

INDICE

- 1: INTRODUCCIÓN (PAG 2)***
- 2: CICLO DEL NITRÓGENO (PAG 3-4-5)***
- 3: EFECTOS DEL NITRÓGENO EN EL SUELO EN LA FAUNA
EDÁFICA (PAG 6-7)***
- 4: CONCLUSIONES (PAG 8-9)***

Josep Costa Martín

Celia Ocete Soto

1 INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es el componente principal de las proteínas, los ácidos nucleicos, las coenzimas y muchos otros componentes celulares de todos los seres vivos.

Aunque el nitrógeno (N_2) es el gas más abundante en nuestra atmósfera gaseosa (comprendiendo el 78 % del total de los gases atmosféricos) pocos organismos son capaces de reducir este gas y utilizarlo como fuente de nitrógeno. La mayoría tienen que incorporarlo en forma de amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-).

Se denomina Fijación de nitrógeno al proceso de reducción del nitrógeno gaseoso de la atmósfera a amonio (NH_4^+). Y se denomina Reducción asimilatoria de nitrato al proceso de reducción del nitrato a amonio o que es lo mismo, a la transformación del nitrógeno del amonio (NH_4^+) a su forma orgánica. Frecuentemente los niveles de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) en los suelos son muy bajos, y sólo algunos procariotas pueden llevar a cabo la fijación del nitrógeno atmosférico. Las células eucariotas carecen por completo de esta capacidad, limitando el crecimiento de las plantas.

Se conoce por Nitrificación al proceso de oxidación del ión amonio (NH_4^+) en nitrito (NO_2^-) que posteriormente se oxida a nitrato (NO_3^-). La nitrificación es muy rápida en suelos tratados con fertilizantes que contengan sales de amonio.

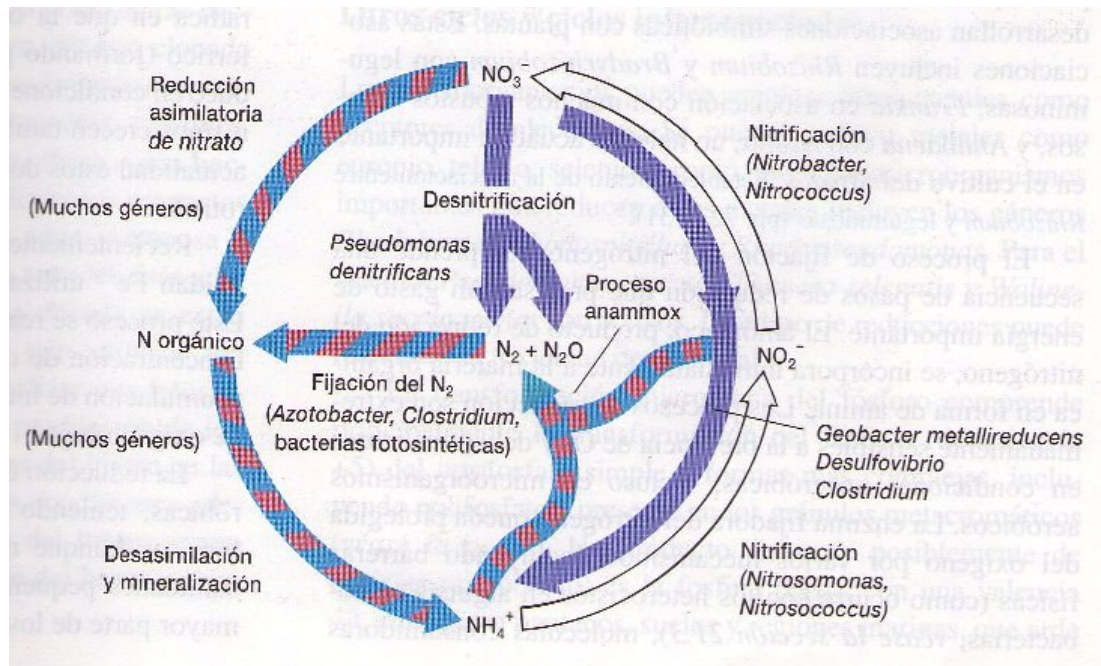
La mayoría de las plantas son capaces de utilizar el nitrógeno del nitrato (NO_3^-) del suelo como fuente de nitrógeno, pero a su vez este nitrógeno orgánico es soluble, facilitándose su pérdida del suelo por lixiviación. También es rápida su pérdida por desnitrificación anaerobia (proceso desasimilatorio en el que se emplea el nitrato como oxidante en la respiración anaerobia).

