

EL NITRÓGENO DEL SUELO Y SUS FORMAS QUÍMICAS

Ejemplo de su aplicación como indicador de deterioro de ecosistemas

Andrea Soledad Enriquez* y María Victoria Cremona

Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche (INTA-CONICET), Área de Recursos Naturales

* enriquez.andrea@inta.gob.ar

Dentro de los análisis más relevantes que se practican en una muestra de suelo, se encuentra el de nitrógeno. Este es uno de los macronutrientes más importantes para el desarrollo de las plantas, que lo consumen en forma de amonio y/o nitrato. Repasaremos su origen, relevancia para las plantas y algunos factores que lo condicionan con un ejemplo de caso.

¿Qué es el nitrógeno del suelo?

Así como las personas tenemos que comer e incorporar nutrientes a nuestro cuerpo para crecer y desarrollarnos, las plantas también necesitan consumirlos. Algunos de esos nutrientes son requeridos en grandes cantidades, por lo que se los denomina macronutrientes. Entre ellos se encuentra en primer lugar el nitrógeno (de ahora en más N).

El N es esencial para la vida de todos los seres vivos, porque lo necesitamos para fabricar moléculas tan importantes como enzimas, proteínas y ADN. En las plantas, el N también es fundamental para fabricar parte de la clorofila (pigmento de color verde con el que realizan la fotosíntesis, usando energía solar para transformar elementos simples en compuestos orgánicos más complejos y ricos en energía), para el correcto crecimiento de hojas y la producción de frutos y semillas. En la actualidad se reconoce al N como el principal factor limitante del crecimiento de las plantas, ya que su deficiencia o exceso en los suelos puede provocar notables fluctuaciones en la producción vegetal, con impacto

en la salud y en la productividad de los ecosistemas mundiales.

¿De dónde viene el nitrógeno?

El ciclo del N transcurre entre la atmósfera (incluye el aire), la geosfera (incluye al suelo) y la biosfera (incluye a los organismos vivos) (Figura 1). De esta manera, el N que está en el suelo proviene originalmente del gas N que está en la atmósfera y cuya molécula es N₂. Es gracias a un grupo muy específico de microorganismos del suelo que ese N₂ gaseoso puede ser capturado (fijado) y transformado en N orgánico, pasando a formar parte de la materia orgánica del suelo. Aunque existen otras vías de ingreso natural, son cuantitativamente menos significativas que la fijación microbiana. El 90-95 % del N total del suelo deriva de la materia orgánica del suelo y se encuentra en forma orgánica. Por lo tanto, los restos de hojas y/o animales que mueren y se descomponen en el suelo y aportan materia orgánica también aportan N orgánico al suelo. Mediante el proceso de mineralización, el N orgánico pasa a ser N mineral y queda disponible para ser consumido por las plantas. Bajo

algunas condiciones particulares, el N en el suelo puede volver a la atmósfera en estado gaseoso (proceso conocido como desnitrificación). También algunos elementos nitrogenados son muy solubles

en el agua (ej., nitratos) por lo que pueden perderse del sistema mediante su lavado o lixiviación. Los procesos de erosión hídrica y eólica que provocan voladura de suelo también eliminan nutrientes como el N de los ecosistemas.

