

**Efecto del inhibidor NBPT en la volatilización  
de amoníaco proveniente de la hidrólisis de  
urea en un sistema semi estático y en pastos**

**Julio César Aguilar Gudiel**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

# **Efecto del inhibidor NBPT en la volatilización de amoníaco proveniente de la hidrólisis de urea en un sistema semi estático y en pastos**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Julio César Aguilar Gudiel**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2009

# **Efecto del inhibidor NBPT en la volatilización de amoníaco proveniente de la hidrólisis de urea en un sistema semi estático y en pastos**

Presentado por:

Julio César Aguilar Gudiel

Aprobado:

---

Nils Berger, Dr. Sc. Agr.  
Asesor principal

---

Miguel Vélez, Ph. D.  
Director Carrera de  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Gloria Arévalo, M. Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph. D.  
Decano Académico

---

Leo Espinoza, Ph. D.  
Asesor externo

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

---

Abelino Pitty, Ph. D.  
Coordinador, Área Temática  
Fitotecnia

## RESUMEN

Aguilar Gudiel, Julio, 2009. Efecto del inhibidor NBPT en la volatilización de amoníaco proveniente de la hidrólisis de urea en un sistema semi estático y en pastos. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras. 15p.

El objetivo del estudio fue cuantificar el efecto del inhibidor de ureasa NBPT sobre la reducción de pérdidas de N por volatilización. Se realizaron dos experimentos: 1) Determinación de las pérdidas de nitrógeno comparando urea y urea + NBPT por un periodo de 15 días; se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se comparó una dosis de urea (1,300 kg/ha), con dos dosis del inhibidor (3.78 y 2.75 L/t de urea). El  $\text{NH}_3$  volatilizado fue capturado en esponjas de polyuretano impregnadas con  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0.73 M con 33% glicerina en un tubo de PVC. En el uso del inhibidor las pérdidas de  $\text{NH}_4^+$  fueron de 10.4% comparado a 19.3% al usar urea. 2) Determinación del efecto de urea + NBPT en la producción de materia seca de pasto. Se comparó una dosis de urea (300 kg/ha) y dos del inhibidor 3.78 L/t, 2.75 L /t y un testigo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, en un lote con pasto estrella de  $12 \times 12$  m, dividido en 16 parcelas de  $3 \times 5$  m. Se realizaron dos cortes en un área de  $5.25 \text{ m}^2$ /parcela a los 20 y 40 días después de la aplicación del fertilizante. La producción del pasto fue de 18.5 y 17 t MS/ha/año para las respectivas dosis del inhibidor y 15.3 y 9.4 para urea y testigo sin aplicación.

**Palabras clave:** Agrotain, inhibidor de ureasa, n-(n-butil) triamida tío fosfórica, producción de materia seca, volatilización de urea.

## ABSTRACT

Aguilar Gudiel, Julio, 2009. NBPT inhibitory effect on the volatilization of ammonia from urea hydrolysis in a semi-static system on pasture. Special Project Agronomist Engineer, Zamorano, Honduras. 15p.

The objective was to quantify the effect of the urease inhibitor NBPT on the urease enzyme NBPT and reduce N losses by volatilization. Two experiments were conducted: 1) Overall nitrogen losses comparing urea and urea + NBPT for a period of 15 days, was used a completely randomized design with three treatments and four replications. We compared a dose of urea (1,300 kg / ha), with two doses of the inhibitor (3.78 and 2.75 L / tone of urea). The volatilized  $\text{NH}_3$  was captured in polyurethane sponges impregnated with  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0.73 M with 33% glycerin in a PVC pipe. The use of the inhibitor reduced losses of  $\text{NH}_4^+$  by 10.4% compared to 19.3% when using urea. 2) Determination of the effect of urea + NBPT in the dry matter production of gras. We compared a dose of urea (300 kg / ha) and three inhibitor 3.78 L/t, 2.75 L/t 0 L/t, using a square randomized block with four treatments and four repetitions with a lot of Estrella pasture of 12 m  $\times$  12 m, divided into 16 plots of 3  $\times$  5 m. Two cuts were made in an area of 5.25 m<sup>2</sup>/plot 20 and 40 days after fertilizer application. Pasture production was 18.5, 17.5 t DM / ha / year for the different doses of the inhibitor and 15.3 y 9.4 using urea and without application.

