

Efecto de la nitrapirina sobre las emisiones de N_2O y los flujos de NH_3 después de la aplicación de urea en un suelo volcánico con pastizales tropicales en Costa Rica.

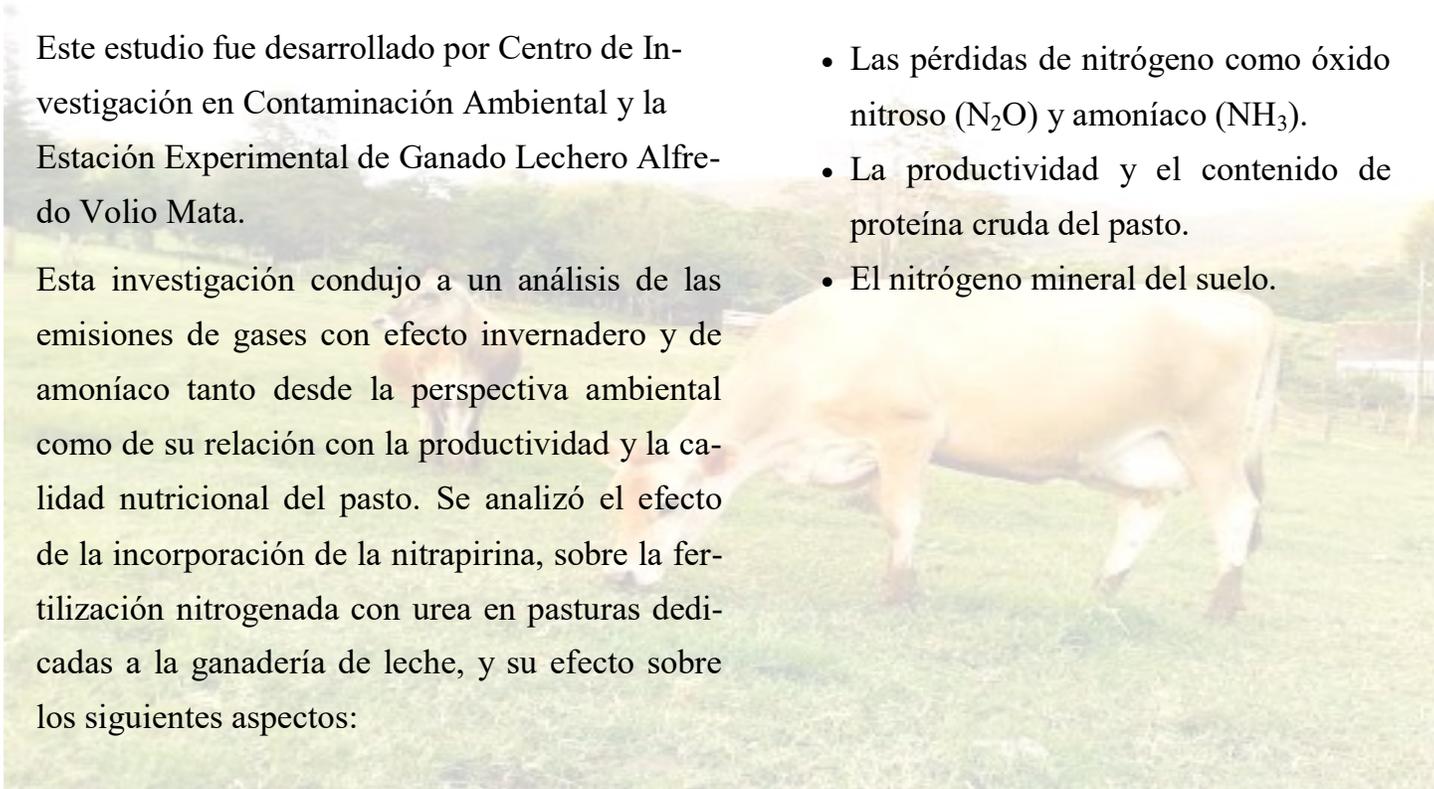
Ana Gabriela Pérez, Mayela Monge

La productividad de las fincas lecheras depende en gran medida de los aportes de nitrógeno (N) de la aplicación de fertilizantes, de los cuales la urea es la forma sintética más utilizada en la agricultura en todo el mundo. La eficiencia de uso de N del fertilizante aplicado en el campo suele ser inferior al 50% debido a las pérdidas de N al medio ambiente en particular en forma gaseosa como amoníaco (NH_3) y óxido nitroso (N_2O). Las altas pérdidas de N a través de la volatilización de NH_3 y de las emisiones de N_2O tienen un efecto negativo en la productividad y en el ambiente, en especial el N_2O debido a su efecto como un gas con efecto invernadero (GEI).

Este estudio fue desarrollado por Centro de Investigación en Contaminación Ambiental y la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata.

Esta investigación condujo a un análisis de las emisiones de gases con efecto invernadero y de amoníaco tanto desde la perspectiva ambiental como de su relación con la productividad y la calidad nutricional del pasto. Se analizó el efecto de la incorporación de la nitrapirina, sobre la fertilización nitrogenada con urea en pasturas dedicadas a la ganadería de leche, y su efecto sobre los siguientes aspectos:

- Las pérdidas de nitrógeno como óxido nitroso (N_2O) y amoníaco (NH_3).
- La productividad y el contenido de proteína cruda del pasto.
- El nitrógeno mineral del suelo.



Uso de Inhibidores de la nitrificación

