



## A1-231 Balance de nitrógeno en praderas del sur de Chile fertilizadas con fuente orgánica o mineral

Josué Martínez-Lagos<sup>1,2</sup> y Francisco Salazar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Remehue, Chile.

<sup>2</sup>. Doctorado en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Laboratorio de Tecnología Ambiental, Universidad de Santiago de Compostela, España.

e-mail: [josue.lagos@inia.cl](mailto:josue.lagos@inia.cl)

### Resumen

Una de las principales prácticas en la producción animal es la fertilización nitrogenada de praderas. En el sur de Chile es común la aplicación de urea y efluentes ganaderos al suelo/pradera como abono. El objetivo del trabajo fue determinar el balance de nitrógeno (N) de una pradera fertilizada con urea y con purín bovino lechero. Para ello, se realizaron experimentos para cuantificar las principales entradas (fertilización, mineralización, N atmosférico, fijación de N) y salidas del sistema (lixiviación, extracción, volatilización y emisión de óxido nítrico) post aplicación de las fuentes nitrogenadas mencionadas. Los resultados indican que existe una mayor disponibilidad de N en el sistema al aplicar purín como fuente nitrogenada ( $p < 0,05$ ). El balance permitió determinar que el mayor aporte de N a las praderas está dado por la fertilización y la mineralización, mientras que las principales salidas del sistema son la extracción de la pradera y la volatilización de amoníaco.

**Palabras-clave:** urea; efluente; purín; abono; Andosol.

### Abstract:

One of the main practices in animal production is the nitrogen fertilization of grasslands. The application of urea and livestock effluents to the soil/grassland as fertilizer is usual in Southern Chile. The objective was to determine the nitrogen (N) balance in grassland fertilized with urea and dairy cattle slurry. To achieve the objective experiments were conducted to quantify the main system inputs (fertilization, mineralization, N atmospheric and N fixation) and outputs (leaching, extraction, volatilization and nitrous oxide emission) after the application of the N sources. Results indicates that there is a greater availability of N in the system when slurry is apply as N source ( $p < 0.05$ ). The balance allowed determining that largest contribution of N to grassland is given by fertilization and mineralization, while plant N uptake and ammonia volatilization are the main outputs of the system.

**Keywords:** urea; effluent; slurry; fertilizer; Andosol.

### Introducción

La fertilización de las praderas permanentes es una práctica común en el sur de Chile, donde la mayoría de los sistemas de producción animal están basados en pastoreo durante el año completo. Las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos de Chile produjeron el 77% del total de leche entregada a planta y el 37% del beneficio de ganado bovino (kg de carne en vara) del país en el 2014 (ODEPA, 2015a;b). Ambas regiones se caracterizan por tener una alta productividad pecuaria ya que el territorio presenta características edafoclimáticas propicias para el desarrollo de sistemas productivos.

En la última década la producción del territorio se ha intensificado principalmente por la creciente demanda interna de leche y carne y por la apertura de nuevos mercados para la exportación. Esto ha significado el aumento de la cantidad de cabezas de ganado por



unidad de área, con el consiguiente incremento en la demanda de forraje de calidad para alimentar estos animales. Esta situación conlleva también el aumento de las tasas de aplicación de fertilizantes (principalmente minerales) a las praderas del área.

La producción de leche genera grandes cantidades de efluentes que son la mezcla de fecas, orina, alimento caído en el foso de ordeña, más el agua de lavado de estructuras, patios y pisos de la lechería. Estos efluentes, conocidos como purines, son a menudo aplicados sin control, ni medición de la dosis en el mismo predio como fuente de nutrientes para el suelo y la pradera (Martínez-Lagos et al., 2014).

Este incremento en la cantidad de fertilizantes aplicados en praderas provoca el aumento de la cantidad de N que entra al sistema, lo cual podría derivar en mayores pérdidas vía volatilización, desnitrificación y lixiviación, con implicancias ambientales y económicas para los productores. En este sentido los balances de nutrientes son herramientas útiles que permiten estimar el potencial y las vías de pérdida de nutrientes al medio ambiente (Alfaro et al., 2009).

