabo en él, una serie de procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para finalmente ser devuelto a la atmósfera. El nitrógeno ( $N_2$ ) es el elemento que se encuentra en forma libre (estado gaseoso) y en mayor abundancia en la atmósfera (78 %). Se coloca entre los principales elementos biogeoquímicos; sin embargo, es tan estable, que apenas se combina con otros elementos y, por tanto, es difícil que los organismos lo asimilen, ya que primero necesitan desdoblarlo y emplearlo en la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales para su metabolismo. Por lo tanto, teniendo esto en cuenta, es fácil notar su importancia en la vida de cientos de organismos.

## Saber más... Ciclo del nitrógeno

En este sentido, se necesita de una gran cantidad de energía para desdoblarlo y combinarlo con otros elementos como el carbono y el oxígeno. Esta ruptura puede hacerse por dos mecanismos: descargas eléctricas y fijación fotoquímica, que proveen suficiente energía como para formar nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). Este último procedimiento es reproducido en las plantas productoras de fertilizantes.

Sin embargo, existe una tercera forma de fijación del nitrógeno que es llevada a cabo por bacterias que usan enzimas en lugar de la luz solar o descargas eléctricas. Estas bacterias pueden ser las que viven libres en el suelo o aquellas que en simbiosis, forman nódulos con las raíces de ciertas plantas (Leguminosas) para fijar el nitrógeno, destacando los géneros *Rhizobium* o *Azotbacter*, las cuales también actúan libremente. Otro grupo son las cianobacterias acuáticas (algas verde-azuladas) y las bacterias quimiosintéticas, tales como el género *Nitrosomas* y *Nitrosococcus*, que juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento, al transformar el amonio en nitrito, mientras que el género *Nitrobacter* continúa con la oxidación del nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), el cual queda disponible para ser absorbido o disuelto en el agua, pasando así a otros ecosistemas. Todas las bacterias pertenecientes a estos géneros fijan nitrógeno, tanto como nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) o como amonio ( $\text{NH}_3$ ).

Así mismo, los animales herbívoros sintetizan sus proteínas a partir de los vegetales, mientras que los carnívoros la obtienen a partir de los herbívoros. Por último, cabe mencionar que todos los seres vivos almacenan grandes cantidades de nitrógeno orgánico en forma de proteínas, y que vuelve nuevamente al suelo con los excrementos o al descomponerse los cadáveres. Por lo que en el metabolismo de los compuestos nitrogenados, los animales

acaban formando iones amonio, que resultan muy tóxicos y que deben ser eliminados. Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas), para que posteriormente, las bacterias nitrificantes se encarguen de transformarlo. Ya sea por un procedimiento o por otro, el nitrógeno es un elemento que esta presente en la materia viva, por que es un componente esencial para la formación de proteínas y ácidos nucleicos, y que es absorbido por los productores que lo requieren para la elaboración de éstos, pasando luego a los consumidores, más tarde a los descomponedores y finalmente regresa de nuevo al medio ambiente. Sin embargo, existen ciertas bacterias llamadas desnitrificantes (entre ellas *Pseudomonas desnitrificans*), que devuelven parte del nitrógeno inorgánico del suelo a la atmósfera en forma gaseosa, produciendo así una "pérdida" de este elemento para los ecosistemas y la biosfera. Estas bacterias habitan en los pantanos y en los fondos carentes de oxígeno, asimismo, estas bacterias pertenecen al género *Thiobacillus*, quienes utilizan los nitratos en su proceso metabólico, que al final reintegran a la atmósfera como nitrógeno en forma gaseosa.

A pesar de que la mayor parte del nitrógeno se encuentra en la atmósfera, la reserva realmente activa de este elemento se encuentra en el suelo, ya que aquí van a parar los desechos orgánicos de los organismos vivos y los restos de éstos. Y es así, como las bacterias fijadoras de nitrógeno concluyen el proceso de descomposición de estos materiales, convirtiendo el nitrógeno orgánico en inorgánico (nitratos). Los nitratos son la única forma en la cual las plantas pueden absorber este elemento para poder sintetizar sus propias proteínas, por medio de la fotosíntesis.

## Saber más... Ciclo del nitrógeno

Tradicionalmente se han abonado los suelos con nitratos para mejorar los rendimientos agrícolas. Durante muchos años se usaron productos naturales ricos en nitrógeno como el guano, o el nitrato de Chile. Desde que se consiguió la síntesis artificial de amoníaco por el proceso Haber, fue posible fabricar abonos nitrogenados, los cuales se emplean actualmente en grandes cantidades en la agricultura. Su mal uso produce, a veces, problemas de contaminación en las aguas, como la eutroficación.

