

Fertilización de forrajeras anuales de invierno y verano: estrategias para maximizar rendimiento y calidad

► ► Berhongaray G^{1*}

¹ICiAgro Litoral (UNL-CONICET) – Facultad de Ciencias Agrarias, UNL

✉ bgonzalo@agro.uba.ar

RESUMEN

La fertilización de forrajeras anuales constituye una herramienta clave para optimizar la producción de biomasa y la calidad de los forrajes utilizados en sistemas ganaderos y lecheros intensificados. En este trabajo se sintetizan evidencias generadas en ensayos experimentales realizados en distintas regiones de la Región Pampeana, evaluando la respuesta de verdes de invierno (avena y raigrás anual) y maíces destinados a silo. Se analizan los efectos de la fertilización nitrogenada en distintas dosis, momentos de aplicación y fuentes de nutrientes, así como su impacto sobre la producción de materia seca y la calidad forrajera. Los resultados muestran que, si bien la magnitud de la respuesta varía según ambiente, especie y manejo, la fertilización con nitrógeno mejora de manera consistente el rendimiento y la calidad del forraje. Se discuten implicancias agronómicas, económicas y prácticas para el diseño de estrategias de fertilización eficientes y sostenibles.

Palabras clave: Nitrógeno; Producción de biomasa; Eficiencia agronómica; Calidad nutricional; Fuentes de fertilización

>. INTRODUCCIÓN

La producción de forrajes anuales representa un componente esencial en los sistemas de carne y leche de Argentina, proporcionando cobertura estratégica en momentos críticos del año. Dentro de este grupo, los verdes de invierno como avena (*Avena sativa*) y raigrás anual (*Lolium multiflorum*) permiten cubrir los requerimientos durante el otoño e invierno, mientras que los maíces para silo sostienen la oferta forrajera estival. A diferencia del verano, en invierno las bajas temperaturas reducen la mineralización de nutrientes en el suelo, limitando la disponibilidad de nitrógeno para las plantas. Esta diferenciación ambiental impone la necesidad de ajustar las estrategias de fertilización a cada estación, teniendo en cuenta la dinámica edáfica, la demanda de nutrientes del cultivo y los objetivos de producción. El presente trabajo revisa resultados de ensayos recientes en verdes de invierno y maíces para silo en la Región Pampeana, aportando lineamientos para mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes y maximizar el retorno económico de la práctica.

>. FERTILIZACIÓN DE VERDEOS DE INVIERNO

La respuesta a la fertilización nitrogenada en verdes de invierno ha sido ampliamente documentada, mostrando incrementos importantes de materia seca y mejoras en la calidad nutricional. Un análisis de 164 ensayos en la Región Pampeana reveló que la eficiencia agronómica promedio varió entre 15 y 30 kg MS por kg de N aplicado (Tabla 1), con diferencias notables entre regiones. En relación a las especies, la avena respondió con mayores incrementos iniciales de biomasa, mientras que el raigrás mostró una mejor persistencia y recuperación post-pastoreo. Sin embargo, en zonas semiáridas la eficiencia de uso del nitrógeno fue un 50% inferior, limitando el impacto de la fertilización (Figura 1). Aun así, en contextos hídricos favorables, la inversión en fertilización se tradujo en aumentos relevantes en producción de leche y carne, justificando su adopción en sistemas intensivos.

Tabla 1. Valores medios de revisión de ensayos de fertilización nitrogenada en verdes de invierno en la Región Pampeana. n= número de datos; Dosis N= dosis media utilizada en los ensayos. La Eficiencia Agronómica fue calculada para cada experimento y luego promediada.

