



## Uso de nitratos en fertilización de pastos

### **MICHAEL BASTEN**

Agrónomo, University of Kiel, Alemania.

Investigador de nitratos en suelos del Instituto de Nutrición de Plantas y Ciencia del Suelo,  
University of Kiel, Alemania.

Director de desarrollo de productos del Centro de Investigación Hanninghof,  
YARA International, Alemania.

michael.basten@yara.com

**Alemania**

### **Introducción**

El forraje utilizado bajo pastoreo es el alimento más barato para las vacas lecheras y de carne y aún cuando es usado solo, es capaz de sostener un alto rendimiento animal individual. El potencial de producción del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) puede ser de más o menos 12 kilogramos de leche por vaca por día para la raza Holstein con una carga de tres unidades de ganado por hectárea (Urbano, 1992). Con el fin de lograr ese rendimiento, los pastizales tienen que ser administrados intensivamente para producir cerca de 15 a 18 toneladas métricas de materia seca de alta calidad por hectárea.

Esta cosecha significa un consumo anual de más o menos 500 kilogramos de nitrógeno por hectárea. De esta cantidad de nitrógeno disponible en el pasto, solamente de 60 a 100 kilogramos son en realidad retirados por la leche y la carne, mientras que el resto es excretado y/o se pierde o es reciclado.

Las rutas más importantes de pérdidas son la lixiviación de nitrato y la volatilización del amonio principalmente de la orina, ambas muy dependientes de las condiciones del clima y del suelo. Con el fin de mantener una alta productividad de los pastizales, los fertilizantes de nitrógeno deben ser aplicados para equilibrar lo que se retira y se pierde.

Hasta cierto punto, una baja productividad de los pastizales puede ser compensada por aportaciones adicionales de concentrados comerciales pero a un precio de US\$0.22/kg (Holmann y compañía, 2003) esto es por cuenta de la renta neta.

Sin embargo, diferentes formas de nitrógeno (nitrato, amonio, úrea) tienen un impacto fuerte sobre la eficiencia del uso de nitrógeno de los fertilizantes aplicados a los pastizales y por ende, sobre la economía de los ganaderos. Este estudio trata sobre los efectos de diferentes fuentes de nitrógeno concernientes a las pérdidas y el consumo de las plantas; finalmente, la respuesta de cosecha de los pastizales a diferentes fertilizantes.





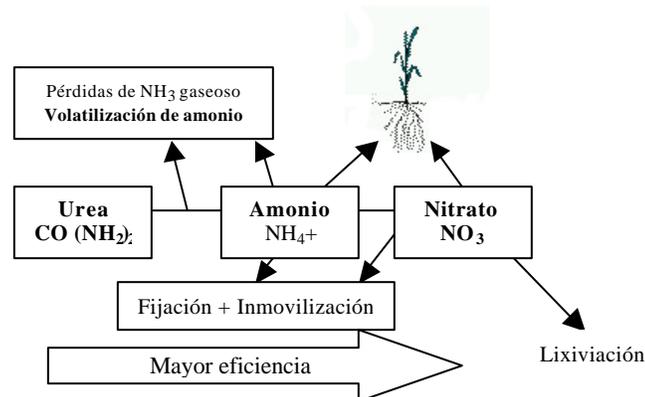
## 1. Efectos de diferentes fuentes de Nitrógeno en los fertilizantes

Aunque las tres principales fuentes de nitrógeno de los fertilizantes minerales, son úrea, amonio y nitrato, pueden ser tomadas y metabolizadas por las plantas, por varias razones más del 90% del nitrógeno asimilado por las plantas cosechadas en las tierras altas consisten de nitrato.

El nitrato está inmediatamente disponible para la planta y es móvil en el suelo, de modo que el crecimiento intensivo de las plantas puede ser apoyado por el consumo de nitrógeno por la vía del flujo masivo aún desde capas del suelo mas profundas.

Como se puede apreciar en la Figura 1, la úrea y el amonio son convertidos a nitrato. Durante la transformación, algunos porcentajes de nitrógeno de la úrea se pierden permanentemente a la atmósfera como amonio y también una porción del amonio por lo menos no está temporalmente accesible para las plantas debido a la absorción sobre minerales de arcilla o a la inmovilización por microbios en el suelo. Por lo tanto, la eficiencia en el uso del nitrógeno aumenta con el contenido del nitrato de los fertilizantes.