**Keywords:** Agrotain, urease inhibitor, N-(n-butyl) phosphoric triamide uncle, dry matter production, volatilization of urea.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Abstract.....	iv
Contenido .....	v
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES .....	13
6. LITERATURA CITADA .....	14
7. ANEXOS.....	16

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

1.	Promedio NH <sub>3</sub> (%) acumulativo volatilizado en 15 días de evaluación, Zamorano, Honduras, 2009.....	6
2.	Pérdidas de urea y nitrógeno con y sin el inhibidor NBPT y su efecto en el costo beneficio de la aplicación de urea, Zamorano, Honduras, 2009 .....	6
3.	Promedio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (%) acumulativo retenido en 15 días de evaluación, Zamorano, Honduras, 2009.....	7
4.	Producción materia seca y proteína cruda en dos cortes pasto estrella, Zamorano, Honduras, 2009.....	7
5.	Precipitación y temperatura por periodo de corte entre 07/06/09 al 17/07/09, Zamorano, Honduras, 2009 .....	8
6.	Coloración de los dos cortes pasto estrella conforme tabla Munsell de Tejidos Vegetales, Zamorano, Honduras, 2009 .....	8
7.	Análisis Costo/Beneficio pasto estrella en la producción de heno y ensilaje, Zamorano, Honduras, 2009 .....	9

### Figura

1.	Inserción de las esponjas en las cámaras de volatilización .....	4
----	--	---

### Anexo

1.	Promedio NH <sub>3</sub> (%) acumulativo volatilizado en 15 días de evaluación, Zamorano, Honduras, 2009.....	16
2.	Características maquinaria utilizada para producción de heno y ensilaje .....	16
3.	Ficha técnica del producto comercial Agrotain <sup>®</sup> .....	17
4.	Área de estudio de colección frutales, sistema semi-estático, Zamorano, Honduras, 2009 .....	17
5.	Área de estudio en los potreros de ganado lechero, Zamorano, Honduras .....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

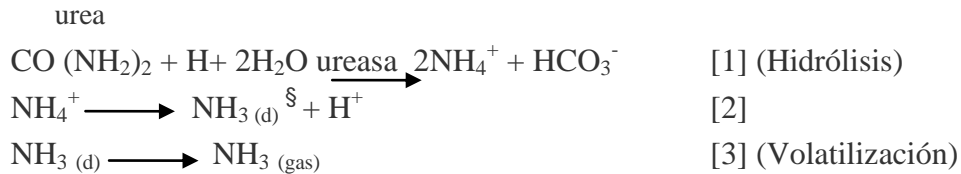
El nitrógeno es esencial para todas las plantas. Es un elemento muy móvil, hay pérdidas en el suelo y en la atmósfera (volatilización, lixiviación e inmovilización), por lo que se hace imprescindible su uso adecuado para maximizar su eficiencia. Existen diversas fuentes de fertilizantes que contienen nitrógeno siendo la urea la que tiene la segunda mayor concentración de nitrógeno (46%) después de amonio anhídrido (82% de N) (Landon 1996) y es la fuente más usada en la agricultura debido a su accesibilidad económica, su elevada concentración de nitrógeno y su alta solubilidad (Grant y Rawluk, 2002).

Como consecuencia del alto potencial de pérdidas por volatilización de la urea, se ha propuesto el empleo de otros fertilizantes nitrogenados que presentan menos riesgo de pérdidas como el nitrato de amonio y el nitrato amónico calcáreo (García *et al.* 1999), la utilización de productos que retarden o inhiban la hidrólisis en la urea (Fox y Piekelik 1993) o el uso de encapsuladores del gránulo de urea permitiendo que se disuelvan lentamente (Jones y Jacobsen 2005).

Las pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  aumentan con la concentración del  $\text{NH}_4^+$  sobre la superficie del suelo. La hidrólisis de la urea, un pH alcalino, el contenido de carbonatos y el aumento de la dosis de fertilizante elevan la concentración del  $\text{NH}_3$  en la solución de suelo. Las pérdidas de  $\text{NH}_3$  tienden a ser mayores en suelos con texturas más gruesas ya que tienen menor capacidad de intercambio catiónico (CIC). Las pérdidas pueden ser altas cuando la urea se aplica en cobertura y sobre algún residuo orgánico, ya que la concentración de ureasa en el suelo con rastrojo es normalmente mayor. Además los residuos mantienen la humedad en la superficie del suelo, permitiendo que la volatilización continúe por más tiempo (Kissel y Cabrera 1988).