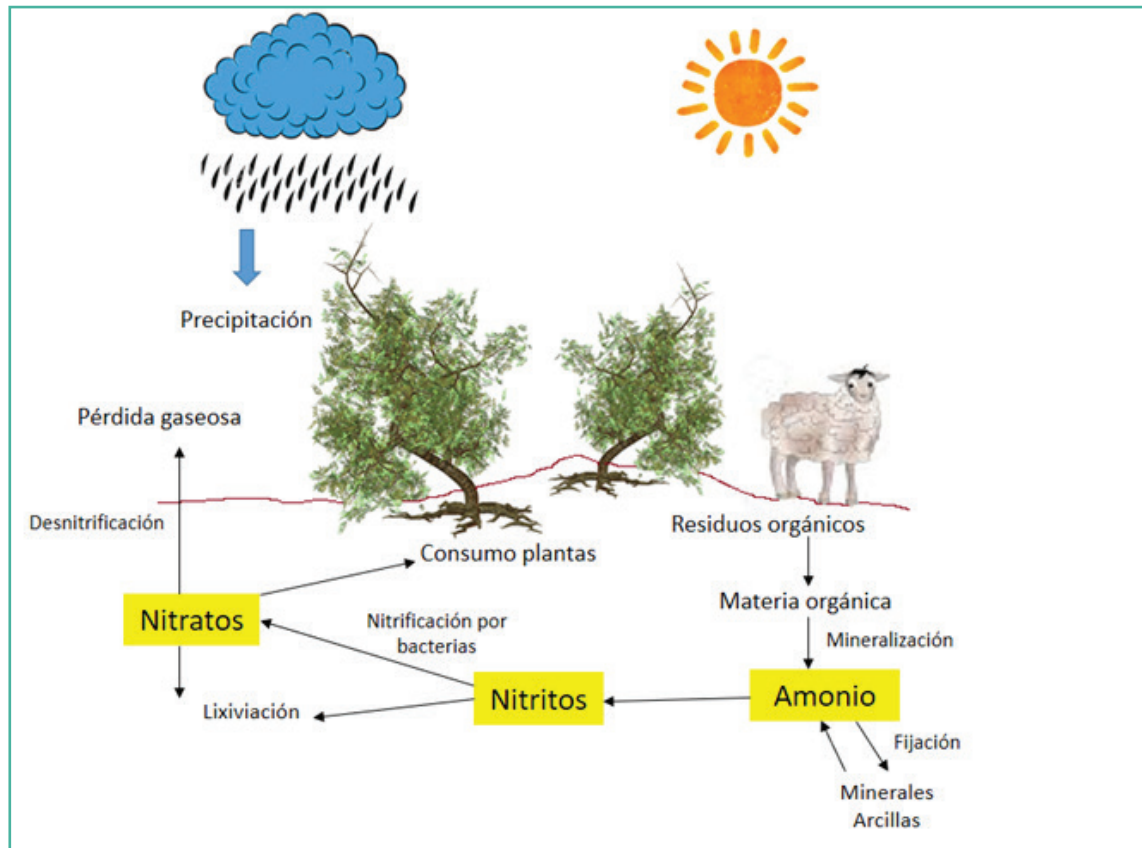


Figura 1: Ciclo simplificado del nitrógeno.

¿Y las plantas pueden usar el N en forma orgánica?

El N orgánico no puede ser directamente asimilado por las plantas, sino que debe sufrir un proceso de transformación llamado mineralización, que es realizado por los microorganismos del suelo. Como resultado de la mineralización, el N orgánico se transforma en N mineral pudiendo así ser consumido por las plantas. Las formas químicas más abundantes en que puede encontrarse el N mineral en el suelo son el amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-). Sus concentraciones dependen de la cantidad

de N orgánico (fuente) y de la ocurrencia o no de la mineralización, que está regulada fuertemente por factores edáficos como la temperatura, la humedad y la aireación del suelo, el pH y la conductividad eléctrica (ver Presencia N° 73).

¿Cómo se sabe cuánto nitrógeno tiene el suelo?

Existe una variedad de métodos para analizar N, siendo el Kjeldahl el más ampliamente utilizado en los Laboratorios de Suelo del mundo, incluyendo redes de interlaboratorios de Suelos de la República Argentina (SAMLA o RILSAV), en donde

el Laboratorio de Suelos y Aguas de INTA EEA Bariloche está incluido. Este método consiste en un análisis químico que determina el contenido de N en una sustancia particular. De esta manera se determina la cantidad de N resultante de

la suma del N orgánico y el amonio en el análisis químico de suelo, agua y aguas residuales, que en la mayoría de los suelos es casi equivalente al N total por lo que se considera una buena estimación de este parámetro.