**Figura 1**  
Rotación del nitrógeno y rutas de pérdidas de diferentes fuentes de nitrógeno.



### 1.1 Volatilización del Amonio

Según Bouwman et.al. (2002) la cantidad de amonio perdido de la úrea que es aplicada a voleo es de más o menos del 20% sobre el promedio global, variando en un alcance (amplitud) del 12 al 52% dependiendo principalmente del pH del suelo y de las condiciones del clima (Tabla 1).



**Tabla 1**  
**Efecto del pH del suelo y del clima sobre las pérdidas de amonio de la úrea.**

pH del Suelo	Pérdida de amonio gaseoso [% de nitrógeno aplicado]	
	Zona Templada	Zona Tropical
< 5.5	12	18
5.5 – 7.3	14	20
7.3 – 8.5	19	28
> 8.5	35	52

Fuente: Bouwman et. al. (2002)

Como la úrea aplicada a los pastizales está de una manera aislada del suelo por la alfombra de estolones, siempre y cuando el nitrógeno no sea incorporado por la lluvia, el riesgo de las pérdidas de amonio es aún mayor que para las cosechas cultivables y el impacto del pH del suelo se vuelve menos importante.

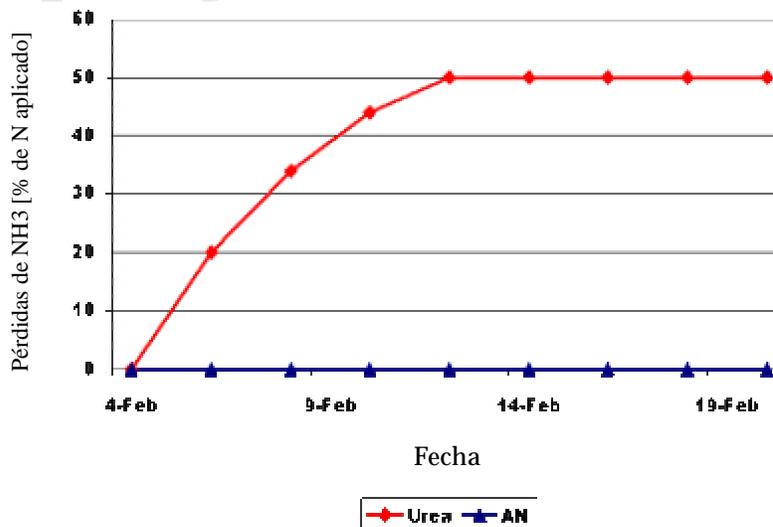
Cantarella (2003) hizo una evaluación de las pérdidas por volatilización de amonio de la úrea y del nitrato de amonio (AN) aplicados a los pastizales (*Brachiaria decumbens*) para tres cortes sucesivos. La prueba se realizó en un Latosol Rojo Brasileiro con un pH del suelo ( $\text{CaCl}_2$ ) de 4.3 y 2% de materia orgánica.

Las pérdidas fueron medidas en el campo con cámaras de volatilización. Estas pruebas consistieron de cilindros de PVC, de 20 centímetros de diámetro y 40 centímetros de alto, que contenían dos discos de espuma de polietileno, impregnados de una solución de ácido fosfórico y glicerol con el fin de absorber el amonio liberado del suelo. El extremo superior del cilindro estuvo cubierto con una tapa de plástico que permitía la circulación del aire. Las cámaras de PVC fueron colocadas sobre las bases de PVC, las cuales son cilindros de 19 centímetros de diámetro y 15 centímetros de alto, parcialmente insertados dentro del suelo dejando 6 centímetros arriba de la superficie del suelo. Los fertilizantes fueron aplicados al suelo dentro de las bases de PVC a una velocidad (tasa) de 100 Kg N/hectárea.

Las espumas de polietileno fueron reemplazadas periódicamente, a intervalos de dos días y el amonio atrapado por el ácido fosfórico fue extraído y medido en el laboratorio. Como las cámaras no permiten que la lluvia llegue al fertilizante que fue colocado adentro, cada vez que las espumas fueron reemplazadas, las cámaras fueron pasadas a la siguiente base de PVC de modo que se hizo la evaluación de pérdida de amonio del siguiente período con un tratamiento de fertilizante que había sido expuesto a las mismas condiciones que al resto del campo.



