

Producción forrajera con aplicación otoñal de fertilizantes nitrogenados en avena y en agropiro

María A. Marino¹ y Jorge Castaño²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, ² EEA INTA Balcarce
amarino@balcarce.inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

El manejo del nitrógeno (N) es un aspecto clave cuando se pretende avanzar hacia la sustentabilidad productiva y ambiental en los agro-ecosistemas. En la región, las formas de N inorgánicas (NH_4^+ y NO_3^-) disminuyen su disponibilidad en la época fría del año (Echeverría y Bergonzi, 1995) y su deficiencia restringe la producción de los recursos forrajeros. Existe abundante información que demuestra que la fertilización nitrogenada permitiría atenuar estas deficiencias. Sin embargo, la mayoría de los trabajos cuantifican la respuesta al agregado de N a la salida del invierno, momento en el cual se registran las mayores respuestas al agregado del nutriente (Mazzanti et al., 1997; Marino et al., 2004; Barbieri et al., 2006; Agnusdei et al., 2010).

El N es un nutriente lábil, susceptible a pérdidas (como volatilización, desnitrificación o lixiviación) y la magnitud de las mismas cuando se realiza una fertilización nitrogenada estará relacionada principalmente con la formulación del fertilizante, las condiciones climáticas y las características del suelo. A modo de ejemplo, en pasturas implantadas en suelos bajos ganaderos del sudeste bonaerense se registraron pérdidas de hasta más del 30 % del N aplicado en otoño bajo la forma de urea (Barbieri et al., 2006).

En general, la ganadería está siendo desplazada hacia áreas con limitaciones productivas, no aptas para el desarrollo de cultivos agrícolas. Sin embargo, sistemas mixtos que incluyen actividades agrícolas y ganaderas mantienen una proporción de cultivos forrajeros y pasturas en suelos agrícolas. Esta diversidad de ambientes debería ser considerada al momento de planificar las estrategias de fertilización.

Por otra parte, en la actualidad existen fertilizantes nitrogenados cuyas formulaciones podrían atenuar las pérdidas por volatilización y así aumentar la eficiencia de uso del N (EUN) aplicado. Pero la información disponible se ha generado fundamentalmente en cultivos agrícolas siendo escasa la existente para recursos forrajeros en el sudeste bonaerense.

El objetivo del trabajo fue cuantificar el efecto del N aplicado al inicio de otoño (época cuando se registran condiciones ambientales predisponentes para que ocurran pérdidas por volatilización de N-NH_3) bajo formulaciones amoniacales y amídicas, sin y con inhibidor de la nitrificación, sobre la acumulación otoño-invierno-primaveral (O-I-P) de forraje en recursos forrajeros que se desarrollan en ambientes contrastantes, verdeo de avena (suelo agrícola) y pastura de agropiro (suelo ganadero). Este tipo de información permitirá avanzar en la planificación de estrategias de fertilización nitrogenada tendientes a aumentar la eficiencia de su uso en la producción de forraje y reducir las pérdidas al ambiente en los sistemas ganaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se establecieron en marzo de 2011 en la EEA INTA Balcarce en dos ambientes contrastantes, en un cultivo de avena implantado en suelo de aptitud agrícola sin limitantes edáficas, y en una pastura de agropiro establecida en un suelo de aptitud ganadera con severas restricciones para el crecimiento de las plantas. Las características edáficas de ambos lotes se presentan en la **Tabla 1**.

Las condiciones climáticas (temperaturas medias diarias y precipitaciones registradas) en el período febrero - octubre 2011 se muestran en la **Figura 1**.

Tabla 1. Contenido de materia orgánica (MO), fósforo extractable (Pe, Bray I) y pH en los primeros 20 cm del perfil de suelo para los experimentos de avena y agropiro.