A pesar de la importancia de la producción animal en este territorio de Chile existe poca información sobre la dinámica del N aplicado en forma mineral u orgánica en el suelo/pradera. Conocer sobre este pool de N es de gran importancia para desarrollar estrategias eficaces de fertilización predial y para minimizar las pérdidas al medio ambiente. El objetivo de este análisis fue determinar el balance de N de praderas permanentes del sur de Chile fertilizadas con urea y purín bovino lechero.

## Metodología

Un experimento de campo fue llevado a cabo de marzo del 2008 a febrero del 2011 en una pradera permanente, sin fertilización nitrogenada previa (3 años), localizada en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile, INIA-Remehue (40° 31'S, 73° 03'W, 65 m.s.n.m). El suelo en el área es un Andisol de la Serie Osorno de acuerdo a CIREN (2005), clasificado en sistemas modernos como Andosol Silándi-Vético (IUSS, 2007) y Hapludand típico medio, mésico (Soil Survey Staff, 2010). Estos suelos son ácidos (<6) con un alto porcentaje en materia orgánica (<20%). El clima del sitio de ensayo es mediterráneo con un promedio histórico de temperatura de 39 años de 11.2 °C y una precipitación promedio de 1,252mm.

Se realizó un DBCA con tres repeticiones, donde se delimitaron parcelas experimentales de 27 m<sup>2</sup> para la determinación de la mineralización de N, extracción de pradera y lixiviación. Para la cuantificación de mediciones gaseosas amoniacales se utilizaron áreas de 15-20 m<sup>2</sup> para los ensayos realizados con la metodología descrita por Denmead et al. (1977) y de 2 m<sup>2</sup> para los ensayos realizados con la metodología descrita por Lockyer (1984). La principal especie en el área experimental es ballica perenne (*Lolium perenne*).

El balance de N de la pradera fue realizado de acuerdo a Ledgard et al. (1999) y Van Noordwijk (1999), contemplando como ingresos al sistema los siguientes componentes: 1) Fertilización nitrogenada: se aplicó urea y purín en una dosis objetivo equivalente a 400 kg N ha año<sup>-1</sup> en cuatro parcialidades (1 aplicación en otoño e invierno y 2 en primavera); 2) Mineralización: se determinó incubando muestras de suelo con gas acetileno por periodos de 14 días cada mes durante 3 años consecutivos, según lo descrito por Hatch et al. (1990; 1991) y Jarvis et al. (2001); 3) Aporte de N atmosférico: determinado según los resultados de Alfaro et al. (2009); 4) Fijación biológica/bacterial: para los fines de este balance fue considerada como inexistente ya que se procuró solamente la existencia de gramíneas en el sitio estudiado.

Los egresos considerados en el balance fueron: 1) Absorción de N por la pradera: esta fue determinada mediante cortes por temporada, estimando la materia seca y el N total contenido en la planta y posteriormente determinando la absorción y eficiencia aparente de uso del N; 2) Lixiviación: se determinó por medio del amonio y nitrato contenido en muestras obtenidas usando capsulas porosas de cerámica insertadas en el suelo según la metodología de Lord y Shepherd (1993); 3) Volatilización de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ): se determinó en base a los resultados obtenidos por Martínez-Lagos et al. (2013); 4) Desnitrificación: se utilizó el valor de emisión por defecto dado por el IPCC (2006). El balance de N, tanto de las parcelas donde se aplicó la fuente nitrogenada mineral (urea) como las que recibieron la fuente orgánica (purín bovino lechero), fue calculado como diferencia aritmética entre las entradas y las salidas del sistema.

### Resultados y discusiones

Los resultados del balance se presentan en la Tabla 1. El mayor aporte de N a la pradera estaría dado por la fertilización nitrogenada y la mineralización del suelo, ambos explican sobre 99% de ingreso de N en los tratamientos fertilizados. La mineralización de N juega un rol importante en este tipo de suelo, aportando entre un 41-47% del N que ingresa al sistema al aplicar purín bovino lechero y entre 44-51% al aplicar urea. Esto permite explicar los altos rendimientos en los tratamientos testigo que no recibieron fertilización nitrogenada (Hatch et al., 1991).