**Figura 2**  
Pérdidas de amonio de la urea y del nitrato de amonio (AN) aplicado para el segundo corte de *Brachiaria decumbens*.



Fuente: Cantarella, (2003).

Pérdidas más altas de amonio de cerca del 50% fueron encontradas para la úrea aplicada para el segundo corte (Figura 2).

Mientras que las pérdidas de amonio del nitrato de amonio (AN) fueron insignificantes para todos los cortes, las pérdidas de la úrea aplicada para el primer y tercer corte fueron de alrededor de 17% ambas. Estas pérdidas explican básicamente la reducción del 33% en la cosecha de materia seca después de la aplicación de la úrea comparado con AN y la misma prueba como aparece en la Figura 6.

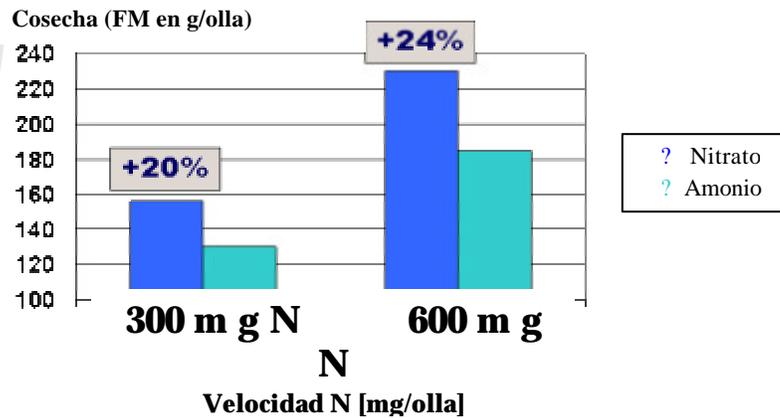
## 1.2 Movilidad y Disponibilidad

Dependiendo de las propiedades del suelo y de la temperatura, la conversión de amonio a nitrato (nitrificación) puede demorarse varias semanas. Durante este período de tiempo la disponibilidad de nitrógeno es limitada ya que el consumo de amonio está restringido a la capa superior del suelo debido a la falta de movilidad en el suelo. Además, la velocidad del consumo de amonio es controlada por la difusión, la cual no es adecuada para proveerle nitrógeno a cosechas que crecen rápido como verduras frondosas y pastizales intensivos.

Como se puede apreciar en la Figura 3, la cosecha de materia fresca de espinaca fue más o menos 20% más alta cuando el nitrógeno fue aplicado como nitrato comparado con el amonio, el cual fue estabilizado por un inhibidor de nitrificación.



**Figura 3**  
Efecto de nitrato de calcio (Nitrato) e inhibidor de amonio + nitrificación (Amonio) sobre cosecha de materia fresca de espinaca.



Fuente: Yara International, Research Centre Hanninghof (2002).

De hecho, estas diferencias son menos pronunciadas cuando el amonio no está estabilizado pero hay adicionales pruebas que confirman una demora en la respuesta de crecimiento a nitrógeno aplicado como úrea o amonio cuando viene a una comparación con nitrato que contiene fertilizantes (Giraldo y Vallejo, 2004).

### 1.3 Acidificación del Suelo

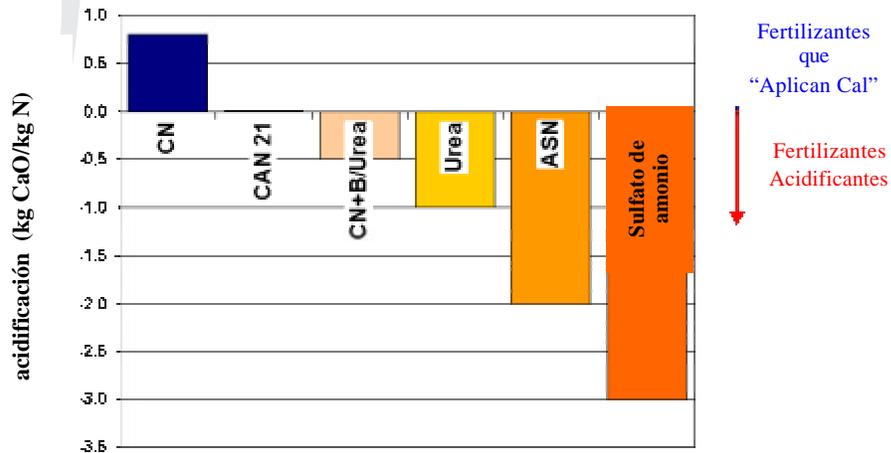
Con la excepción de nitrato, todas las fuentes de nitrógeno contribuyen a la acidificación del suelo, debido a la liberación de protones durante la nitrificación. Con el fin de mantener el pH del suelo óptimo, se debe aplicar cal adicional como lo indica la Figura 4 para compensar por diferentes efectos acidificantes de los fertilizantes de nitrógeno. Los costos adicionales para aplicar cal deben ser considerados con el fin de comparar en cuanto a costos de diferentes fertilizantes de nitrógeno.