AVENA				AGROPIRO			
Suelo	MO (%)	pH	Pe (ppm)	Suelo	MO (%)	pH	Pe (ppm)
Argiudol Típico	4.4	5.2	44.7	Natracuol Típico	5.85	9.2	11.8

Las condiciones climáticas registradas en el período febrero-octubre de 2011 fueron comparadas con las del promedio histórico 1970-2010 para esos meses. Se pudo comprobar que durante 2011 las temperaturas medias diarias manifestaron una leve superioridad y las precipitaciones fueron sustancialmente (39 %) inferiores al promedio histórico 1970 – 2010 (387 vs 631 mm, respectivamente).

En los días próximos a las fechas de fertilización las condiciones climáticas fueron predisponentes para el proceso de volatilización N-NH₃. En ninguno de los dos experimentos se registraron precipitaciones significativas en los cinco días posteriores a la fertilización nitrogenada.

En ambos experimentos se utilizó un diseño experimental en bloques con parcelas aleatorizadas, donde cada unidad experimental midió 1.5 metros de ancho por 5 metros de largo.

Al inicio de cada período de evaluación (28/02/2011 para agropiro y 30/03/2011 para avena) se aplicaron 20 kg ha⁻¹ de P (para evitar su deficiencia). Inmediatamente después se aplicaron los tratamientos de N que fueron: 0 (0N), 75 (75N) y 150 kg ha⁻¹ de N (150N) bajo la forma de F1 (urea granulada, 46-0-0), F2 (UAN líquido, 32-0-0), F3 (granulado, nitrato de amonio calcáreo, 27-0-0) y F4 (urea granulada, 46-0-0 con inhibidor enzimático).

En cada período de crecimiento se realizaron cosechas del forraje acumulado, utilizando una motosegadora automotriz con la que se recolectó el forraje presente en el metro central de cada parcela dejando un remanente de 5 cm. Del material cosechado, se extrajo una alícuota que se pesó y luego se secó en estufa a 60° C hasta peso constante con la cual se determinó el contenido de materia seca (MS).

Se cuantificó la cantidad de material remanente posterior a la cosecha cortando una muestra a

nivel del suelo de 0.1 m². A partir de la acumulación de forraje cuantificada se estimó la eficiencia aparente de uso del fertilizante aplicado, como la relación entre el incremento de forraje acumulado (kg MS ha⁻¹ tratamiento fertilizado – kg MS ha⁻¹ 0N) y la dosis de N aplicada.

Los resultados fueron analizados por ANVA (Proc GLM, SAS). La cuantificación estacional de forraje producido fue analizada estadísticamente como mediciones repetidas en el tiempo y se compararon las diferencias entre medias por el Test de Duncan (p < 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los experimentos evaluados no se registraron interacciones significativas entre los factores fuente de N y dosis de N aplicada, por lo tanto se analizó el efecto de cada uno de ellos sobre la producción estacional de forraje en la pastura de agropiro y en el verdeo de avena.

a. Fuentes nitrogenadas

Las repuestas al agregado de los fertilizantes nitrogenados en otoño difirieron según el experimento considerado. Para la pastura de agropiro, la producción de forraje no difirió entre fuentes de N aplicadas en ninguno de los tres períodos de crecimiento evaluados (Tabla 2). La producción acumulada de forraje durante el ciclo otoño-invierno-primaveral promedio para las fuentes nitrogenadas fue de 5628 kg MS ha⁻¹.

Barbieri et al. (2006) han encontrado elevadas pérdidas por volatilización de N aplicado en forma de urea en ambientes semejantes al de la pastura de agropiro. Sin embargo, en el presente experimento la producción de forraje no reflejó posibles diferencias entre fuentes nitrogenadas en la disponibilidad de N para las plantas.