Se han probado muchas técnicas para mejorar la eficiencia del uso del nitrógeno (EUN) ya sea mediante una reducción en las pérdidas de nitrógeno o una liberación más controlada en el tiempo. Una de estas técnicas es el uso de inhibidores de la nitrificación como por ejemplo la nitrapirina. En otros países se ha encontrado que estos inhibidores mantienen el N en el suelo en forma de amonio (NH_4^+) por más tiempo. Acción que favorece la disminución de las pérdidas de fertilizante por lixiviación, o bien como N_2O .

En Costa Rica se han realizado pocas investigaciones con el uso de inhibidores de la nitrificación. Por este motivo, este estudio evaluó si el uso de nitrapirina proporciona o no una opción de mitigación para las emisiones de N_2O , producto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la ganadería de leche costarricense



Resultados

Emisiones de óxido nitroso (N₂O) y amoníaco (NH₃)

La volatilización del amoníaco (Cuadro 1) fue estimulada por la aplicación de fertilizante nitrógeno (P < 0.01) y su máxima emisión coincidió con el patrón de acumulación de NH₄⁺.

Las tasas de emisión de NH₃ más altas se observaron entre el día 1 y el día 5 después de la fertilización con N. En noviembre la alta volatilización de NH₃ se vio favorecida por la disminución en las lluvias luego de la fertilización.

Mes	Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Temp. Aire (°C)	Tratamiento (kg NH ₃ -N ha ⁻¹)			LSD
			Control	U	U+NI	
Ago	2.82	19.27	1.08 ± 0.08 ^a	1.79 ± 0.20 ^{ab}	2.49 ± 0.41 ^b	0.90
Set	2.04	19.30	0.80 ± 0.17 ^a	2.53 ± 0.70 ^b	3.22 ± 0.41 ^b	1.53
Oct	1.64	19.17	2.39 ± 0.29 ^a	2.59 ± 0.39 ^a	2.76 ± 0.39 ^a	1.22
Nov	2.26	18.70	2.00 ± 0.28 ^a	5.38 ± 0.74 ^b	5.04 ± 0.35 ^b	1.94
Total			6.28 ± 0.60 ^a	12.3 ± 1.1 ^b	13.51 ± 0.76 ^b	4.29

^{ab} Diferentes letras en la misma fila son significativamente diferentes en P < 0.05. LSD: diferencia mínima requerida para que sea significativa.