Provincia	Dosis media de N (kg/ha)	Respuesta media (kg MS/ha)	Eficiencia Agronómica (kg MS/kg N)
Buenos Aires (n=62)	75	+1530	15
Córdoba (n=30)	80	+2015	23
La Pampa (n=32)	30	+425	15
Santa Fe (n=40)	30	+943	30
Entre Ríos (n=9)	50	+1260	17

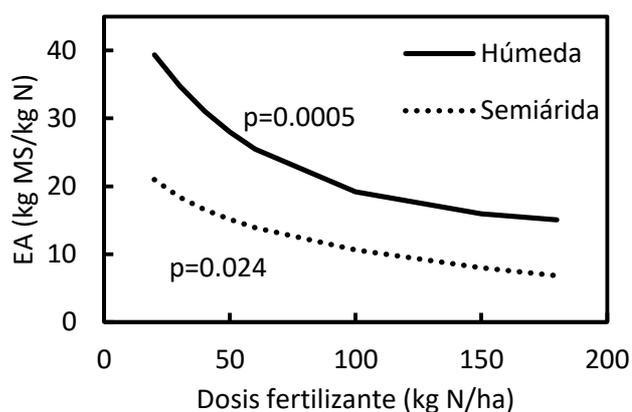


Figura 1: Eficiencia agronómica (kg MS/kg N) en función de la dosis y régimen hídrico del sitio: región semiárida (línea punteada) región húmeda (línea continua).

El momento de aplicación del nitrógeno es crítico para maximizar la respuesta de los verdes de invierno. La fertilización a la siembra, practicada en el 67% de los casos analizados, permitió asegurar un arranque vigoroso del cultivo, pero mostró menores eficiencias a medida que avanzaba el ciclo. En cambio, las estrategias de fertilización dividida (parte a la siembra y parte al macollaje) resultaron en una eficiencia agronómica un 9% superior en promedio. La aplicación fraccionada acompaña mejor la curva de demanda del cultivo, mejorando la conversión del nitrógeno aplicado en materia seca útil. Si bien estas prácticas implican mayores costos operativos, la mejora en producción y calidad del forraje suele compensar esta inversión adicional, especialmente en sistemas lecheros de alta exigencia.

La fuente de nitrógeno utilizada también influye sobre la eficiencia de la fertilización en verdes de invierno. En general, el UAN mostró una eficiencia 3% superior a la urea en aplicaciones a la siembra, mientras que el nitrato de amonio cálcico (CAN) presentó ventajas de hasta un 12% en rendimiento relativo. El uso de fuentes orgánicas, como purines o digestatos, resultó en menores respuestas iniciales debido a su patrón de liberación lenta de nitrógeno. Sin embargo, estos materiales pueden aportar beneficios a mediano plazo sobre la fertilidad del suelo. La elección de la fuente debe considerar tanto los objetivos productivos como el manejo general del sistema.

La calidad del forraje también mejora significativamente con la fertilización nitrogenada de los verdes de invierno (Tabla 2). Ensayos muestran que el contenido de proteína bruta aumentó en promedio 2,2 puntos porcentuales, alcanzando valores superiores al 18% en cultivos fertilizados. Este incremento favorece directamente la producción de leche y carne, aumentando la eficiencia de conversión del forraje. Aunque en ambientes más restrictivos las mejoras en calidad pueden ser más moderadas, el impacto global de la fertilización nitrogenada sobre la productividad animal es ampliamente positivo.

Tabla 2. Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína bruta (%). n= número de datos; Dosis N= dosis media utilizada en los ensayos.

Tratamiento	n	Dosis N (kg/ha)	Producción (kg MS/ha)	Proteína bruta (%)
Testigo	14	0	2790	16.2
Fertilizado	25	55	4320	18.4

