

Del nitrógeno en la urea al nitrógeno del suelo

Antonela Iturri^{1,2*}, Nanci Kloster^{1,3}, Carolina Beroisa¹ y Martín Díaz-Zorita¹

¹Fac. de Agronomía UNLPam, ²INCITAP (CONICET-UNLPam), ³EEA INTA Anguil

*antonelaiturri@hotmail.com

El nitrógeno (N) forma parte de las células vegetales y es un elemento esencial para su crecimiento y funcionamiento. Es indispensable para la síntesis de proteínas, en particular de la clorofila y, como parte de dicha especie química, participa de la fotosíntesis. El N es además un constituyente de las vitaminas y los sistemas energéticos de las plantas. Como el N es el principal constituyente de los aminoácidos, y estos constituyen a su vez las proteínas, resulta determinante de la cantidad de brotes, hojas y tallos, y de la calidad nutricional de granos y forrajes.

El N es un elemento nutriente, cuyos niveles en la mayoría de los suelos agrícolas de la región pampeana son insuficientes para cubrir los requerimientos para el normal crecimiento de los cultivos. En el caso de cultivos de leguminosas los aportes de este nutriente son adecuadamente provistos desde la fijación del N atmosférico. Sin embargo, al producir otros cultivos, es muy frecuente recurrir a la aplicación de fertilizantes y así aumentar la oferta del nutriente en la solución de los suelos.

Entre las varias fuentes de fertilizantes con N, en Argentina, la urea es el más empleado. Este fertilizante es una especie química, cristalina, orgánica, clasificada como una carbamida, en la cual el N tiene una concentración del 46 %. Por esto último, es que el grado de la urea es de 46-0-0, lo que significa que tiene un 46 % de N, y en su composición no posee ni P (0 %) ni K (0 %).

El uso de la urea como fertilizante nitrogenado se inició durante la década de 1930 y, debido a su elevada concentración de N y su relativo bajo costo, se popularizó en la del '60. Actualmente es el fertilizante nitrogenado más empleado mundialmente. En estado sólido, se presenta en modalidades perlada y granulada, siendo esta última la forma más frecuentemente aplicada al suelo. Al igual que la mayoría de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos, la urea se obtiene por reacción del amoníaco (NH₃), producido por síntesis a partir de N e hidrógeno (H) gaseosos a elevada presión y temperatura, el cual se combina con el dióxido de carbono (CO₂) del aire. Por lo tanto, la accesibilidad de la materia prima para la fabricación de la urea, determina que los costos de su producción sean relativamente bajos. También son bajos los costos de transporte de la urea, debido a su alta concentración de N por unidad de masa y su baja densidad aparente, la cual es de, aproximadamente 720 kg/m³ cuando se la transporta a granel, y de 810 kg/m³ cuando se la transporta embolsada. Esto último significa que en su transporte se minimizan los espacios ocupados por aire, mejorando así la eficiencia de logística.

Su uso generalizado es, no sólo por su alta concentración de N y su bajo costo relativo de producción y logística, sino también por su alta solubilidad (624 g/L a 20 °C) en agua y por lo tanto la facilidad de incorporación en la solución del suelo. En estado sólido, es además un producto estable, no combustible, rápidamente biodegradable y no persistente. La acumulación en cuerpos de agua, como otros nutrientes en cantidades excesivas, puede promover el crecimiento de algas, aumentando la turbidez, disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto y obstaculizando la fotosíntesis. La urea no es clasificada como un compuesto o materia peligrosa, es considerada no tóxica para los seres humanos, así como también no cancerígena, ni mutagénica, ni teratogénica. No obstante, durante su manipulación requiere algunas precauciones debido a que el contacto con el polvo, que podría producirse por abrasión de los gránulos de urea entre sí, puede producir irritación en los ojos, las vías respiratorias y la piel.

Para su incorporación en las plantas, el N contenido en la urea requiere que ocurran algunas transformaciones físicas y químicas (Figura 1). Las plantas asimilan el N desde la solución del suelo en formas inorgánicas, como, mayormente, el nitrato (NO₃⁻), y el amonio (NH₄⁺), mientras que la urea en su composición original contiene el N en forma de carbamida.