Además, el consumo de amonio por las cosechas causa un flujo de protones que fácilmente puede acidificar la rizosfera en mas o menos una unidad de pH durante la temporada de crecimiento. En particular sobre suelos ácidos, el pH de la rizosfera bajo en capacidad de amortiguación puede alcanzar valores menores de 5 los cuales pueden inducir una significativa liberación de iones de aluminio, los cuales son tóxicos para las plantas y pueden perjudicar el crecimiento de las raíces.



**Figura 4**

**El efecto acidificante de diferentes fertilizantes de nitrógeno indicados como kilogramos de CaO requeridos para compensar la acidificación por kilogramo de nitrógeno aplicado.**



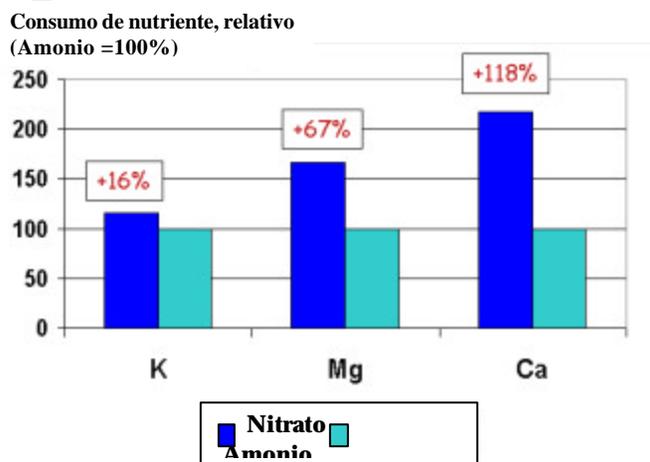
**CN = Nitrato de Calcio    CAN21= Nitrato de Calcio y Magnesio    CN+B = Nitrato de Calcio + Boro  
ASN= Nitrato de Amonio +Sulfato**

## 2. Consumo de Calcio y Magnesio

Hay un antagonismo entre el consumo de amonio y otros cationes como potasio, calcio y magnesio mientras que tanto el nitrato como el anión desencadenan el consumo de esos cationes y apoya la nutrición equilibrada de la planta. Un ejemplo de mayor consumo de catión por la espinaca después de la aplicación de nitrato comparado con el uso de amonio se puede apreciar en la Figura 5. Aunque hay una respuesta directa del consumo de calcio a la aplicación de nitrato de calcio, el aumento del consumo de potasio y de magnesio es amplia prueba de la sinergia entre el suministro de nitrato y el consumo de cationes de Ca y Mg.

**Figura 5**

**Efecto de nitrato de calcio (Nitrato) y del amonio + inhibidor de nitrificación (Amonio) sobre el consumo de potasio, calcio y magnesio de la espinaca.**



Fuente: Yara International, Centro de Investigaciones Hanninghof (2002)

Boberfeld et.al.(1995) encontraron resultados similares en pastos en donde el contenido de calcio y de magnesio aumentó en un 24%. En general, mayores contenidos de magnesio en el pasto son importantes para reducir el riesgo de vahídos de pasto.

### 3. Respuesta de cosecha de pastizales a diferentes fertilizantes de Nitrógeno

La respuesta final de los pastizales a diferentes fertilizantes de nitrógeno puede ser considerada como una acumulación de los efectos mencionados anteriormente. Depende de condiciones locales de suelo y de clima los cuales son los efectos más decisivos.