En cambio, a excepción del primer período de rebrote, en el verdeo de avena, la producción forrajera difirió entre los fertilizantes nitrogenados. En el segundo período de rebrote, la producción de forraje de avena con F1 fue significativamente inferior a F3 y F4, y en el último período de rebrote F1 fue significativamente menor a F2, F3 y F4 (Tabla 2). Para esta especie, la producción acumulada otoño-invierno-primaveral de forraje para F1 fue de

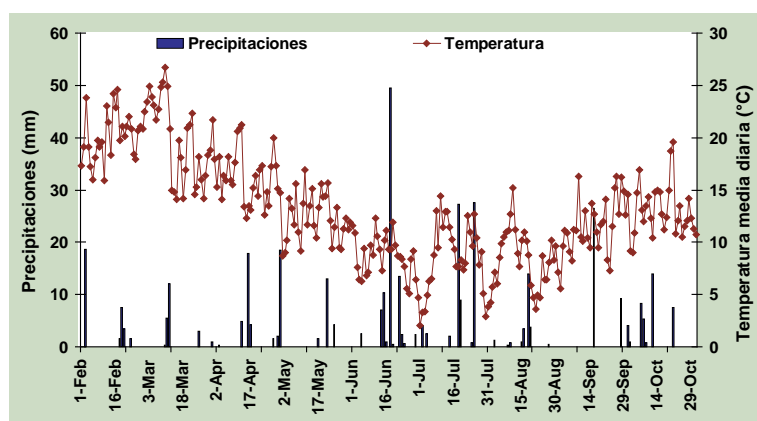


Figura 1. Temperaturas medias diarias y precipitaciones registradas en el período enero – octubre 2011. Fuente: Agrometeorología EEA INTA Balcarce.

aproximadamente 4000 kg MS ha⁻¹, mientras para las restantes fuentes evaluadas se cuantificaron valores promedio próximos a 5000 kg MS ha⁻¹.

Las diferencias halladas entre los dos experimentos en la respuesta a la aplicación otoñal de los fertilizantes nitrogenados, podrían atribuirse por una parte a disimilitudes en las propiedades edáficas. En una campaña con precipitaciones inferiores al promedio histórico, como se registró en el año 2011 (Figura 1), las características del suelo ganadero (elevado pH, alto contenido de arcillas y de NaCO₃, drenaje deficiente) habrían restringido la producción de forraje sobre todo en el otoño cuando se registró una severa deficiencia hídrica (Vazquez et al., 2000).

Por otro lado, agropiro es una especie forrajera perenne que desarrolla un profundo y extenso sistema radical, lo cual le confiere la capacidad de utilizar eficientemente los recursos que ofrece el suelo (básicamente agua y nutrientes). Esta característica habría favorecido la captura del N disponible proveniente tanto de la mineralización como del N aplicado con los fertilizantes, independientemente de la formulación de estos últimos.

En el experimento de avena, el suelo agrícola no presentaba las limitantes al crecimiento de las plantas mencionadas para el suelo ganadero.

Sin embargo, por su condición de cultivo anual las plantas de avena presentan un sistema radical menos desarrollado en profundidad y con menor exploración del perfil de suelo que la pastura de agropiro. Esto determina que el crecimiento de las plantas esté en gran medida controlado por la disponibilidad de recursos (agua y nutrientes) en el horizonte superficial. Como se puede observar en el **Tabla 2**, F1 presentó menores acumulaciones de

forraje en los tres períodos de rebrote evaluados, aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas sólo en el segundo y tercero. Esto podría asociarse con mayores pérdidas desde el fertilizante amídico con respecto a las restantes fuentes de N, lo que habría reducido su disponibilidad de N para el verdeo de avena. Es posible que, diferencias en la disponibilidad de N en el estrato superficial por efecto de la aplicación de los fertilizantes nitrogenados, se hubieran reflejado en la captura del nutriente y, por consiguiente, en la acumulación de forraje obtenida (**Tabla 2**). En este sentido, Fontanetto et al. (2008) registraron diferencias significativas entre fuentes nitrogenadas en el cultivo de avena. Mayores producciones de forraje fueron cuantificadas cuando el N se aplicó bajo la forma de UAN que con urea.