La humedad del suelo en la hora de aplicación de la urea tiene una fuerte influencia sobre la volatilización de  $\text{NH}_3$ . Si los gránulos de urea son aplicados a un suelo húmedo al voleo y el suelo se seca antes de que se disuelvan los gránulos, las pérdidas serán muy altas, puesto que una vez que los gránulos se han disuelto, la volatilización aumenta con la evaporación de agua del suelo, y con la pérdida de humedad aumentará la concentración del  $\text{NH}_3$  en la superficie del suelo. La precipitación o el riego luego de la aplicación del fertilizante, reducen las pérdidas por volatilización, debido al movimiento de la urea a profundidad suficiente para reducir el riesgo de pérdida ya que el agua diluye el  $\text{NH}_3$ . Los factores que aumentan la evaporación tenderán a aumentar las pérdidas por volatilización, llevando al  $\text{NH}_3$  a la superficie del suelo y aumentando la concentración del  $\text{NH}_3$  en la solución del suelo (Ernst y Massey 1960).

Cuando la urea se aplica al suelo, se hidroliza rápidamente a  $\text{NH}_3$  en una reacción catalizada por la enzima ureasa que es producida por los microorganismos del suelo (Griggs 2007). Cuanto más rápido es la hidrólisis de urea, más alta es la concentración de  $\text{NH}_3$ , el 30% del cual puede perderse a la atmósfera cuando permanece cerca de la superficie (Torello y Wehner 1983). Las reacciones químicas por las que sucede la volatilización de urea (Griggs 2007) son:



$\text{ }^{\S}\text{NH}_3 \text{ (d)}$  = Amoníaco disuelto

Para que un inhibidor de ureasa sea efectivo en un sistema de producción de cultivos debe satisfacer varias condiciones: En primer lugar debe mantener su actividad inhibitoria en diferentes situaciones de suelos y condiciones ambientales; en segundo lugar, el daño potencial a las plántulas o las pérdidas por volatilización del fertilizante deben ser suficientemente importantes para impactar sobre el rendimiento o el contenido de proteínas; en tercer lugar, el inhibidor no debe causar daños al cultivo, a los consumidores o al ambiente; y en cuarto lugar, las ventajas derivadas del inhibidor deben ser suficientes a largo plazo como para justificar el costo del producto (Grant y Rawluk 2002). Uno de los inhibidores más prometedores de ureasa es el NBPT [(n-(n-butil) triamida tío fosfórica)] patentado y comercializado por la empresa Agrotain Inc, St Louis MO.

NBPT es un aditivo líquido aplicado a la urea granular o líquida, disminuye la volatilización de nitrógeno por días o semanas dependiendo del medio o manejo y es especialmente efectivo en la aplicación de urea por voleo. Su aplicación es un proceso simple y efectivo (Grant y Rawluk 2002).

En Brasil se encontró que al final de 11 días de evaluación se perdió un 62.3% del N aplicado sin NBPT y 12.2% cuando se adicionó NBPT (Cantarella 2003). Resultados similares fueron encontrados por Meyer *et al.* (1961) quienes obtuvieron 17%, Gezging y Bayraklı (1995) 11%, Brown y Long (1988) 10-31% y Keller y Mengel (1986) 18%.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del inhibidor NBPT sobre la enzima ureasa y cuantificar la reducción de las pérdidas por volatilización de N en un cultivo de pastos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano), San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, en un lote de 30 m<sup>2</sup> en la colección de frutales y en un lote de 240 m<sup>2</sup> en los potreros de la sección de ganado lechero. Zamorano se caracteriza por un clima con dos épocas: una de lluvia de mayo a octubre y otra de sequía de noviembre a mayo. La precipitación media es de 1,100 mm/año, la temperatura media anual es de 25 °C.

La investigación se realizó en dos experimentos.

### 2.1 EFECTO DEL INHIBIDOR NBPT SOBRE LA VOLATILIZACIÓN DE AMONÍACO EN LA HIDRÓLISIS DE UREA.

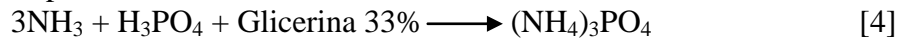
Se utilizó un sistema semi estático para monitorear las pérdidas por volatilización de NH<sub>3</sub> en cámaras hechas con tubos de PVC de 14 cm de diámetro (153.9 cm<sup>2</sup>) × 75 cm de largo. Las cámaras se insertaron 15 cm en el suelo (Griggs 2007) y se protegieron de las lluvias con baldes de plástico suspendidos con estacas a 5 cm sobre la cámara para facilitar la circulación de aire.