#### 3.1 Nitrato de amonio, Nitrato de amonio de calcio (CAN 21) y Úrea

La fuente de nitrógeno en CAN 21 es nitrato de amonio, el cual entrega tanto el 50% del nitrógeno total de nitrato así como el 50% de amonio. Aunque CAN 21 incluye adicionalmente 7.5% de MgO y 10% de CaO, en general mayores cosechas con CAN 21 comparado con úrea están principalmente basadas en una mejor respuesta a la parte de nitrato. En una prueba de pastizales de Brasil, la cosecha total de materia seca de 3 cortes fue 18% y 33% respectivamente con altas tasas de nitrógeno después de un tratamiento con nitrato de amonio comparado con la aplicación de úrea (Figura 6). Como ya se mencionó, las menores pérdidas de amonio son la principal

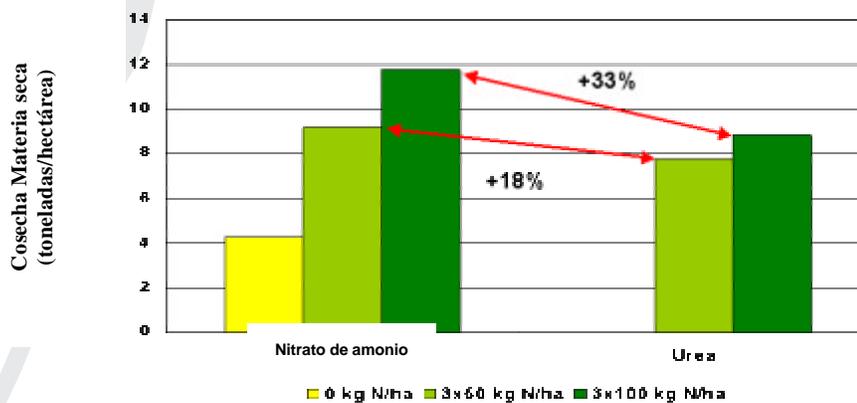




razón para una mejor respuesta a nitrato de amonio pero probablemente el alivio de la toxicidad de aluminio por la nutrición de nitrato jugó un papel en este Latosol ácido (pH<sub>CaCl2</sub> 4.3).

**Figura 6**

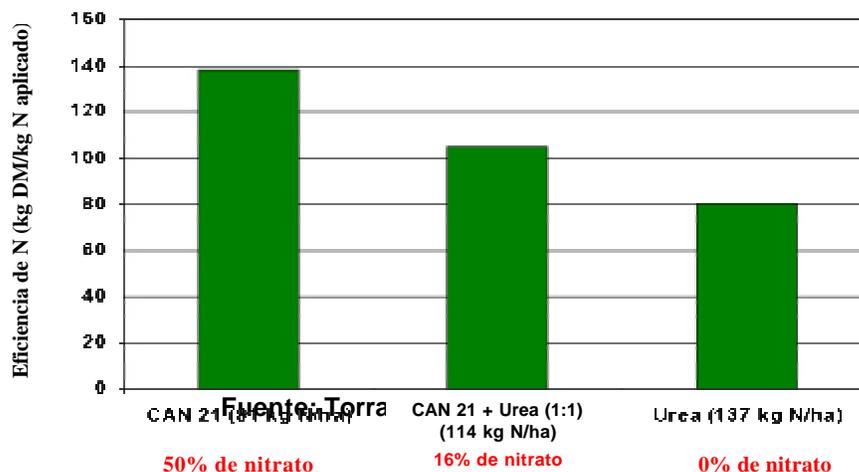
**Efecto de fertilizante de nitrógeno y tasa de nitrógeno sobre la cosecha total de materia seca (3 cortes) de pastizales (Brachiaria decumbens), Cantarella (2003)**



La mayor eficiencia de uso del nitrato de amonio comparado con la úrea también fue confirmada en una prueba realizada en Colombia (Figura 7). Aunque diferentes tasas de nitrógeno fueron aplicadas como CAN21, mezcla de CAN21+ Úrea y sólo úrea, se puede llegar a la conclusión de que la producción de materia seca por kilogramo de nitrógeno aumenta con el porcentaje de nitrógeno de nitrato en el fertilizante.