b. Dosis de N aplicado

A excepción del período de crecimiento otoñal en agropiro, en ambos experimentos la acumulación de forraje cuantificada para los tratamientos con P y 0N fue significativamente inferior a las establecidas para los tratamientos con fertilización P+N. Así, en agropiro el tratamiento sin agregado de N mostró acumulaciones de forraje que representaron el 81, 46 y 63 % de las acumulaciones obtenidas para los tratamientos sin deficiencias de dicho nutriente, para el crecimiento de otoño, invierno y primavera, respectivamente. La baja respuesta a la disponibilidad de N en el primer período de rebrote podría atribuirse a la restricción al crecimiento de agropiro ocasionada por la deficiencia hídrica otoñal (**Figura 1**).

Tabla 2. Acumulación estacional de forraje en los experimentos de avena y de agropiro para las fuentes nitrogenadas y las dosis de N evaluadas. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Fuente	Agropiro			Avena		
	28/02 al 04/05	05/05 al 03/11	04/11 al 27/12	30/03 al 28/06	29/06 al 22/09	23/09 al 03/11
F1	1372	1716	2333	1709	1342 b	972 b
F2	--	--	--	1926	1470 ba	1405 a
F3	1406	1884	2460	1844	1779 a	1345 a
F4	1350	1970	2393	1822	1839 a	1353 a
valor-p	0.948	0.400	0.679	0.709	0.052	0.013
Dosis N						
0N	1250	1191 c	1803 c	992 c	597 c	906 b
75N	1344	1808 b	2500 b	2062 b	1702 b	1469 a
150N	1533	2572 a	2882 a	2422 a	2524 a	1431 a
valor-p	0.267	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

En avena la limitación al crecimiento por deficiencia de N fue mayor sobre todo durante el rebrote invernal, con valores para 0N que fueron de 41, 24 y 62 % para el primer, segundo y tercer período de rebrote, respectivamente (Tabla 2).

Para el crecimiento invernal e invierno-primaveral, se detectaron diferencias significativas entre las dosis de 75 y 150 kg N ha⁻¹ tanto en pasturas de agropiro como en verdeos de avena (Tabla 2). Esto puede atribuirse a que durante ese período se registran valores mínimos de N edáfico, insuficientes para abastecer la demanda de las plantas (Echeverría y Bergonzi, 1995).

Respuestas positivas a la aplicación otoñal de N sobre la producción de forraje en pasturas de agropiro han sido registradas previamente en la región por Alonso et al. (2000) y Barbieri et al. (2006). Asimismo, fueron encontrados efectos de la aplicación otoñal de N sobre la producción de forraje de verdeos invernales de avena por Fontanetto et al. (2008) y Castaño et al. (2011) y para raigrás anual por Rodríguez Lahitte et al. (2004).

Cuando se considera la producción acumulada O-I-P, el tratamiento con aplicación de P sin agregado de N representó el 60 % y el 40 % de las producciones obtenidas con P y sin limitaciones en el suministro de N para la pastura de agropiro y el cultivo de avena, respectivamente (Tabla 2). De esta manera se ratifica que los cultivos forrajeros anuales son altamente dependientes del abastecimiento de nutrientes y la deficiencia de nutrientes tendría un mayor impacto que en especies perennes (Agnusdei y Marino, 2008).

A pesar que en los experimentos evaluados se registraron restricciones hídricas para el crecimiento de las pasturas, considerando la producción O-I-P de forraje se pudieron establecer respuestas a la aplicación de 75 y 150 kg N ha⁻¹ de 34 y 23 kg MS kg N aplicado⁻¹ en avena y de 17 y 18 kg MS kg N aplicado⁻¹ en agropiro. Estas respuestas son coincidentes a las cuantificadas en trabajos locales para fertilizaciones invernales en verdeos invernales (Mazzanti et al., 1997; Marino et al., 2004) y otoñales en agropiro por Barbieri et al (2006) y Alonso et al. (2000).