El suelo sobre el cual se realizó el experimento es de textura franco, pH 5.8, materia orgánica 3%, N total 0.15% y 14.5% humedad al inicio del experimento.

Sobre la superficie del suelo dentro de la cámara se aplicó una dosis equivalente a 1,300 kg de urea/ha (598 kg N/ha), con 0, 2.75 y 3.75 L de NBPT (20 vol. %) por tonelada de urea. La mezcla de urea + NBPT se hizo en lotes de 5 kg de urea, adicionando respectivamente 18.9 mL y 13.75 mL de NBPT. La volatilización de amoníaco (NH<sub>3</sub>) se midió durante 15 días en esponjas de polyuretano de 2 cm de grosor y 15 cm de diámetro. Estas esponjas se impregnaron con 20 mL de una solución H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0.73M con 33% glicerina y se insertaron 15 cm por debajo del borde superior del tubo de PVC para atrapar el NH<sub>3</sub> volatilizado de la superficie de la suelo (Ecuación 4). Para evitar la contaminación con NH<sub>3</sub> atmosférico fue insertada una esponja de PU sobre el borde de la cámara de volatilización (Figura 1). Las esponjas se cambiaron a los 3, 6, 9, 12 y 15 días y se dejaron por la noche en 100 mL de una solución de KCl 2 M. Al día siguiente se exprimieron las esponjas a mano con guantes de hule. Una alícuota de 50 mL de esta solución se combinó con 5 mL de NaOH 10 M formando NH<sub>4</sub>OH (Ecuación 5). Esta solución fue destilada con vapor en ácido bórico para la determinación de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> por titulación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.01 M (Ecuación 6) (Mulvaney 1996). A partir del resultado de la titulación de esta solución se

calculó la cantidad de  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  y  $\text{NH}_3$  por medio de la relación de meq del ácido gastado en la titulación, que equivale a los meq de N en la solución.

Captación de amonio



Destilación



Titulación



Figura 1. Inserción de las esponjas en las cámaras de volatilización<sup>1</sup>

Se aplicaron tres tratamientos con cuatro repeticiones en un Diseño Completamente al Azar (DCA). Los resultados se analizaron por medio de análisis de varianza (ANDEVA), y una separación de medias Tukey con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  con ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 2003).

---

<sup>1</sup>Espinoza, L. 2009. Profesor U. de Arkansas. Comunicación personal

## 2.2 EFECTO DEL INHIBIDOR DE UREASA NBPT EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE PASTO ESTRELLA

El experimento se realizó en un suelo de pH 5.5 y con 6.6% de materia orgánica. Los datos de precipitación se obtuvieron de un pluviómetro que se encuentra a 400 m, y los de temperatura de la estación meteorológica ubicada a 1000 m del área de estudio. Se utilizó un lote con pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) de 20 × 12 m que fue dividido en 16 parcelas de 3 × 5 m. Al inicio del experimento y después de cada corte se hizo una homogenización de la altura del pasto.

Las parcelas recibieron una fertilización equivalente a 300 kg urea/ha (138 kg N/ha) y tres dosis del inhibidor (0, 2.75 ó 3.78 L de NBPT/t de urea) más un testigo sin fertilización, aplicada al voleo al inicio del experimento el 7 de junio de 2009. La mezcla de Urea + NBPT se hizo en lotes de 5 kg de urea, adicionando 18.9 mL y 13.75 mL de NBPT para alcanzar concentraciones de 3.78 L/t y 2.75 L/t de urea, respectivamente.

Las variables medidas fueron: Producción de materia seca (MS), contenido de proteína cruda, coloración con Tabla Munsell de Tejidos Vegetales y análisis Costo/Beneficio.

Se realizaron dos cortes de pasto a los 20 y 40 días de rebrote en un área de 5.25 m<sup>2</sup> en el centro de cada parcela con una cortadora manual (Shindaiwa, C 230, 0.8 kw). El pasto fue pesado inmediatamente después del corte; de cada réplica se tomó una sub-muestra de 200 g que se colocó en una bolsa de papel y se secó en un horno por 40 horas a 60°C para la determinación de la materia seca (AOAC 1990).

Se determinó la coloración del pasto por medio de la tabla Munsell de tejidos de plantas al día 20 y 40 antes del corte, haciendo dos medidas por repetición. Para determinar el color de la planta se utilizó estadística descriptiva usando la moda del color por medio de una tabla de tejidos vegetales (Wilde y Voight 1977).