En cuanto a las salidas del sistema, la de mayor importancia es la extracción de la pradera, la cual fue 152, 314 y 411 kg N  $\text{ha}^{-1}$  promedio año<sup>-1</sup> para control, purín y urea, respectivamente. La principal pérdida de N en la pradera evaluada fue la volatilización de  $\text{NH}_3$  en los tratamientos fertilizados, lo que indica que es de suma importancia considerar medidas para reducir las pérdidas por esta vía. Las pérdidas por lixiviación fueron bajas en todos los tratamientos, a pesar de la alta dosis de N aplicada.

Las pérdidas estimadas por emisión de óxido nitroso también son bajas y representan menos del 1,3% del N perdido. Estas pérdidas pudieran ser incluso más bajas teniendo en cuenta las estimaciones realizadas por Vistoso et al. (2012) para este mismo tipo de suelo y utilizando urea como fuente nitrogenada. El balance calculado muestra que en los tratamientos control, existe un balance promedio de 45 kg N  $\text{ha}^{-1}$  promedio año<sup>-1</sup>. En los tratamientos fertilizados el balance es positivo (389 y 298 kg N  $\text{ha}^{-1}$  promedio año<sup>-1</sup> para purín y urea, respectivamente), denotando una acumulación de N en el suelo, el cual puede quedar disponible para su uso por la pradera o perderse hacia el ambiente por los procesos de transformación que puede sufrir en el suelo (Ledgard et al., 1999).

Los resultados indican que la utilización de fertilizantes de origen orgánico, como los efluentes de lechería generados en la granja, aumentarían (o mantendrían) la fertilidad del suelo, por adición de la fibra y materia orgánica presente en la composición de los mismos. El purín fresco contiene un porcentaje de formas lábiles de materia orgánica (ej. ácidos grasos volátiles, alcoholes, fenoles) y otro porcentaje de formas estables. La disponibilidad de los nutrientes determina su valor fertilizante, ya que el N amoniacal proveniente de la urea en la orina queda directamente disponible para que las plantas de la pradera puedan utilizarlo a corto plazo después de la aplicación de esta fuente a la pradera (Martínez-Lagos et al., 2014).

Usar este tipo de fuente como fertilizante nitrogenado puede tener un efecto positivo sobre la biomasa microbiana por la adición de materia orgánica, ayudando a la vez a disponer

eficientemente los desechos agrícolas de las unidades productivas, contribuyendo al reciclaje interno de los nutrientes dentro del mismo predio. En este sentido, las enmiendas con purines de lechería pudieran representar una importante fuente de nutrientes, supliendo parcial o totalmente los requerimientos de fertilización de praderas permanentes del sur de Chile. Esto se traduciría en un ahorro significativo para los productores, que disminuirían la dependencia de insumos comerciales extra prediales.

**TABLA 1.** Balance de N para los distintos tratamientos aplicados a la pradera (kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

Partes del Balance	Componentes evaluados	Tratamientos								
		Control			Purín			Urea		
		2008-2009	2009-2010	2010-2011	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2008-2009	2009-2010	2010-2011
<b>Ingresos</b>	Fertilización	0	0	0	427	377	449	400	400	400
	Mineralización	154	206	218	343	345	320	315	411	421
	N atmosférico	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Fijación de N	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ingresos		160	212	224	776	728	775	721	817	827
<b>Egresos</b>	Absorción por la pradera	175	188	93	290	369	283	358	505	371
	Lixiviación	1	1	1	3	4	1	2	3	2
	Volatilización	0	0	0	51	45	54	72	72	72
	Emisión de óxido nítrico	0	0	0	4	4	4	4	4	4
Total de egresos		176	189	94	348	422	343	436	584	449
Balance (Ingresos menos egresos)		-16	23	130	428	306	432	285	233	378

### Conclusiones

La estimación del N que ingresa y sale del sistema mostró balances positivos para los tratamientos nitrogenados, lo que implica acumulación de este nutriente en el suelo. Sin embargo los resultados sugieren que existe una mayor disponibilidad de N en el sistema al aplicar purín bovino lechero como fuente nitrogenada, en comparación con la aplicación de urea y cuando no se aplica fertilizante a la pradera ( $p < 0,05$ ). El balance realizado permitió determinar que el mayor aporte de N a las praderas estudiadas está dado por la fertilización y la mineralización, mientras que las principales salidas del sistema son la extracción de las plantas de la pradera y la volatilización de  $\text{NH}_3$ . Este balance permitió identificar que es necesario aplicar alguna medida de mitigación (ej. inhibidor de la ureasa) para reducir la volatilización de  $\text{NH}_3$  y así disminuir las pérdidas totales de N en las praderas del sur de Chile.