Figura 2: Etapas del análisis de N por método Kjeldahl del laboratorio de Suelos y Aguas EEA Bariloche: A) pesada de suelos, B) tubos luego de proceso de digestión, C) equipo Kjeldahl en acción, D) titulación del N con medio ácido e indicador.

¿Cómo sabemos si un suelo tiene mucho o poco nitrógeno para las plantas?

A los efectos de tener una idea de las magnitudes, en la Tabla 1 mostramos una escala genérica de clasificación de los suelos en cuanto el contenido de N total para suelos minerales en base a

información local del sudoeste de Río Negro, pero puede variar según la región. Los diagnósticos particulares de los suelos dependen de muchos factores (como su origen, ubicación geográfica o su uso) y es por ello que deben ser realizados por especialistas en suelo, como Agrónomos, Ing. Ambientales, Químicos o Biólogos.

Tabla 1: Escala genérica de clasificación de los suelos según el contenido de N.

Nivel	MO % Método Walkey-Black	NT % Método Kjeldahl
Bajo	<3.5	<0.1
Medio	3,5-6	0,1-0,3
Alto	>6	>0.3
Excesivo	-	-

Como el Carbono (C) y el N son dos elementos indispensables para el desarrollo de la vida, ya que afectan directa o indirectamente a todos los

procesos biológicos, a la hora de evaluar la cantidad de N en el suelo es importante señalar que existe una relación estrecha entre el C y el N, que suele ser cercana a 10.

Algo más que nutrientes: ejemplo del uso del amonio y nitrato como indicador de degradación en mallines

Los mallines son ambientes de gran relevancia en la región patagónica por los múltiples bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen a la sociedad (ver Presencia N° 63, 67 y 68). En este sentido, el grupo de investigación de Suelos, Agua y Ambiente de la EEA Bariloche los estudia para comprender cómo es su estructura, funcionamiento y cómo pueden ser afectados por diversos factores como el sobreuso ganadero o el cambio climático. En esta oportunidad contaremos cómo es la fluctuación natural del amonio y el nitrato en estos ambientes, en función de la variación del nivel de la napa freática y de la temperatura. Además, les mostraremos cómo la degradación de estos ambientes puede afectar este comportamiento natural asociado a una buena condición.

Fluctuación del amonio y el nitrato en mallines sanos

Los mallines se desarrollan normalmente en zonas bajas del paisaje donde el agua de lluvia y de escurrimiento superficial y subsuperficial se acumula. Eso hace que el nivel de la napa freática esté en o cerca de la superficie del suelo durante los inviernos fríos y húmedos y que

descienda hasta metros de profundidad durante los veranos cálidos y secos. Como el oxígeno difunde más lentamente en el agua que en el aire (se diluye 10.000 veces más lento que en el aire), cuando el suelo está inundado se dice que se encuentra en condiciones de anaerobiosis (sin oxígeno). Esa situación hace que los microorganismos que necesitan oxígeno para respirar (aerobios) no puedan desarrollarse. Pero afortunadamente, existe un grupo menos abundante de microorganismos que no necesitan el oxígeno para trabajar, y a esos se los conoce como anaerobios.

Muy sencillamente, el N orgánico se mineraliza a amonio tanto en aerobiosis (suelos aireados) como en anaerobiosis (suelos sin oxígeno, mayormente inundados), es decir por la acción de ambos grupos de microorganismos. El amonio se mineraliza a nitritos y nitratos sólo por la acción de microorganismos aerobios y en suelos oxigenados (húmedos o secos). ¡Pero no olvidemos la temperatura! Ya que en general, los microorganismos comienzan a trabajar cuando la temperatura del suelo es mayor a 6 °C y encuentran su óptimo cerca de los 23 °C. De esta manera, el régimen hídrico de los mallines asociado al clima regional hace que haya una variación de las formas químicas del N (amonio y nitrato) a lo largo del año (Figura 3, línea entera).