La fijación del nitrógeno cumple un papel muy importante en la producción de cultivos, ya que los agricultores dejan "descansar" sus tierras después de cierto número de cultivos. Esta vieja práctica da oportunidad a que las bacterias nitrificantes transformen el nitrógeno atmosférico en compuestos nitrogenados aprovechables para las plantas.

### Fases del ciclo

El ciclo del nitrógeno tiene cinco etapas, de las cuales sólo la asimilación no es realizada por bacterias:

**1. Fijación.** La fijación biológica del nitrógeno consiste en la incorporación del nitrógeno atmosférico, a las plantas, gracias a algunos microorganismos, principalmente bacterias y cianobacterias que se encuentran presentes en el suelo y en ambientes acuáticos. Esta fijación se da por medio de la conversión de nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) en amoníaco ( $NH_3$ ) o nitratos ( $NO_3^-$ ). Estos organismos usan la enzima nitrogenasa para su descomposición. Sin embargo, como la nitrogenasa sólo funciona en ausencia de oxígeno, las bacterias deben de alguna forma aislar la enzima de su contacto. Algunas estrategias utilizadas por las bacterias para aislarse del oxígeno son: vivir debajo de las capas de moco que cubren a

las raíces de ciertas plantas, o bien, vivir dentro de engrosamientos especiales de las raíces, llamados nódulos, en leguminosas como los porotos (parecidas a las alubias), las arvejas y árboles como el tamarugo (*Rhizobium*).

La relación entre *Rhizobium* y sus plantas huéspedes es mutualista: las bacterias reciben carbohidratos elaborados por la planta, y la planta recibe nitrógeno en una forma asimilable. En el medio acuático la fijación de nitrógeno es realizada por cianobacterias. Algunas especies de helechos de agua, como la *Azorella*, tienen cavidades en las cuales viven cianobacterias en una manera comparable a la asociación de *Rhizobium* con las leguminosas. La cantidad de nitrógeno fijado por estas bacterias es impresionante: 200 millones de toneladas anuales

**2. Nitrificación o mineralización.** Solamente existen dos formas de nitrógeno que son asimilables por las plantas, el nitrato ( $NO_3^-$ ) y el amonio ( $NH_4^+$ ). Las raíces pueden absorber ambas formas, aunque pocas especies prefieren absorber nitratos que amoníaco. El amonio es convertido a nitrato gracias a los microorganismos por medio de la nitrificación. La modificación de  $NH_4^+$  a  $NO_3^-$  depende de la temperatura del suelo. La transformación, es decir, la conversión se da más rápida cuando la temperatura está arriba de los  $10^\circ C$  y el pH está entre los 5.5-6.5; asimismo, este proceso se ve completado entre dos a cuatro semanas.

Esta fase es realizada en dos pasos por diferentes bacterias: primero, las bacterias del suelo *Nitrosomonas* y *Nitrococcus* convierten el amonio en nitrito ( $NO_2^-$ ), luego otra bacteria del suelo, *Nitrobacter*, oxida el nitrito en nitrato. La nitrificación les entrega energía a las bacterias.



## Saber más... Ciclo del nitrógeno

**3. Asimilación.** La asimilación ocurre cuando las plantas absorben a través de sus raíces, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), elementos formados por la fijación de nitrógeno o por la nitrificación. Luego, estas moléculas son incorporadas tanto a las proteínas, como a los ácidos nucleicos de las plantas. Cuando los animales consumen los tejidos de las plantas, también asimilan nitrógeno y lo convierten en compuestos animales.

**4. Amonificación.** Los compuestos proteicos y otros similares, que son los constitutivos en mayor medida de la materia nitrogenada aportada al suelo, son de poco valor para las plantas cuando se añaden de manera directa. Así, cuando los organismos producen desechos que contienen nitrógeno como la orina (urea), los desechos de las aves (ácido úrico), así como de los organismos muertos, éstos son descompuestos por bacterias presentes en el suelo y en el agua, liberando el nitrógeno al medio, bajo la forma de amonio ( $\text{NH}_3$ ). En este nuevo proceso de integración de nitrógeno al ciclo, las bacterias fijadoras llevan a cabo la digestión enzimática, por lo que el amonio se degrada a compuestos aminados, como proteosas, peptonas y al final, en aminoácidos. Es por esta razón que el proceso se llama aminificación o aminización.

**5. Inmovilización.** Es el proceso contrario a la mineralización, por medio del cual las formas inorgánicas ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) son convertidas a nitrógeno orgánico y, por tanto, no asimilables.