**Figura 7:**

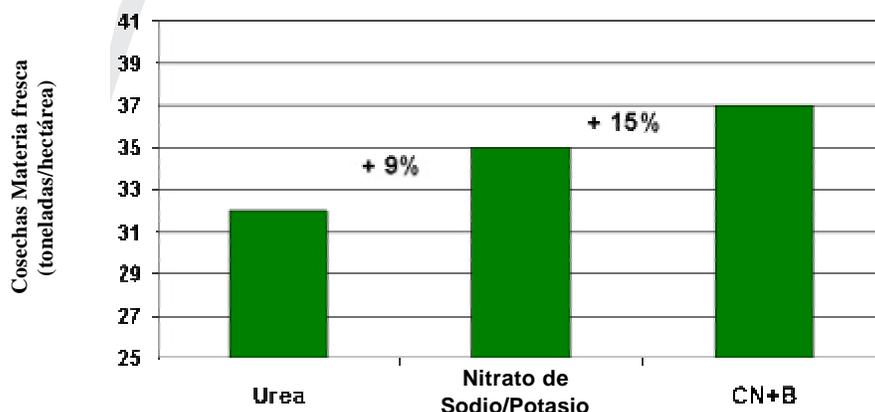
**La eficiencia en el uso de nitrógeno de diferentes fertilizantes aplicados a pastos Kikuyo/Ryegrass. Cosecha total 4 cortes.**



### 3.2 Nitrato de calcio mas boro (Nitrabor) y mezcla de Urea mas Nitrabor (Nitramid)

Un mejor rendimiento con respecto a la cosecha de materia fresca de pastizales (+9%) también fue encontrado en pruebas sobre pastos en Colombia con un fertilizante que contiene nitrato como se puede apreciar en la Figura 8.

**Figura 8**  
Efecto de diferentes fertilizantes de nitrógeno a una tasa (velocidad) de 63 kilogramos de N/hectárea sobre la cosecha de materia fresca de los pastos Kikuyo en Colombia, Giraldo y Vallejo (2004)



Además de la respuesta a la aplicación de nitrato, hubo una respuesta al boro (B) el cual fue aplicado por un fertilizante compuesto que consiste de 15.5% de nitrógeno de nitrato de calcio (CN) 26% y 0.3% de B. Como el análisis del boro del suelo fue muy bajo (0.2ppm o partes por millón) comparado con el tratamiento de nitrato de sodio-potasio, la respuesta de la cosecha al boro aplicado como CN+B fue de más o menos 6% de cosecha adicional de materia fresca.

Sin embargo, a una tasa de 30kg de N/hectárea aplicado como CN+B para un corte o pastoreo, el aporte total de B es de más o menos 500 gramos mientras lo que se extrae de B por cosecha es de sólo 30 a 50 gramos. Por lo tanto, mezclar CN+B por ejemplo con úrea (50% CN+B + 50% úrea) tiene varias ventajas para los pastizales.

Primero, un 25% de nitrógeno de nitrato aumenta la velocidad de crecimiento del pasto, mientras que la úrea tiene que ser hidrolizada y nitrificada antes de que el nitrógeno de úrea se vuelva totalmente disponible para el pasto como nitrato. Proceso que le ocurre más tarde en el período de crecimiento.





Segundo, en áreas con deficiencia (escasez) de boro un contenido de boro de 0.15% en el fertilizante es suficiente para proveer pasto en cantidades adecuadas.

Tercero, tanto el nitrato de calcio como el boro pueden reducir las pérdidas de amonio de la úrea. El boro tiene un efecto que inhibe la urease lo cual significa que se demora la hidrólisis de úrea catalizada. Debido a esta demora la úrea puede penetrar dentro del suelo tanto por medio de difusión como por medio de la lluvia y por ese medio la concentración de amonio en la superficie del suelo es reducida. El calcio soluble en el agua del nitrato de calcio provee un control adicional sobre la volatilización de amonio basada en el intercambio de protones por el calcio. La liberación de protones amortigua el aumento temporal de pH causado por la hidrólisis de la úrea. Un menor pH significa menores concentraciones de amonio en la solución del suelo y por lo tanto un menor riesgo de pérdidas de amonio.