CONCLUSIONES

En el cultivo de avena, la producción de forraje obtenida con la aplicación de urea granulada (F1) fue significativamente inferior a las restantes fuentes nitrogenadas. En cambio, en la pastura de agropiro no se detectaron diferencias entre los fertilizantes aplicados.

La fertilización nitrogenada incrementó significativamente la producción invierno-primaveral de forraje en la pastura de agropiro y la producción en

los tres períodos evaluados en el cultivo de avena.

Si bien ambos recursos forrajeros manifestaron la limitación en la producción de forraje por efecto de la deficiencia de N, los datos obtenidos ratifican una alta sensibilidad del cultivo de avena al abastecimiento del nutriente y el elevado impacto de su deficiencia en la producción de forraje.

BIBLIOGRAFÍA

- Agnusdei, M.G., M.A. Marino, y F.A. Lattanzi. 2008. Resources use efficiency in tall fescue and annual ryegrass pastures with different nitrogen nutrition (Humid Pampa, Argentina). In: Multifunctional Grasslands in a Changing World. (Ed: Organizing Committee of the IGC/IRC Congress. Guandong People's Publishing House. Vol.I: pp.300.
- Agnusdei, M.G., S.G. Assuero, F.A. Lattanzi, y M.A. Marino. 2010. The use of the Nitrogen Nutrition Index to predict responses to N fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Publicado online 16 de febrero 2010. DOI:10.1007/s10705-010-9348-6.
- Alonso, S.I., J.A. Fernandez, C.I. Borrajo, y H.E. Echeverría. 2000. Cambios en producción y calidad del forraje otoño-invernal por el agregado de nitrógeno en materiales genéticos de agropiro. Ciencia del suelo 18 (2):115-124.
- Barbieri, P.A., H.E. Echeverría, H.R. Sainz Rozas, y L.I. Picone. 2006. Nitrogen use efficiency from urea applied to a tall wheatgrass (*Elytrigia elongata*) prairie in a sodic soil. Australian Journal of Experimental Agriculture, 46, 535-543.
- Castaño, J., M.A. Marino, y M.G. Agnusdei. 2011. Producción de forraje del doble cultivo avena - raigrás anual con diferente suministro de nitrógeno. 34° Congreso Argentino de Producción Animal - 1st Joint Meeting ASAS - AAPA, Mar del Plata, Argentina. En CD.
- Echeverría, H.E., y R. Bergonzi. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico No.135 1995. 15 p. CERBAS, Centro Regional Buenos Aires Sur, INTA. EEA Balcarce.
- Fontanetto H., O. Keller, F. García, e I. Ciampitti. 2008. Fertilización nitrogenada en avena. Informaciones Agronómicas 38:25-26.
- Mazzanti, A., M.A. Marino, F. Lattanzi, H. Echeverría, y F. Andrade. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 143. ISSN 0522-0548.SAGPyA, INTA CERBAS EEA Balcarce.
- Marino, M.A., R.C. Fernández Grecco, y M.G. Agnusdei. 2004. Producción otoño-invernal y eficiencia de uso del nitrógeno de raigrás anual: métodos de siembra y fertilización nitrogenada. "27° Congreso Argentino de Producción Animal". Tandil. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 24 Supl.: 183-184. ISBN-ISSN 0326-0550.
- Rodríguez Lahitte, D., M.A. Marino, R.C. Fernández Grecco, y M.G. Agnusdei. 2004. Crecimiento otoño-inverno-primaveral de raigrás anual en diferentes fechas de siembra y niveles de fertilización nitrogenada. "27° Congreso Argentino de Producción Animal". Tandil. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 24 Supl.: 188-189. ISBN-ISSN 0326-0550.
- Vázquez, P., J.L. Costa, G. Monterrubianesi, y P. Godz. 2001. Predicción de la productividad primaria de pastizales naturales de la pampa deprimida utilizando propiedades del horizonte A. Ciencia del Suelo 19 (2):136-143.