**6. Desnitrificación.** La reducción de los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ), y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), se llama desnitrificación, y es llevado a cabo por las bacterias desnitrificadoras que revierten la acción de las fijadoras de nitrógeno, regresando el nitrógeno a la atmósfera en forma gaseosa. Este proceso ocasiona una pérdida de nitrógeno para el ecosistema; ocurre donde existe un exceso de materia

orgánica y las condiciones son anaerobias, además de que hay poca disponibilidad de agua y un alto pH, aunado a los escurrimientos de los fertilizantes al suelo. El fenómeno de la desnitrificación se debe, a que en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración.

### Aportaciones por lluvia

La lluvia contiene cantidades variables de nitrógeno en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno, y constituye una fuente importante de nitrógeno en los sistemas naturales. Este aporte oscila entre 5 y 15 Kg. N/ha/año. Sin embargo, para los sistemas agrícolas, este valor es pequeño en comparación con el que hacen los fertilizantes químicos.

### Bibliografía utilizada

- ARANA, Federico. 1987. Ecología para principiantes. Editorial trillas. México.
- Campus Tecnológico de la Universidad de Navarra. España. Ciclo del nitrógeno. <http://www.tecnun.com/asignaturas/ecologia/Hipertexto/04Ecosis/135CicN.htm>
- Comunidad Foral de Navarra. Departamento de Agricultura Ganadería y Alimentación. Código de buenas prácticas agrarias de Navarra. El ciclo del nitrógeno en los suelos agrícolas. <http://www.cfnavarra.es/agricultura/buenas/cap4.htm>
- El Valle del Río Jarana. Proyecto desarrollado por un grupo de



## Saber más... Ciclo del nitrógeno

profesores del I. E. S. "alameda de osuna" de Madrid. Determinación de componentes del ciclo del nitrógeno en agua por fotolorimetría. <http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/vdelnitr.htm>

- Equipo SA. Eduteca. Argentina. Contenidos Curriculares. Ciclo de la materia y flujo de la energía. Ciclo Naturales 3. Ciclo del nitrógeno. <http://www.equipoweb.com.ar/eduteca/contenidos/curricular/pdf/33011310.pdf>
- Instituto de Biotecnología. UNAM. Divulgación. Relación entre respiración y fijación de nitrógeno en *Rhizobium phaseoli*. [http://www.ibt.unam.mx/server/PRG.base?alerno:0,clase:div,tit:Relación\\_entre\\_respiración\\_y\\_fijación\\_de\\_nitrógeno\\_en\\_Rhizobium\\_phaseoli.,tipo:doc,dir:div.capsula17.html,re:marrio,edita:jalil,pre:div](http://www.ibt.unam.mx/server/PRG.base?alerno:0,clase:div,tit:Relación_entre_respiración_y_fijación_de_nitrógeno_en_Rhizobium_phaseoli.,tipo:doc,dir:div.capsula17.html,re:marrio,edita:jalil,pre:div)
- Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. Revista Red Escolar. Año2. Número 6. Julio-Septiembre del 2000. La fijación biológica de nitrógeno y su importancia. <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/Revista/06/articulos/06.html>
- OCÉANO. El mundo de la ecología. Editorial Océano, España, 2001.

### Links recomendados

- El Valle del Río Jarana. Proyecto desarrollado por un grupo de profesores del I. E. S. "alameda de osuna" de Madrid. Determinación de componentes del ciclo del nitrógeno en agua por fotolorimetría. <http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/vdelnitr.htm>

- Microbiología Outside: Microorganismos Fijadores de Nitrógeno: Familia Rhizobiaceae. <http://www.microbiologia.com.ar/aplicada/index.php?Mostrar=rhizobium>
- Libro electrónico. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Ciclo del nitrógeno. <http://www.tecnun.com/asignaturas/ecologia/Hipertexto/04Ecosis/135CicN.htm>
- Campus Tecnológico de la Universidad de Navarra. España. Canales Temáticos. Medio ambiente. Ecología y medio ambiente en Tecnum. Población, Ecología y Ambiente. Información temática. La biosfera. Ciclo del nitrógeno. [http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/InfoTematica/CicloNitrogeno/ciclo\\_del\\_nitrogeno.htm](http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/InfoTematica/CicloNitrogeno/ciclo_del_nitrogeno.htm)
- Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. Revista Red Escolar. Año2. Número 6. Julio-Septiembre del 2000. La fijación biológica de nitrógeno y su importancia. <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/Revista/06/articulos/06.html>

### Bibliografía recomendada

- ARANA, Federico. 1987. Ecología para principiantes. Ed trillas. México.
- OCÉANO. El mundo de la ecología. Editorial Océano, España, 2001.