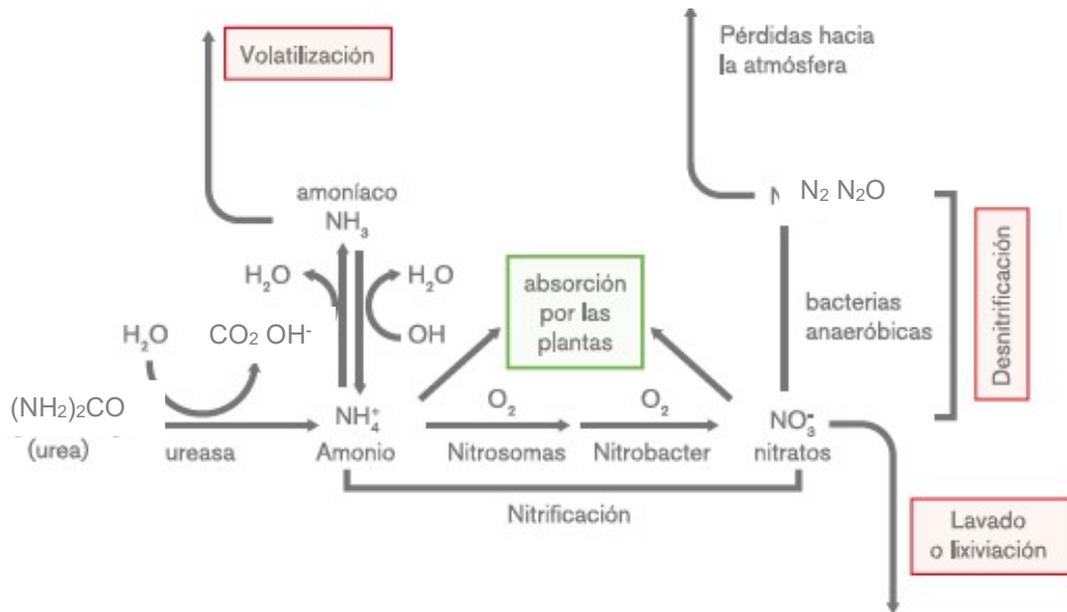


Figura 1: Transformaciones del nitrógeno a partir de la urea.

La urea es una especie química que se incorpora a la solución del suelo, siendo el agua el disolvente. Entonces, ¿cómo se “libera” el N de la urea a la solución del suelo?

En la solución del suelo, para la “liberación” del N de la urea ocurren las siguientes reacciones (Figura 2):

- 1° la disolución del gránulo de urea (la urea en estado sólido pasa a la solución),
- 2° su transformación química que involucra la hidrólisis (catalizada por la enzima ureasa, de presencia natural en suelos), y
- 3° en presencia de oxígeno, la oxidación del amonio (NH_4^+) a nitratos (NO_3^-):