Cuadro 1. Emisiones acumuladas de amonio (NH₃-N) para los tratamientos control, urea (U), y urea con nitrapirina (U+NI) desde agosto hasta noviembre 2016 (10-12 días post-fertilización) y el respectivo promedio de la velocidad del viento y la temperatura del aire. Valores son promedios ± error estándar (n=4).

La presencia de nitrapirina (U+NI) no afectó las pérdidas acumuladas de NH₃ durante los primeros 10 a 12 días después de la aplicación de urea. El tratamiento con U perdió entre 4.3 ± 0.9% y 12.9 ± 3.5% del total de N ha⁻¹ aplicado cada mes como NH₃, mientras que las pérdidas de tratamiento con U+NI estuvieron entre 6.0 ± 2.0% y 12.1 ± 1.7%. Estas pérdidas relativamente bajas respecto a la reportada por otros autores se debe al alto porcentaje de materia orgánica de los suelos de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata.

Las emisiones de N₂O (Cuadro 2) aumentaron rápidamente después de la aplicación de fertilizante nitrogenado. En junio, julio y agosto, en el último caso solo para el tratamiento con U, las tasas de emisión máximas se alcanzaron entre el día 1 y el 3, mientras que en septiembre y noviembre, el primer pico ocurrió el día 5. La fertilización a principios de octubre seguida de intensas lluvias resultaron en emisiones extremadamente altas para U y U+NI, 164 g N₂O-N ha⁻¹ día⁻¹ y 252 g N₂O-N ha⁻¹ día⁻¹ respectivamente.

Mes	Tratamiento (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)			LSD
	Control	U	U+NI	
Jun	0.130 ± 0.022 ^a	0.349 ± 0.038 ^b	0.358 ± 0.090 ^b	0.19
Jul	0.103 ± 0.004 ^a	0.253 ± 0.041 ^{ab}	0.367 ± 0.081 ^b	0.18
Ago	0.124 ± 0.009 ^a	0.369 ± 0.078 ^b	0.421 ± 0.058 ^b	0.15
Set	0.35 ± 0.12 ^a	0.457 ± 0.051 ^{ab}	0.685 ± 0.091 ^b	0.28
Oct	0.236 ± 0.021 ^a	0.74 ± 0.14 ^b	1.25 ± 0.14 ^c	0.31
Nov	0.180 ± 0.020 ^a	0.335 ± 0.073 ^{ab}	0.430 ± 0.057 ^b	0.16
Total	1.12 ± 0.15 ^a	2.51 ± 0.40 ^b	3.51 ± 0.27 ^c	0.70

^{ab} Diferentes letras en la misma fila son significativamente diferentes en P <0.05. LSD: diferencia mínima requerida para que sea significativa.

Cuadro 2. Emisión acumulada de óxido nitroso (N₂O-N) para los tratamientos control, urea (U), y urea con nitrapirina (U+NI) desde junio hasta noviembre 2016. Valores son promedios ± error estándar (n=4).

Durante los primeros diez días después de la aplicación de fertilizantes en octubre, las emisiones de N_2O representaron el 25% y el 29% de las emisiones totales de la temporada de lluvias para los tratamientos de U y U+NI, respectivamente.

Las emisiones acumuladas de N_2O por ciclo de aplicación de urea con nitrapirina no fueron significativamente diferentes de las parcelas sujetas a fertilización con N, excepto en octubre ($P < 0.05$), cuando las emisiones acumuladas del tratamiento con U+NI fueron 69% más altas que el tratamiento U.



La biomasa, el rendimiento y proteína cruda

Variable	Tratamiento			EEM
	Control	U	U+NI	
Biomasa (kg ha ⁻¹)	5623 ± 313 ^b	8138 ± 387 ^a	7527 ± 635 ^a	491
Materia seca (kg ha ⁻¹ ciclo ⁻¹)	937 ± 52 ^b	1356 ± 65 ^a	1254 ± 106 ^a	82
Proteína cruda (%)	15.8 ± 0.9 ^b	17.5 ± 0.4 ^a	17.8 ± 1.0 ^a	0.35
Proteína cruda (kg ha ⁻¹ ciclo ⁻¹)	148 ± 15 ^b	235 ± 7 ^a	226 ± 33 ^a	18
Absorción de N (kg N ha ⁻¹)	143 ± 14 ^b	226 ± 6 ^a	216 ± 32 ^a	18

^{ab} Diferentes letras en la misma fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$). EEM: error estándar de la media para todos los tratamientos durante el período de estudio.

