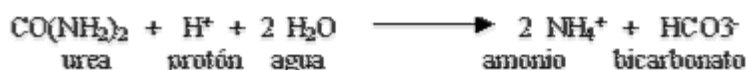


Reacción de los fertilizantes en el suelo. Volatilización de amoníaco a partir de la urea

La urea es la fuente de fertilizante más utilizada en la Argentina. Dentro de las razones que explica la generalización de su utilización, se destaca su accesibilidad económica, su elevada concentración de nitrógeno (N) por unidad de producto (46% de N) y la gran solubilidad en la solución edáfica. Sin embargo, muchas veces se reduce la eficiencia de su utilización debido a la ocurrencia de pérdidas de N por volatilización de amoníaco (NH₃) o por fitotoxicidad provocada por el uso de dosis elevadas de este fertilizante junto con la semilla. Se presentan los conceptos fundamentales para entender la dinámica de estos procesos, y las estrategias disponibles para reducir su incidencia.

Reacción de la urea en el suelo y proceso de volatilización

En suelos con pHs mayores que 6.3, cuando se agrega urea al suelo, ésta sufre un proceso de hidrólisis, generando como productos de la reacción amonio (NH₄⁺) y anión bicarbonato (HCO₃⁻),



Si el pH es menor que 6.2, la hidrólisis de la urea es la siguiente:



La hidrólisis es catalizada por una enzima denominada *ureasa*. Su actividad es muy importante en los residuos de cosecha y en la parte superficial de los suelos. Siguiendo el patrón de distribución de la materia orgánica (MO) del suelo, la mayor actividad ureásica se concentra en el estrato superficial y se reduce con la profundidad.

El amonio liberado en la hidrólisis de la urea queda en equilibrio dinámico con el amoníaco de la atmósfera:



La hidrólisis genera un incremento significativo del pH alrededor del gránulo de urea ya que consume protones. Ese incremento del pH desplaza el equilibrio del amonio y amoníaco favoreciendo la volatilización del NH₃ a la atmósfera.

Factores que regulan la volatilización de amoníaco

El proceso de volatilización se encuentra afectado tanto por factores del suelo como por el manejo de los fertilizantes. En la tabla 1 se enumeran los factores que mayor impacto tienen sobre la volatilización de NH₃.

Tabla 1:

Factores de suelo	Factores de manejo de fertilizantes
<ul style="list-style-type: none"> • Actividad ureásica • Temperatura • Contenido de agua • pH y capacidad buffer • Capacidad de intercambio catiónico (CIC) • Intercambio de aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de aplicación • Fuente y dosis de fertilizante • Presencia de residuos • Uso de inhibidores

A- Factores de suelo

Obviamente, para que ocurra la reacción inicial de hidrólisis es necesario que exista disponibilidad de **agua en el suelo**. La incorporación de la urea, ya sea mediante alguna práctica de labranza o por acción del agua de lluvia o riego, reduce el N eliminado a la atmósfera como NH_3 ya que el fertilizante es muy soluble en agua y se desplaza hacia una zona de menor **actividad ureásica**.

La **temperatura** es un regulador de cualquier actividad biológica. Por lo tanto, la actividad microbiana productora de la enzima ureasa depende directamente de este parámetro. La incidencia de este factor puede ser considerable en cultivos de verano, cuando las temperaturas superan los 18 a 20 ° C. De todas maneras no se debe tener en cuenta solo un factor sino las condiciones predisponentes a la ocurrencia del proceso de volatilización, que integra a varios factores juntos.

El incremento del **pH** alrededor del gránulo de fertilizante es sin duda el factor desencadenante de la volatilización de NH_3 . Suelos que poseen naturalmente pH's altos (suelos alcalinos o salino-alcalinos) de por sí volatilizan significativamente más que suelos agrícolas con pH moderadamente ácidos. En suelos con mayor **capacidad buffer** los cambios en el pH por efecto del fertilizante son menores y por ende la pérdida de N por volatilización es de menor cuantía.

La capacidad de intercambio catiónica (**CIC**) de los suelos afecta la volatilización debido a que el amonio liberado de la hidrólisis de la urea queda retenido en los sitios de intercambio y queda menos disponibilidad del catión para ser volatilizado. Suelos mas pesados, con mayor contenido de arcilla y/o con mas materia orgánica poseen capacidad de intercambio catiónico mas alto.

B- Factores de manejo de fertilizantes.

La selección de la **f fuente** posee gran influencia en la magnitud de la pérdida de N por volatilización de NH_3 . La ocurrencia de este proceso tiene lugar cuando se utiliza urea como fuente o fertilizantes que contienen urea en su composición (por ejemplo, UAN). Las fuentes que contiene amonio o nitratos en su composición, no generan volatilización en suelos agrícolas.

En cuanto a la **dosis de fertilizante**, cuanto mayor sea ésta, más amonio será producido y por lo tanto la volatilización del NH_3 será cuantitativamente más significativa.