### Agradecimientos

Al Fondecyt 1080368 y al Programa de Transferencia Tecnológica para el eslabón productivo de la cadena ovina-láctea y hortofrutícola (FNDR, Gobierno Regional Los Ríos).



## Referencias bibliográficas

- Alfaro M, F Salazar, O Oenema, S Iraira, N Teuber, L Ramirez & D Villarroel (2009) Nutrients balance in beef cattle production systems and their implications for the environment. *R. C. Suelo Nutr. Veg.* 9 (1): 40-54.
- Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN (2005) Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico X Región, Tomo II. Publicación N° 123. Centro de Información de Recursos Naturales, Santiago, Chile.
- Denmead O, J Simpson & J Freney (1977) Direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Science Society of America Journal*, 41:1001-1004.
- Jarvis S, D Hatch & R Lovell (2001) An improved soil core incubation method for the field measurement of denitrification and net mineralization using acetylene inhibition. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59: 219-225.
- Hatch D, S Jarvis & S Reynolds (1991) An assessment of the contribution of net mineralization to N cycling in grass swards using a field incubation method. *Plant Soil* 138:23-32.
- Hatch D, S Jarvis & L Philipps (1990) Field measurement of nitrogen mineralization using soil core incubation and acetylene inhibition of nitrification. *Plant and Soil* 124: 97-107.
- International Union of Soil Sciences, IUSS ( 2007) World Reference Base for Soil Resources 2006, a framework for international classification, correlation and communication. Working Group WRB. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome, Italy
- Ledgard S, J Penno & M Sprosen (1999) Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as affected by nitrogen fertilizer application. *Journal of Agricultural Science*, 132: 215-225.
- Lockyer D (1984) A system for the measurement in the field of losses of ammonia through volatilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(8):837-848.
- Lord E & M Shepherd (1993) Development in the use of porous ceramic cups for measuring nitrate leaching. *Journal of Soil Science*, 44: 435-449.
- Martínez-Lagos J, F Salazar, M Alfaro, M Rosas & F Macías (2014) Factores edafoclimáticos que afectan las emisiones de amoníaco por aplicación de urea y purín de lechería en Andosoles. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences* 30(1):1-30.
- Martínez-Lagos J, F Salazar & M Alfaro (2013) Factores de emisión de amoníaco por la aplicación de fertilizantes en praderas del Sur de Chile. *Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). XX Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Octubre, 7-9, Santiago, RM, Chile.*
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA (2015a) "Leche: producción, recepción, precios y comercio exterior", Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, [en línea]. [26.05.15]. Disponible en la web: <http://www.odepa.cl/boletin/boletin-de-la-leche-5/>
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA (2015b) "Carne: Informe con detalle regional y mensual (pecuario)", Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, [en línea]. [27.05.15]. Disponible en la web: <http://www.odepa.cl/informe-con-detalle-regional-y-mensual-pecuario/>
- Soil Survey Staff (2010) *Keys to Soil Taxonomy*. 11th. ed. USDA. Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2006) Emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de cal y urea [en línea]. [23.05.15]. Disponible en la web: <[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)>.
- Van Noordwijk M (1999) Nutrient cycling in ecosystems versus nutrient budgets of agricultural systems. En: *Nutrient desequilibria in agroecosystems, concepts and case studies*. Smaling, E.M.A.; Oenema, O. & Fresco, L.O. (eds). CAB International, Cambridge. pp: 1-26.
- Vistoso E, M Alfaro, S Saggat & F Salazar (2012) Effect of nitrogen inhibitors on nitrous oxide emissions and pasture growth following an autumn application in a volcanic soil. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1):133-139.