Cuadro 3. Producción de biomasa y calidad nutricional ($n = 3$) de pasto estrella para el control, urea (U) y urea en presencia de los tratamientos con inhibidor de nitrificación nitrapirina (U + NI). Los valores son promedio \pm error estándar, de junio a noviembre de 2016.

La biomasa, el rendimiento promedio de materia seca mediante la aplicación de fertilizantes y la producción de proteína cruda de pasto para cada uno de los tratamientos fueron significativamente diferentes entre las parcelas de control (sin fertilizar) y las fertilizadas para las diferentes variables de producción ($P < 0.05$), pero no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos U y U+NI durante la temporada de lluvias (Tabla 3). Las concentraciones y la producción de proteína cruda (PC) fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) con la aplicación de U y U+NI.

Las concentraciones de PC fueron cercanas al 17.6% y la producción de PC fue superior a 226 ± 33 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹.

Emisiones de NH₃ y N₂O normalizadas por el rendimiento

Variable	Tratamiento		
	Control	U	U+NI
ER _{NH3} (g NH ₃ -N kg materia seca ⁻¹)	1.12 ± 0.24 ^a	1.51 ± 0.30 ^a	1.80 ± 0.33 ^a
ER _{N2O} (g N ₂ O-N kg materia seca ⁻¹)	0.20 ± 0.06 ^a	0.31 ± 0.10 ^a	0.47 ± 0.10 ^a

^a Misma letra en una fila muestra valores dentro de intervalo de confianza del 95%.

Cuadro 4. Emisiones de NH₃ y N₂O (ER_{gas}) a escala de rendimiento para pasto estrella después de seis aplicaciones de urea (U) y urea en presencia del inhibidor de nitrificación nitrapirina (U + NI). Valores medios ± desviación estándar.

Las emisiones de NH₃ y N₂O (Cuadro 4) a escala de rendimiento mostraron que la nitrapirina, en las condiciones experimentales predominantes, no es una opción de mitigación viable para la liberación de N gaseoso.

Los resultados sugieren que si las aplicaciones divididas de N reducen las pérdidas de N, esto podría ocultar el efecto de nitrapirina y cualquier diferencia de rendimiento entre los tratamientos de U o U+NI.



La diferencia no significativa observada en las emisiones de N_2O entre U y U+NI sugiere que una evaluación del papel funcional de la nitrificación heterotrófica es necesaria para comprender las vías que pueden explicar la dinámica de N en las fincas ganaderas de la región Central de Costa Rica.

El uso de fertilizantes enriquecidos con ^{15}N y el monitoreo de $^{15}N_2O$ podrían ayudar a identificar las fuentes de N_2O y vincularlos con los procesos subyacentes de mineralización e inmovilización de N presentes en los pastizales de suelos volcánicos tropicales.

Para explorar las condiciones, donde el uso de las IN puede ser una opción de mitigación económica y ambientalmente viable en Costa Rica y la región centroamericana, se deben realizar otros estudios de campo en los que se evalúen las emisiones de NH_3 y N_2O a escala de rendimiento con un manejo de fertilización a diferentes dosis y con una mayor proporción de inhibidor/urea. Esto con el objetivo de ajustar la dosis a las condiciones de las fincas ganaderas, donde el porcentaje de materia orgánica y humedad es alto y el fertilizante no se incorpora al suelo.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

CICA Centro de Investigación en
Contaminación Ambiental



Laboratorio de Gases Efecto Invernadero y Captura de Carbono (LAGEIC)

Teléfono: (506) 2511-8214

Correo electrónico: aire.cica@ucr.ac.cr

<http://cica.ucr.ac.cr>

Noviembre 2019