Para la determinación de proteína cruda se tomaron muestras de 50 g de cada tratamiento de los dos cortes. Para la determinación del contenido de proteína cruda se usó el método de Kjeldahl (AOAC 1990).

Se tuvo un total de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA). Los resultados se analizaron por medio de análisis de varianza (ANDEVA), separación de medias Tukey con un nivel de significancia de P<0.05 con ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 2003).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 EFECTO DEL INHIBIDOR NBPT SOBRE LA VOLATILIZACIÓN DE AMONÍACO EN LA HIDRÓLISIS DE UREA.

El tratamiento urea + NBPT 3.78 L/t al día 9 y 12 mostró diferencias ( $P < 0.05$ ) a la urea sola. Al final del experimento las pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  en el tratamiento inhibidor NBPT 3.78 L/t fueron de 10.4%, de 11.3% con 2.75 L/t del inhibidor y 19.3% sin el inhibidor (Cuadro 1). La cantidad volatilizada fue menor a la encontrada por Cantarella (2003) en Brasil, quien observó una volatilización de 62.3% urea versus 12.2% con el inhibidor NBPT, pero fue similar a la encontrada por Meyer *et al.* (1965) quienes obtuvieron 17%, por Gezging *et al.* (1995) 11%, por Brown *et al.* (1988) 10-31% y por Keller *et al.* (1986) 18%.

Cuadro 1. Promedio  $\text{NH}_3$  (%) acumulativo volatilizado en 15 días de evaluación, Zamorano, Honduras, 2009.

Tratamiento	Días				
	3	6	9	12	15
Urea (U)	5.5	11.4	15.1 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	19.3
U+NBPT 3.78 L/t U	1.1	3.6	5.7 <sup>b</sup>	7.8 <sup>b</sup>	10.4
U+NBPT 2.75 L/t U	0.6	4.4	7.0 <sup>ab</sup>	10.1 <sup>ab</sup>	11.3

<sup>§</sup>Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí,  $P < 0.05$ .

De la cantidad de urea aplicada en el experimento, se pierde más N con los tratamientos que no se aplicó inhibidor de ureasa, de las dosis del inhibidor la menor, reduce menos pero, se gasta menos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Pérdidas de urea y nitrógeno con y sin el inhibidor NBPT y su efecto en el costo beneficio de la aplicación de urea, Zamorano, Honduras, 2009.

Tratamiento	Urea kg/ha	Urea perdida kg/ha	N perdido kg/ha	Costo /ha \$/ha	Beneficio \$/ha
Urea (U)	1,300	251.1	115.5	529	
U+ NBPT 3.78 L/t U	1,300	135.0	62.1	544	47.1
U+ NBPT 2.75 L/t U	1,300	146.7	67.5	539	42.4

En los días 9 y 12 el tratamiento Urea + NBPT 3.78L/t tuvo una mayor retención ( $P < 0.05$ ) de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo que la urea. Al final del experimento se retuvo 89.6% de  $\text{NH}_4^+$  con este tratamiento comparado a 81.7% con el tratamiento sin el inhibidor NBPT (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio  $\text{NH}_4^+$  (%) acumulativo retenido en 15 días de evaluación, Zamorano, Honduras, 2009.

Tratamiento	Días				
	3	6	9	12	15
Urea (U)	96.4	90.5	87.5 <sup>a</sup>	85.4 <sup>a</sup>	81.7
U+ NBPT 3.78 L/t U	99.1	96.1	95.3 <sup>b</sup>	93.5 <sup>b</sup>	89.6
U+ NBPT 2.75 L/t U	99.4	96.3	94.2 <sup>ab</sup>	86.3 <sup>ab</sup>	88.7

<sup>§</sup>Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí,  $P < 0.05$ .

### 3.2 EFECTO DEL INHIBIDOR DE UREASA NBPT EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE PASTO ESTRELLA

Se encontró una mayor producción de pasto después de la aplicación de urea + NBPT (Cuadro 4), sin diferencias significativas al uso de urea. Los rendimientos en MS fueron menores a los obtenidos por Calderón Quizhpe (2007) de 25.5 t de MS/ha/año quien aplicó 543 kg de urea/ha. Paredes (2001) encontró menor rendimiento 11.3 t MS/ha/año al igual que Rodrigues (2000) quien obtuvo en Brasil 10.1 t MS/ha/año. Todos los resultados obtenidos se encuentran en el rango de producción de 10-45 t de MS/ha/año (Vélez *et al.* 2002). El porcentaje de proteína cruda en los dos cortes no mostró diferencias entre los tratamientos. Maya *et al.* (2005) encontraron a los 28 días de corte 11.9% de proteína cruda en el pasto solo y 14.4% de proteína cruda en pasto asociado con *Leucaena* sp. valores que fueron menores a los encontrados en este estudio. Los resultados estuvieron en los rangos de proteína cruda de 5-16% para pasto estrella (Vélez *et al.* 2002).