>. FERTILIZACIÓN DE MAÍZ PARA SILO

La fertilización nitrogenada en maíces con destino a silo fue evaluada en diversas zonas representativas de la Región Pampeana, incluyendo Franck y Gobernador Crespo (Santa Fe) y la cuenca de Abasto (Buenos Aires). En cada localidad se aplicaron diferentes dosis de nitrógeno, utilizando principalmente UAN o Urea como fuente, y se evaluaron tanto los rendimientos de biomasa como la eficiencia agronómica (Tabla 3). En Franck, las dosis crecientes de nitrógeno (0 a 220 kg N/ha) lograron un incremento de biomasa de hasta 5000 kg MS/ha respecto al testigo, con una eficiencia promedio de 25 kg MS/kg N. En Gobernador Crespo, el máximo aumento de biomasa alcanzado fue de 4000 kg MS/ha, con eficiencias entre 20 y 30 kg MS/kg N dependiendo del híbrido. En Castelli y General Belgrano (Buenos Aires), los aumentos de biomasa respecto a los testigos fueron de aproximadamente 2200 kg MS/ha y 3000 kg MS/ha respectivamente, con eficiencias agronómicas de 48 kg MS/kg N en bajas dosis y de 18-28 kg MS/kg N en dosis mayores. A pesar de las diferencias en ambientes y manejo, la fertilización nitrogenada mostró una respuesta positiva consistente en todas las localidades.

Tabla 2. Dosis de fertilización nitrogenada (kg N/ha) en ensayos de maíz con destino a silo en la Región Pampeana, Respuesta (kg MS/ha) y Eficiencia Agronómica (kg MS/kg N).

Sitio	Dosis de N (kg/ha)	Respuesta (kg MS/ha)	Eficiencia Agronómica (kg MS/kg N)
Franck (Santa Fe)	0 - 220	+5000	~45
Gobernador Crespo (Santa Fe)	0 - 220	+5000	~45
Castelli (Buenos Aires)	0 - 74	+2200	~35
General Belgrano (Buenos Aires)	0 - 216	+3000	~23

Además de las fuentes minerales, se evaluó el uso de fertilización orgánica en la localidad de Rafaela (Santa Fe), mediante la aplicación de digestatos de biodigestores combinados con urea. La combinación de fertilización orgánica y mineral permitió alcanzar rendimientos de biomasa superiores en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes químicos. Se observó que la aplicación de digestatos complementados con urea resultó en un aumento de 5720 kg MS/ha respecto al testigo sin fertilizar, aunque los digestatos utilizados como única fuente de nitrógeno mostraron una eficiencia inicial más baja. Estos resultados indican que las fuentes orgánicas pueden ser una estrategia válida para complementar la fertilización nitrogenada, especialmente en sistemas que buscan integrar sostenibilidad ambiental.

La calidad de la biomasa de maíz para silo también fue influenciada por la fertilización nitrogenada. En Santa Fe, se observaron incrementos de 1-2% en el contenido de proteína cruda con las dosis más altas, y mejoras significativas en la digestibilidad de la fibra (TTNDFD). En Buenos Aires, la comparación entre métodos de cosecha manual y mecánica mostró diferencias en la biomasa absoluta, pero no en las tendencias de respuesta a la fertilización. Aunque no siempre se detectaron cambios importantes en el contenido de almidón, la mayor producción de biomasa contribuyó a incrementar la oferta de energía digestible por hectárea, mejorando el potencial productivo de los sistemas.

>. CONCLUSIONES

La fertilización de forrajeras anuales de invierno y verano se confirma como una estrategia eficiente para maximizar la productividad de los sistemas ganaderos y lecheros de Argentina. En verdeos de invierno, la fertilización nitrogenada no solo incrementa la producción de materia seca, sino que también mejora significativamente la calidad del forraje. En maíces para silo, la fertilización con nitrógeno permite alcanzar altos rendimientos de biomasa con buena calidad nutricional, integrando en algunos casos fuentes orgánicas como complemento. La correcta elección de dosis, fuente y momento de aplicación resulta fundamental para optimizar los retornos económicos y agronómicos de la práctica. Finalmente, la fertilización ajustada al ambiente y al objetivo de producción contribuye a mejorar la eficiencia de uso de los recursos y la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de producción animal.