El **método de aplicación** debe ser considerado sobre todo en sistemas de siembra directa, debido a la gran actividad ureásica de los rastros en superficie. No son recomendables las aplicaciones de urea al voleo en cobertura total, sobre todo si existen otros factores predisponentes a la volatilización. En estos casos se pueden utilizar fuentes que volatilicen menos como el UAN o que prácticamente no volatilicen, como los fertilizantes que contienen N como nitratos o amonio en suelos con pH moderadamente ácidos

Fitotoxicidad por amoníaco

Si se aplican grandes cantidades de urea junto a la semilla, se puede producir daño de semillas o inhibir la germinación debido a la acción fitotóxica del amoníaco. Para prevenir este problema, es recomendable agregar no más de 30 kg de N/ha en suelos con mayor contenido de MO y texturas medias, mientras que en suelos de textura gruesa y menor contenido de MO no se debería superar los 12 a 15 kg de N/ha. Estas son dosis orientativas, y pueden variar dependiendo de otros factores: tipo de semillas, pH y CIC del suelo, contenido hídrico en la aplicación, etc.

Eficiencia de fertilización: ureas especiales

Existen ureas especiales, que por diferentes mecanismos reducen la velocidad con la que se efectúa la hidrólisis enzimática de la urea. Así, encontramos ureas de liberación lenta como la urea-formaldehído; de liberación controlada, como la urea recubierta con aditivos acidificantes (Ej. ureas recubiertas con azufre) y los inhibidores de la ureasa. En este último caso, mediante la incorporación de sustancias inhibidoras temporarios de la ureasa, se reduce la velocidad con la que se genera la hidrólisis, y por lo tanto se minimiza la volatilización del NH_3 . La utilización de este tipo de productos se encuentra en forma experimental actualmente en la Argentina

Dentro de la gama de productos mencionada, los inhibidores de la ureasa son los que tienen las mejores perspectivas de desarrollo como alternativa para reducir las pérdidas de N-NH₃ fuera del sistema suelo-planta. Un ejemplo de este tipo de productos son las fosforamidas, como el nBPT (N-Butil-Tiofosforic triamide). Sin duda, el elevado costo de este tipo de sustancias es una limitante severa para la difusión de este tipo de tecnologías en el ámbito productivo extensivo.

¿Cuánto N se pierde por volatilización de NH₃? Algunos ejemplos locales (% del N aplicado)

- **Trigo labranza convencional:** 0.25% (cuando se aplica a la siembra); 1.5% (cuando se aplica en macollaje al voleo). Dosis: 120 kg/ha urea. (Videla, 1994).
- **Trigo siembra directa:** 3 al 9%, dependiendo del fertilizante (aplicaciones al voleo)(García et.al., 1996)
- **Maíz siembra directa:** dosis bajas (70 kg de N /ha) 3 al 7% y del 6 al 11% utilizando dosis altas (140 kg de N/ha)(Sainz Rozas et.al. ,1997a).
- **Pastura de agropiro:** fertilización de otoño con urea en suelo Natracuol Típico (con pH 7 en el horizonte superficial): 12% (dosis de 90 kg de N/ha) y 35% (dosis de 180 kg de N/ha)(Barbieri y Hecheverría, 2000)

Código de Buenas Prácticas Agrícolas de la EFMA (European Fertilizer Manufactures Association) para el manejo de la urea

- La urea debe ser incorporada, preferentemente durante las operaciones de labranza.
- En suelos arenosos la urea debería ser utilizada solo en la primera aplicación y únicamente cuando se la puede incorporar rápidamente.
- En suelos de texturas medias y pesados, la urea puede ser usada tanto en aplicaciones a la siembra como fraccionadas.
- La urea puede ser utilizada para aplicaciones tardías en cereales de invierno.
- La urea debe ser utilizada cuando existe probabilidades de ocurrencia de lluvias o se dispone de riego.
- El uso de la urea en pasturas es apropiado temprano en la estación de crecimiento, durante períodos de lluvia o luego de un riego.
- En suelos alcalinos, la urea debe ser incorporada inmediatamente luego de la aplicación.
- Aplicaciones de urea con altas temperaturas y suelos secos, requiere de la incorporación sin demoras. Las aplicaciones no deben realizarse en el momento más caluroso del día.
- No aplique urea inmediatamente luego del encalado.
- No aplique urea al suelo cuando hay residuos, abonos recién agregados ni nada que reduzca la adsorción de amonio por parte del suelo
- Dependiendo de las condiciones ambientales locales, dosis superiores a 250 kg/ha de N deberían fraccionarse.

Bibliografía citada y consultada

- Barberi, PA, Hecheverría, H.E, 2000. CD XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- García.F.O, Sarlangue, H, Justel, F, Picone, LI. Grattone, F.D. 1996. Fertilización nitrogenada de trigo en siembra directa en sudeste bonaerense. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 101-102.



agroEstrategias
consultores

Maipú 2570 - CP S2004FSR - Rosario, Argentina
TeleFax: (54)(341) 481-1174

e-mail: agroestrategias@agroestrategias.com
www.agroestrategias.com

- Sainz Rozas, H, Echeverría H.E, Studdert G.A, Andrade, FH, 1997a. Volatilización de amoníaco desde urea aplicada al cultivo de maíz bajo siembra directa. Ciencia del Suelo 15: 12-16
- Trenkel, M.E. 1997. Improving Fertilizer Use Efficiency. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. 151 p
- Videla, CC. 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. EEA Balcarce INTA Bol.Tec. 131, 16 p. En: Uso de modelos de balance para determinar los requerimientos de fertilizante nitrogenado de trigo y maíz. Roberto Alvarez. 1999. Ed. Eudeba p 14-15
- Watson, C.J. 2000. Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding N° 454. 39 p