Cuadro 4. Producción de materia seca y proteína cruda en dos cortes pasto estrella, Zamorano, Honduras, 2009.

Tratamiento	Primer corte		Segundo corte		Producción Total	
	t MS/ha	% PC	t MS/ha	% PC	t MS/ha/año	% PC
Urea (U)	1.5 <sup>ab</sup>	15.9	1.9 <sup>ab</sup>	18.7	15.3 <sup>ab</sup>	17.3
U+3.78 L NBPT/t U	1.9 <sup>a</sup>	16.1	2.2 <sup>a</sup>	18.6	18.5 <sup>a</sup>	17.4
U+2.75 L NBPT/t U	1.7 <sup>a</sup>	16.7	2.2 <sup>a</sup>	17.6	17.5 <sup>a</sup>	17.2
Testigo	1.0 <sup>b</sup>	13.4	1.1 <sup>b</sup>	14.6	9.4 <sup>b</sup>	14.0

<sup>§</sup>Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí,  $P < 0.05$ .

<sup>&</sup> 9 cortes/año mayo-octubre

Ni la temperatura ni la precipitación afectaron el crecimiento del pasto. La temperatura no varió a lo largo del experimento y el promedio estuvo dentro del rango apropiado para un buen crecimiento de los pastos tropicales de 20 a 35 °C (Aguilera y Gutiérrez 1985) y la precipitación fue la suficiente para satisfacer las necesidades del pasto (Plaza Tumbaco 2004).

Cuadro 5. Precipitación y temperatura por periodo de corte entre 07/06/09 al 17/07/09, Zamorano, Honduras, 2009.

#	Periodos	Precipitación acumulada (mm)	Temperatura (°C)		
			Máx.	Mín.	Prom.
1	07/06-27/06	244.9	30.2	18.9	23.2
2	28/06-17/07	117.7	29.1	19.0	22.9
Promedio		181.3	29.7	19.0	23.1

La coloración del pasto fue verde (5 GY) variando en intensidad (chroma de un verde oliva (chroma 4) hasta un verde intermedio (chroma 8). No se encontró diferencia en los rangos de coloración entre los tratamientos en el segundo corte de pasto que con un chroma de 6 fue verde (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coloración de los dos cortes pasto estrella conforme tabla Munsell de Tejidos Vegetales, Zamorano, 2009

Tratamiento	Coloración	
	Primer corte	Segundo corte
Urea (U)	5 GY 5/6	5 GY 5/6
U+3.78 L NBPT/t U	5 GY 5/4	5 GY 5/6
U+2.75 L NBPT/t U	5 GY 5/6	5 GY 5/6
Testigo	5 GY 5/8	5 GY 5/6

La aplicación del inhibidor NBPT a la urea y su correspondiente reducción de pérdidas de urea por volatilización resultaron en una relación Costo/Beneficio de 6.9, 5.8 y sin el inhibidor 5.5, lo que significa un mayor ingreso al usar el inhibidor (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis Costo/Beneficio del uso del inhibidor NBPT en la producción de heno de pasto estrella Zamorano, Honduras, 2009.

Descripción	Tratamientos		
	Urea (U)	U + NBPT 3.78 L/t U	U+ NBPT 2.75 L/t U
Producción t MS/ha/año	15.3	18.5	17.5
Costo de fertilizante (US\$/ha)			
Urea	122.0	122.0	122.0
Inhibidor NBPT (20 vol%)	-	6.1	4.4
Mezclado	-	1.2	1.2
Aplicación	1.2	1.2	1.2
Total (US\$/ha)	123.2	130.5	128.8
Producción de Heno			
	h/ha	precio	\$/ha
Costo maquinaria			
Corte	0.35	56.00	19.45
Volteo	0.28	27.99	7.90
Embalado	0.89	41.43	6.99
Recolección pacas	2.00	1.00	2.00
Transporte	1.00	22.59	22.59
Descarga y estiba	1.00	1.00	1.00
Total (US\$/ha)	89.80	89.80	89.80
Ingresos brutos			
US \$1.58 paca/heno	1772	2143	2027
Ingreso neto (US \$)	1502	1836	1731
Relación Costo/Beneficio	5.5	6.9	5.8