## Resumen

Los fertilizantes y el fertilizante de nitrógeno en particular, son una parte integral de la nutrición de pastizales que buscan mayores cosechas y calidad.

Sin embargo, la eficiencia de las formas de nitrógeno, del nitrato, amonio y úrea, son diferentes debido al grado de pérdidas de nitrógeno y de la disponibilidad de nitrógeno para las cosechas.

Las pérdidas por la volatilización del amonio gaseoso del fertilizante basado en amonio y nitrato aplicado a pastizales (pastos) son insignificantes mientras que las pérdidas por la úrea gaseosa justifican el 21% en promedio del nitrógeno aplicado. Además de una movilidad más baja temporal y de la disponibilidad de nitrógeno de el área, estas pérdidas son responsables de una cosecha de materia seca de los pastizales que es 10 a 30% más baja comparada con los fertilizantes basados en nitrato de amonio.

Con el fin de calcular la efectividad en cuanto a costos de diferentes fertilizantes de nitrógeno, el costo de la cal para compensar la acidificación del suelo debe ser considerado al igual que la sinergia entre el consumo de nitrato y la absorción de cationes de Ca y Mg.

El hecho de mezclar fertilizantes basados en nitratos con úrea, por ejemplo nitrato de calcio + boro con úrea, puede ser una medida ideal para beneficiar sinergia entre diferentes fertilizantes de nitrógeno.

Sin embargo, como las condiciones locales determinan la respuesta de cosecha de los pastos a diferentes fertilizantes de nitrógeno, los efectos de las fuentes de nitrógeno presentados en el papel forman solamente una base para evaluar su efectividad en cuanto al costo localmente.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Artículos de una publicación en serie:**

BOUWMAN, A.F., BOUMANS, L.J.M., BATJES, N.H.: Cálculo de la pérdida total de  $\text{NH}_3$ , por volatilización del fertilizante sintético y del estiércol (abono) animal aplicado a tierras arables (cultivables) y pastizales; Ciclos Biogeoquímicos Globales, Vol. 16, No. 2, 2002.

HOLMANN, F., RIVAS, L., CARULLA, J., RIVERA, B., GIRALDO, L.A., GUZMAN, S., MARTINEZ, M., MEDINA, A., FARROW, A.: Evolución de los sistemas de producción de leche en América Latina tropical y su interrelación con los Mercados: Un análisis del caso Colombiano, Investigación Ganadera para el Medio Ambiente Rural 15(9), 2003

OPITZ VON BOBERFELD, W., DANIEL, P., JASPER, J., JUCKEN, E.: Zur Wirkung von DCD-haltigen N-Duenger auf Ertrag und Qualitaetskriterien einer Weidelgrasnarbe, Agribiol. Res. 48, 1995,

URBANO, D., ARRIOJAS, I., DAVILA, C.: Efecto de la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum*- *Medicago sativa*) I. Producción de materia seca, altura y relación hoja/tallo, Zootecnica Tropical, Vol. 12 (2):281-306, 1994

URBANO, D., ARRIOJAS, I., DAVILA, C.: Efecto de la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum*- *Medicago sativa*) II. Contenido de proteína y digestibilidad, Zootecnica Tropical, Vol. 13 (2): 183- 198, 1995

### **Artículo en varias entregas**

URBANO, D: Pasto kikuyu, *Pennisetum clandestinum*. Merida, Ven, FONAIAP. Estación experimental Merida. 1992

BUITRAGO, A., GONZALEZ, A.L., Evaluación de Nitrabor en diferentes especies vegetales de importancia en la alimentación de ganado de leche, Yara Colombia, 2004

CANTARELLA, H.: Evaluación del efecto del inhibidor de urea NBPT sobre la eficiencia del fertilizante de urea bajo condiciones de suelo Brasileiro, 3er informe, Instituto Agronómico, Campinas, Octubre 2003

GIRALDO, A.E., VALLEJO, J.A: Informe parcial de Hydro. Tres pruebas realizadas sobre pastos Kikuyo para comparar de la cosecha a urea, Nitromag, nitrato de sodio y Nitrabor, YARA Colombia, 2004





TORRADO, J.O.: Efecto de Nitromag y Urea sobre la cosecha y la calidad de un pasto Kikuyo-Ryegrass recién establecido. Hydro Agri Colombia – Departamento Técnico, 1997