Ahora hemos hecho una breve explicación de las principales reacciones en las que se modifica el estado en el que se encuentra el nitrógeno, pasando este de su forma gas a su forma orgánica e inorgánica y así puede ser asimilado por los diversos organismos. Pero para poder entender mejor estos procesos y como interaccionan entre si, profundizaremos un poco mas sobre el ciclo del nitrógeno en el siguiente capitulo.

El objetivo de este trabajo es comprender las ventajas y desventajas de los nitratos en el suelo, y para ello debemos conocer bien todos los procesos que afectan al ciclo del nitrógeno, ya sean naturales o inducidos; los estados en los que se encuentra en el suelo; como influye este estado en la capacidad de mantenerse fijado al sustrato, de ser asimilado por los organismos o de infiltrarse en los suelos; como su uso y abuso en agricultura esta empobreciendo nuestros suelos y contaminando nuestros acuíferos; y por último como podemos mejorar la calidad de nuestros suelos y acuíferos o si mas no como podemos frenar su degradación.

2 CICLO DEL NITRÓGENO

En esta figura podemos observar los flujos que ocurren predominantemente en condiciones aeróbicas (flechas blancas), en condiciones anaeróbicas (flechas moradas) y en ambas (flechas de barras cruzadas). También se indican los géneros más importantes que contribuyen al ciclo del nitrógeno.



La fijación del nitrógeno atmosférico puede llevarse a cabo por procariotas tanto aeróbicos como anaeróbicos (bacterias de vida libre como *Azotobacter* y *clostridium*) y no tiene lugar en los eucariotas. La fijación del nitrógeno por cianobacterias como *Anabaena* y *Oscillatoria* pueden enriquecer los ambientes acuáticos con nitrógeno. También puede realizarse éste proceso a través de actividades de bacterias que realizan asociaciones simbióticas con las plantas como *rhizobium*. En estos casos el nitrógeno vive dentro de los nódulos de las raíces de las legumbres (la soya, o soja, el maní, las habichuelas, el trébol, la alfalfa). Este proceso de fijación del nitrógeno comprende una secuencia de pasos de reducción que precisan un gasto de energía importante. Además el proceso de reducción del nitrógeno son extremadamente sensibles a la presencia de oxígeno y debe realizarse de forma anoxigénica incluso en microorganismos aeróbicos.

En este proceso queda fijado en el suelo el nitrógeno que se encontraba en estado gaseoso (N_2 , NO_2) en forma de nitrógeno orgánico ya que el amoníaco (NH_3), producto de la reducción del nitrógeno, se incorpora inmediatamente a la materia orgánica en forma de amina ($\text{NH}_2\text{-R}$, NH-R1-R2 , N-R1-R2-R3).

Además del nitrógeno que fija la bacteria, eventos de alta energía natural, tales como los relámpagos, fuegos forestales, y hasta flujos de lava, pueden causar la fijación de pequeñas, pero significativas cantidades de nitrógeno. La alta energía de estos fenómenos naturales puede romper los enlaces triples de las moléculas de nitrógeno molecular (N_2), haciendo alcanzables átomos individuales de N para la transformación química.

En el curso del último siglo, los humanos se han convertido en fuentes fijas de nitrógeno, tan importantes como todas las fuentes naturales de nitrógeno combinadas: quemando combustible de fósiles, usando fertilizantes nitrogenados sintéticos y cultivando legumbres que fijan nitrógeno. A través de estas actividades, los humanos han duplicado la cantidad de nitrógeno fijada que se dispersa en la biosfera cada año.

Después de que el nitrógeno se incorpora en la materia orgánica, frecuentemente se vuelve a convertir en nitrógeno inorgánico a través de un proceso llamado mineralización del nitrógeno, también conocido como desintegración o desasimilación. Cuando los organismos mueren, las materias de descomposición (como la bacteria y los hongos) consumen la materia orgánica y la llevan al proceso de descomposición. Durante este proceso, una cantidad significativa del nitrógeno contenido dentro del organismo muerto se convierte en amonio (NH_4^+). Una vez que el nitrógeno está en forma de amonio (NH_4^+), está también disponible para ser usado por las plantas o para transformaciones posteriores en nitrato (NO_3^-) a través del proceso llamado nitrificación.

La nitrificación es producida por las bacterias *Nitrosomas* y *Nitrococcus* oxidan el ión amonio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) “Nitritación” y por *nitrobacter* y otras bacterias quimiolitótrofas que oxidan el nitrito (NO_2^-) a nitrato (NO_3^-) “Nitratación”.