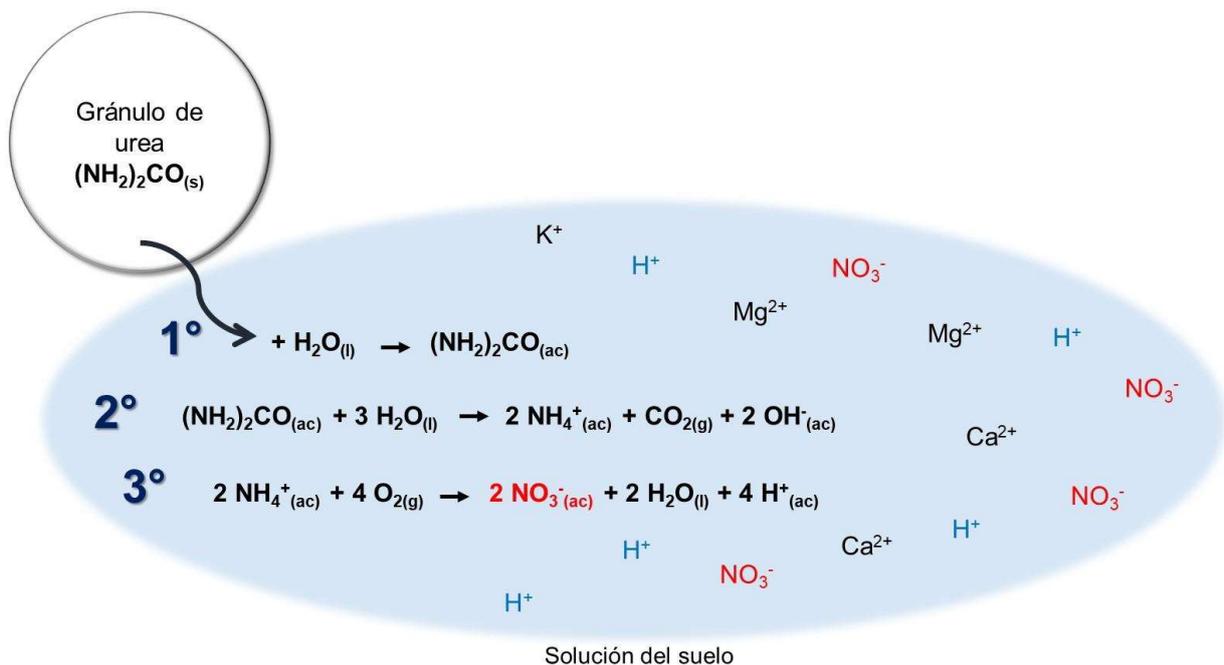


Figura 2: Esquema ilustrativo de las reacciones que experimenta la urea en la solución del suelo. Puede observarse que la solución del suelo está constituida por especies químicas cargadas positivamente (cationes: de potasio, calcio, magnesio, entre otros) y especies químicas cargadas negativamente (aniones, como los nitratos), disueltas en agua.

Luego de la disolución de la urea en la solución del suelo (1° reacción del esquema de la Figura 2), se produce un marcado cambio en el pH: primero se produce su incremento (liberación de OH^- durante la 2° reacción, de hidrólisis), pero, a continuación, rápida y definitivamente, se produce una disminución de pH (liberación de protones (H^+) durante la 3° reacción, de oxidación). Si recordamos, a mayor concentración de H^+ , menor es

el pH de un medio, como el de la solución del suelo. Esto significa que la urea es un fertilizante de reacción ácida, cuya aplicación puede desencadenar la acidificación gradual del suelo. Este efecto es más marcado en suelos de ambientes más húmedos que los de la región semiárida, donde, además, se incorporan H^+ con el agua de lluvia. Independientemente de la magnitud de la acidificación causada por la urea de acuerdo al suelo donde se aplique, el incremento de H^+ que causa, produce un desplazamiento de los cationes de los sitios de intercambio del suelo, intensificando la pérdida potencial de, principalmente, el calcio.

Las transformaciones químicas que experimenta la urea en la solución del suelo (2° reacción del esquema de la Figura 1, hidrólisis) están mediadas por una enzima llamada ureasa. Es por esto por lo que la velocidad de tales transformaciones depende de factores como: la temperatura, la humedad, el contenido de materia orgánica y el pH inicial del suelo, la textura del suelo, y la concentración de ureasa. Por ejemplo, se conoce que la actividad de dicha enzima es óptima a temperaturas de 25 y 35 °C y a pH ligeramente ácido (6,5) a neutro (7,0). Estas transformaciones también ocurren cuando la urea se solubiliza con la humedad del ambiente. Es por eso por lo que, durante el almacenamiento a granel del fertilizante, es importante conservar la urea en ambientes secos y ventilados evitando su exposición a temperaturas superiores a los 25 °C. Además, cuando la urea está embolsada, las estibas deben realizarse sobre tarimas tal de evitar su contacto con la humedad del piso o del suelo del almacén en pilas separadas al menos 1 m del techo. Además, dada la alta higroscopicidad de la urea, no es compatible para realizar mezclas con nitrato de amonio ni se recomienda su combinación con fertilizantes tales como superfosfato triple y superfosfato simple.

El pasaje del N de los gránulos de urea a la solución del suelo requiere de atender a diversas transformaciones o reacciones fisicoquímicas y biológicas, tal de alcanzar con eficiencia la incorporación en las plantas y limitar su acumulación fuera de su alcance, cuidando así la producción y el ambiente productivo.