## 4. CONCLUSIONES

- NBPT redujo las pérdidas por volatilización cuando se compara con la urea sin NBPT.
- Se perdió menos N por volatilización con la dosis de 3.78 L/t (urea).
- Se retuvo más amonio con la dosis de 3.78 L/t (urea).
- Se produjo mayor tonelaje de MS/ha/año de pasto estrella con 3.78 L/t (urea).
- La relación Costo/Beneficio fue mayor aplicando NBPT 6.9 y 5.8 vs 5.5 aplicando solo urea.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el uso de inhibidor de ureasa NBPT (Agrotain), cuando la urea es aplicada al voleo como es el caso de pastos.
- Realizar otros trabajos bajo diferentes factores que influyen en la volatilización de N.
- Establecer trabajos en otros sistemas de producción.

## 6. LITERATURA CITADA

AOAC. 1990. Official methods of the association of official chemist. Washington. DC.

Aguilera, GR. y Gutiérrez, F. 1985. Efecto de diferentes tipos de manejo sobre algunos parámetros de reserva radicales de hierba de guinea (*Panicum máximum*). Resumen Analítico sobre Pastos Tropicales. CIAT. 8 (2):8

Brown, B. y Long, L. 1988. Response of Ute to rate and source of foliar N. Proceedings, 39th Annual Far West Regional Conference, Bozeman, Montana, July 11-13, 1988. p. 111-116.

Calderón Quizhpe, A. 2007. Efecto del subsoleo y tres niveles de fertilización en la producción del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.

Cantarellla, H. 2003. Evaluation of the urease inhibitor NBPT N- (n-butyl) thiophosphoric triamide on the efficiency of urea fertilizer under Brazilian soil conditions. IAC: Mococa

Ernst, JW. y Massey, HF. 1960. The effects of several factor son volatilization of ammonia formed from urea in the soil. Soil. Sci. Soc. Proc. 24:87-90.

Fox, R. y Piekielek, W. 1993. Management and urease inhibitor effect on nitrogen use efficiency in no-till corn. J. Prod. Agr. 6:195-200.

García, FO., Fabrizzi, KP., Picone, LI. y Justel, JF. 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional en Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón. Actas en CD.

Gezgin, S. y Bayrakll, F. 1995. Ammonia volatilization form ammonium sulfate, ammonium nitrate and urea surface applied to winter wheat on a calcareous soil. J. Plant Nutr. 18(1): 2483-2494.

Grant, CA. y Rawluk, CDL. 2002 Agrotain como Herramienta de Manejo del Nitrógeno (en línea). Consultado 27 ago 2009. Disponible en:  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Agrotain%20Herramienta%20Gestion%20N.asp>

Griggs, B. 2007. Ammonia Volatilization and Nitrogen Uptake for Conventional and Conservation Tilled Dry-Seeded, Delayed-Flood Rice. Soil Science Society Am. J. 71:745-751.

Jones, C. y Jacobsen, J. 2005. Nitrogen cycling, testing and fertilizer recommendations. Nutrient Management Module 3. # 4449.3. Montana State University Extension Service. Bozeman, Montana.

Keller, GD. y Mengel, DB. 1986. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no- till corn. Soil Sci. Soc. Am. J.50: 1060-1063.

Kissel, DE. y Cabrera, ML. 1988. Factors affecting urea hydrolysis. 87-98-J. Kansas Agricultural Experiment Station. Dept. of Agronomy. Kansas State University. In Ammonia volatilization from urea fertilizers. Bulletin Y-206. Editors B.R. Bock and D.E. Kissel. National Fertilizers Development Center. Tennessee Valley Authority. Muscle Shoals, Alabama.

Landon, JR. 1996. Booker Tropical Soil Manual. Booker Tate: Thame

Maya, E., Durán, C. y Ararat, E. 2005. Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante el año (en línea). Consultado 24 jun 2009. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta.../260>

Meyer, RD., Olson, RA. y Rhoades HF. 1961. Ammonia losses from fertilized Nebraska soils. Agron. J. 53:241-244.