La nitrificación requiere la presencia del oxígeno. Por consiguiente, la nitrificación puede suceder solamente en ambientes ricos de oxígeno, como las aguas que circulan o que fluyen y las capas de la superficie de los suelos y sedimentos. El proceso de nitrificación tiene algunas importantes consecuencias. Los iones de amonio tienen carga positiva y por consiguiente se pegan a partículas y materias orgánicas del suelo que tienen carga negativa. La carga positiva previene que el nitrógeno de amonio (NH_4^+) sea barrido (o lixiviado) del suelo por las lluvias. Por otro lado, el ión de nitrato (NO_3^-) con carga negativa no se mantiene en las partículas del suelo y puede ser barrido del perfil de suelo. Esto lleva a una disminución de la fertilidad del suelo y a un enriquecimiento de nitrato de las aguas corrientes de la superficie y del subsuelo.

La amonificación es la conversión a ión amonio (NH_4^+) del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino ($-NH_2$) o imino ($-NH-$). Los animales, que no oxidan el nitrógeno, se deshacen del que tienen en exceso en forma de distintos compuestos. Los acuáticos producen directamente amoníaco (NH_3), que en disolución se convierte en ion amonio (NH_4^+). Los

terrestres producen urea, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, que es muy soluble y se concentra fácilmente en la orina; o compuestos nitrogenados insolubles como la guanina y el ácido úrico, que son purinas, y ésta es la forma común en aves o en insectos y, en general, en animales que no disponen de un suministro garantizado de agua. El nitrógeno biológico que no llega ya como amonio (NH_4^+) al sustrato, la mayor parte en ecosistemas continentales, es convertido a esa forma por la acción de microorganismos descomponedores.

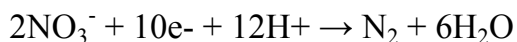
La combinación de amonificación y nitrificación devuelve a una forma asimilable por las plantas, el nitrógeno que ellas tomaron del suelo y pusieron en circulación por la cadena trófica.

En la desnitrificación participan bacterias generalmente heterótrofas como *Pseudomonas denitrificans*. Los productos de éste proceso anaeróbico los productos finales son el nitrógeno gas y el óxido de nitrógeno (N_2O), pero también pueden se pueden acumular en forma de nitrito (NO_2^-). Este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno.

El proceso sigue unos pasos en los que el átomo de nitrógeno se encuentra sucesivamente bajo las siguientes formas:

Nitrato \rightarrow nitrito \rightarrow óxido nítrico \rightarrow óxido nitroso \rightarrow nitrógeno molecular

Expresado como reacción redox:



Como se ha dicho más arriba, la desnitrificación es fundamental para que el nitrógeno vuelva a la atmósfera, la única manera de que no termine disuelto íntegramente en los mares, dejando sin nutrientes a la vida continental. Sin él la fijación de nitrógeno, abiótica y biótica, habría terminado por provocar la eliminación del N_2 atmosférico.

La desnitrificación es empleada, en los procesos técnicos de depuración controlada de aguas residuales, para eliminar el nitrato, cuya presencia favorece la eutrofización y reduce la potabilidad del agua, porque se reduce a nitrito por la flora intestinal, y éste es cancerígeno.

Hay microorganismos que acoplan la oxidación anaeróbica del NH_4^+ con la reducción del NO_2^- , para producir nitrógeno gas, en un proceso denominado “anammox” (oxidación anóxica del amonio (NH_4^+)). Este proceso proporciona un sistema para eliminar el nitrógeno de los efluentes de plantas procesadoras de residuos, y así disminuir su efecto ecológico sobre las aguas. Se cree que los organismos quimiolitótrofos y planctomicetos intervienen en este proceso.

3: EFECTOS DEL NITRÓGENO DEL SUELO EN LA FLORA

La tasa de crecimiento de las plantas, generalmente, es proporcional a la tasa a la cual se provee el nitrógeno. El contenido de nitrógeno en los suelos varia en un amplio espectro, pero valores normales para la capa arable son del 0,2 al 0,7%. Estos porcentajes tienden a disminuir acusadamente con la profundidad. El nitrógeno tiende a incrementarse al disminuir la temperatura de los suelos y al aumentar las precipitaciones atmosféricas. Si el suelo tiene deficiencia de nitrógeno, las plantas se vuelven altas y débiles, raquíticas y pálidas. Como suele aparecer en relativamente pequeñas cantidades en el suelo de los bosques, el nitrógeno, junto con el fósforo, a menudo, se convierte en el nutriente que limita el crecimiento de las plantas, y, por consiguiente, limita la productividad de los bosques. El ión de amonio (NH_4^+) puede atarse a las partículas de arcilla para permanecer en el suelo, sin embargo, el ión de nitrato (NO_3^-), no, y, con frecuencia, el agua lo lava o "lixivia" del suelo. La mayor parte del nitrógeno en el suelo se ha de hallar en los horizontes superiores de los suelos, y, como consecuencia, el nitrógeno puede drenarse fácilmente de los suelos cuando ocurre alguna perturbación.