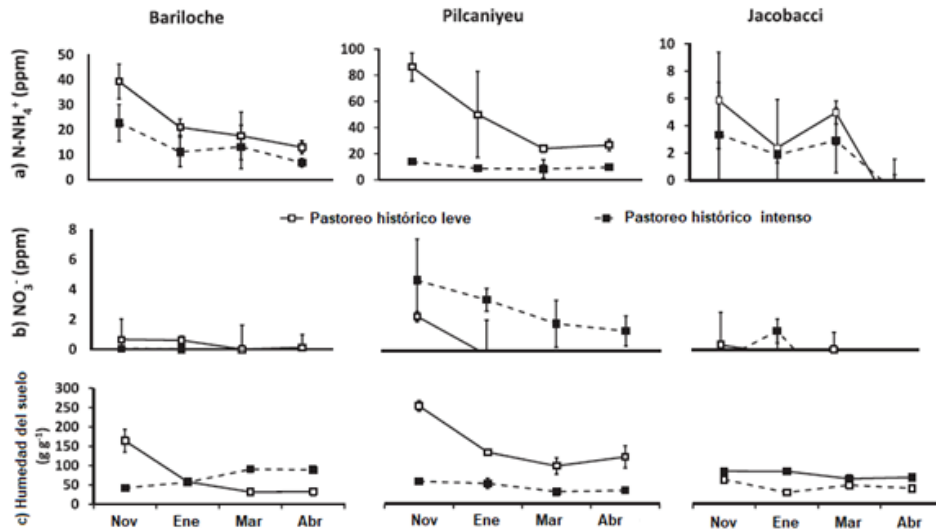


Figura 3: a) Concentración de amonio (NH_4), b) concentración de nitrato (NO_3) y c) humedad del suelo, determinados a 0-15 cm de profundidad en cuatro momentos durante la temporada de crecimiento vegetal 2011-2012 (dic, ene, feb y mar). Línea entera: nivel de pastoreo leve histórico. Línea punteada: nivel de pastoreo intenso histórico. Mallines húmedos de Bariloche, Pilcaniyeu y Jacobacci. Modificado de Enriquez et al. (2014).

Modificación de la fluctuación del amonio y el nitrato en mallines deteriorados por sobrepastoreo

Los procesos de deterioro por sobrecarga ganadera generan muchas veces pérdida de cobertura y erosión hídrica, provocando que el agua se vaya más rápido del sistema y se pierda la dinámica de la napa freática (como se mencionó en la figura 1). Esa nueva situación modifica las condiciones naturales de transformación química de óxido-reducción acopladas y, con ello, alteran el ciclo natural del N (Figura 3, línea discontinua). De esta manera, se constató no solo una degradación estructural de los mallines por sobrepastoreo histórico sino también una pérdida en su funcionalidad.

Resumiendo

Conocer la concentración de N total del suelo nos brinda información general valiosa acerca de la dotación de uno de los nutrientes más importantes

para el desarrollo de las plantas, los microorganismos y la vida toda del suelo. Si deseamos tener un detalle de elementos químicos más sensibles o analizar su disponibilidad en un momento determinado podemos realizar un análisis de amonio y nitrato que, aunque están en menor concentración que el N orgánico, pueden ser buenos indicadores de cambios de uso, manejo y/o condición de los ecosistemas. Estos nutrientes tienen un tiempo de vida en el suelo variable según el sistema de producción, y su monitoreo en el mediano plazo es recomendable cuando se trata de sistemas productivos con uso intensivo o constante en el tiempo.

Más detalles sobre esta investigación pueden encontrarse en: Enriquez A.S., R. Chimner & M.V. Cremona. 2014. Long-term grazing negatively affects nitrogen dynamics in Northern Patagonian wet meadows. *Journal of Arid Environment*, 109:1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.04.012>.