Mulvaney, RL. 1996. Direct-Diffusion for Inorganic-Nitrogen Analysis of Soil (en línea). Consultado 23 may 2009. Disponible en: <http://soil.scijournals.org/cgi/content/full/64/3/1083>

Paredes Alvarado, JF. 2001. Efectos de tres niveles de fertilización y tres edades de corte sobre la calidad de cuatro gramíneas forrajeras en Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.

Plaza Tumbaco, F. 2004. Determinación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 10 p.

Rodriguez, J. 2000. Producción de forraje y valor nutritivo del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) entre edades de corte. Pasturas Tropicales. Cali. Colombia. Vol. 22. 28. p.

SAS. 2003. SAS Users Guide. Statistical Analysis Institute Inc., Cary, NC.279 p.

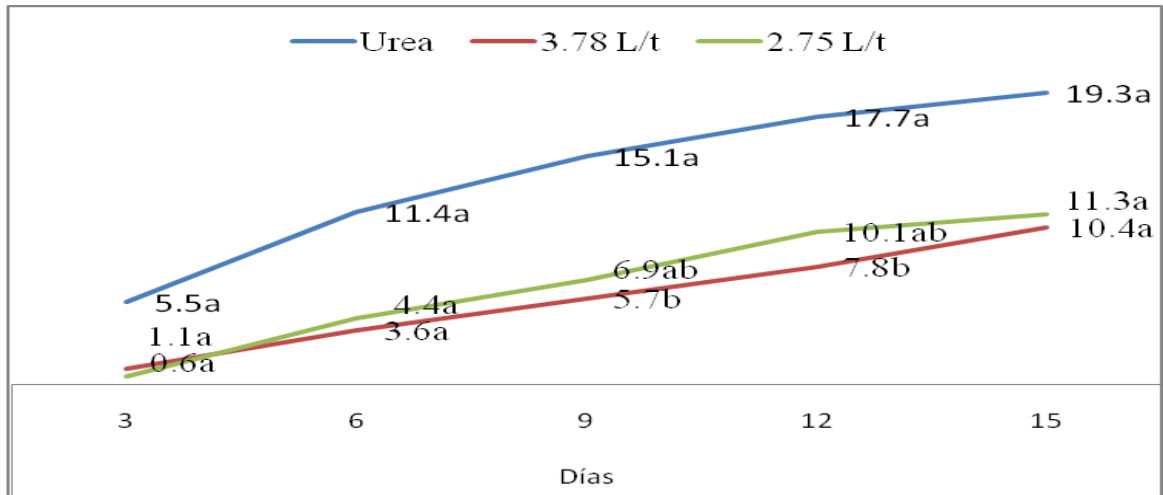
Torello, WA. y Wehner, DJ. 1983. Urease activity in a Kentucky bluegrass turf. Agron. J. 75:654-656.

Vélez, M., Hincapié, J., Matamoros, I. y Santillán. 2002. Producción de Ganado lechero en el trópico. 4ta Edición. Zamorano Academia Press, Zamorano, Honduras. 326p.

Wilde, SA., Voight, GK. 1977. Munsell® Color Charts for Plant Tissue. Munsell Color, Gretmacbeth: New Windsor, New York.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Promedio  $\text{NH}_3$  (%) acumulativo volatilizado en 15 días de evaluación, Zamorano, Honduras, 2009.



Anexo 2. Características de la maquinaria utilizada para la producción de heno y ensilaje

Implementos	Característica maquinaria		
	Ancho trabajo (m)	Velocidad (km/h)	Eficiencia (%)
<b>Heno</b>			
Segado de disco	3.60	10	0.80
Volteadora	3.60	12	0.82
Encarriladora	3.60	12	0.82
Embaladora	1.40	10	0.80
<b>Ensilaje</b>			
Cosecha y picado	1.60	7	0.75
Acarreo		12	
Compactación			

### Anexo 3. Ficha técnica del producto comercial Agrotain®

N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (“NBPT”), delivered as a 20% by weight solution of the active ingredient. The NBPT is in a mixed solvent formulation containing N-methyl-2-pyrrolidone<sup>1</sup> (“NMP”), a non-hazardous solvent and inert ingredients.

<sup>1</sup> N-methyl-2-pyrrolidone is a chemical known to the State of California to cause cancer, birth defects or other reproductive harm.

### Anexo 4: Área de estudio en la colección frutales, sistema semi-estático, Zamorano, Honduras, 2009.



### Anexo 5: Área de estudio en los potreros de ganado lechero, Zamorano, 2009