El nitrógeno añadido como abono, puede estar como urea, NH_4^+ y NO_3^- . Este nitrógeno sigue los mismos modelos de reacción que el nitrógeno liberado por los procesos bioquímicos a partir de residuos de plantas.

- Así la urea es sometida a la amonificación (formación de NH_4^+) y nitrificación previas para su utilización por los microorganismos y plantas.
- El amonio (NH_4^+) puede ser oxidado y ser fijado por las partículas sólidas del suelo o utilizado sin cambio por los microorganismos y las plantas.
- Los nitratos (NO_3^-) pueden ser absorbidos directamente por microorganismos y plantas o pueden perderse por volatilización y lavado.

Hay una parte de materia orgánica en el suelo como los residuos frescos de las cosechas que se transforma mediante una serie de reacciones de descomposición, que se descompone de manera más o menos rápida y otra que es relativamente estable, que no se descompone rápidamente que se le denomina humus. La cantidad de humus depende de la proporción del carbono respecto del nitrógeno (C:N). La relación C:N de la materia orgánica estable es aproximadamente de 10:1. Como regla general, cuando en los materiales orgánicos la relación C:N es mayor de 30 hay inmovilización del nitrógeno durante el proceso de descomposición inicial.

En un suelo no trabajado (no cultivado) el contenido de humus es determinado por la textura del suelo, la topografía y las condiciones climáticas. Por regla general, el contenido de humus es más alto en climas fríos que en cálidos. También el contenido de humus es mayor en suelos de textura fina que en los de textura gruesa.

El cultivo continuado con el uso adecuado de fertilizantes, junto con el retorno de residuos de la cosecha puede mantener o incluso aumentar el nivel de materia orgánica. En un suelo es importante el contenido de materia orgánica porque mantiene una buena estructura en los suelos de textura fina y aumenta la capacidad de intercambio catiónico, con lo cual se reduce la pérdida por filtración de elementos como el potasio, el calcio y el magnesio. Además sirve como reservorio para el nitrógeno del suelo y mantiene la humedad.

4 CONCLUSIONES

4.1 Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados

Las sales de nitrato son muy solubles, por lo que la posibilidad de que se produzca la lixiviación del anión es elevada y más teniendo en cuenta el bajo poder de adsorción que presentan la mayoría de los suelos para las partículas cargadas negativamente.

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.

La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, debido a su transformación en nitritos por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.

La cantidad de nitratos que se lixivian hacia el subsuelo depende del régimen de pluviosidad y del tipo del suelo. La mayoría de los suelos poseen abundantes partículas coloidales, tanto orgánicas como inorgánicas, cargadas negativamente, con lo que repelerán a los aniones, y como consecuencia, estos suelos lixiviarán con facilidad a los nitratos. Por el contrario, muchos suelos tropicales adquieren carga positiva y por tanto, manifiestan una fuerte retención para los nitratos.

La textura del suelo es un factor importante en relación con la lixiviación. Cuanto más fina sea la textura más capacidad de retención presentarán.

4.2 Efectos secundarios del abonado nitrogenado

- Aportación de nutrientes, aparte del nitrógeno, como S, Mg, Ca, Na y B.
- Variación de la reacción el suelo (acidificación o alcalinización) .
- Incremento de la actividad biológica del suelo con importantes efectos indirectos sobre la dinámica global de los nutrientes.
- Daños por salinidad y contaminación de acuíferos, causados por una dosificación muy alta.
- Daños causados por las impurezas y productos de descomposición.
- Efecto secundario, herbicida y fungicida, de la cianamida cálcica.

4.3 Problemas nitratos

- lixiviación
- exceso amonio provoca una interrupción en la reducción del nitrato
- dificultad metodológica para medir la fijación de nitrógeno también dificulta la tasa de desnitrificación.
- Agotamiento del nitrógeno del suelo
- Exceso abono nitrogenado
- Producen sustancias cancerígenas
- Insuficiencia respiratoria en bebés
- Alta velocidad de nitrificación
-

4.4 Soluciones

- usa sales de amonio , urea , amoníaco libre
- rotación de cultivos
- cultivo leguminosas asociada a rhizobium
- inoculación de semillas de leguminosas con cepas de rhizobium
- aumentar el número de nódulos
- añadir pequeñas cantidades de molibdeno
- plantas que expresen genes nif
- expresión genética
- neutralizar los ácidos con cal
- inhibidores de la nitrificación