

Evaluación económica de estrategias de fertilización en forrajeras anuales invernales en la Región Semiárida Pampeana

Hernández, María Lujan¹ , Fontana, Laura María Celia² , Lorda, Héctor O.^{2,4} ,
Porta Siota, Fernando^{2,3}  y Babinec, Francisco J.¹ 

1 Actividad privada.

2 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Anguil

3 Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía

4 Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Cs. Ex. y Naturales

@fontana.laura@inta.gob.ar

Recibido: 21/12/2023

Aceptado: 25/03/2024

RESUMEN. En los sistemas ganaderos de la Región Semiárida Pampeana, las forrajeras anuales invernales o también llamados “verdeos de invierno”, son un recurso forrajero clave. En condiciones de baja productividad, el costo por kg de biomasa puede incrementarse y verse afectada la producción de carne, si no son estratégicamente fertilizados. En este sentido, se propone realizar el análisis económico desde distintos enfoques metodológicos, vinculados entre sí. Se evaluó el efecto en el costo de implantación y en el costo unitario de materia seca (CU) de distintos niveles de fertilización nitrogenada; se calculó la eventual ganancia económica por una mayor producción adicional de carne y se estableció un umbral de relación insumo-producto (RIP) como indicador de la factibilidad de fertilizar con criterio económico. Con datos de producción de un ensayo con nueve cultivares de cuatro especies y con tres niveles de fertilización, en Anguil La Pampa, se realizó un análisis económico basado en la evolución de precios para tres períodos de una serie de 10 años. Los precios relativos y los costos de implantación de cada período influyen en el CU del forraje. La viabilidad económica de la fertilización se alcanza cuando es menor la productividad inicial y mayor la respuesta al fertilizante. La eficiencia agronómica es superior a la RIP para un 70 a 80 % de los tratamientos, por lo que es factible fertilizar los verdeos de invierno con un criterio económico.

PALABRAS CLAVE: costos de implantación; viabilidad económica; relación insumo producto.

ABSTRACT. ECONOMIC EVALUATION OF FERTILIZATION STRATEGIES IN COOL SEASON ANNUAL FORAGE GRASSES IN THE PAMPEANA SEMIARID REGION. Cool season annual forage grasses biomass production and derived meat production can be affected if they are not fertilized. Based on biomass production from different levels of nitrogen fertilization it is proposed to carry out an economic analysis from different methodological approaches, linked to each other. First, the effect on implantation cost and on the unit cost (CU) of dry matter was assessed. The economic gain was calculated for additional meat production, and finally a threshold was established of an input-output relationship (RIP) indicator looking for the feasibility of fertilizing with economic criteria. Production data from a trial carried out at Anguil, La Pampa, including 9 cultivars of 4 species and with 3 levels of fertilization were used for economic analysis carried out based on the evolution of prices within three periods of a 10-years long series. Relative prices and implantation costs of each period influence the CU of the forage production. The economic viability of fertilization is reached when the initial productivity is lower and the response to fertilizer is higher. The agronomic efficiency is higher than the RIP for 70 to 80 % of the treatments, so it is feasible to fertilize with economic criteria.

KEY WORDS: planting costs; economic feasibility; input-output relationship.

INTRODUCCIÓN

En la Región Semiárida Central, los cultivos invernales anuales o verdeos de invierno (VI)

Cómo citar este trabajo:

Hernández, M. L., Fontana, L. M. C., Lorda, H. O., Porta Siota, F. y Babinec, F. J. (2024). Evaluación económica de estrategias de fertilización en forrajeras anuales invernales en la Región Semiárida Pampeana. *Semiárida*, 34(1), 63-74.

constituyen un recurso fundamental en la cadena forrajera de los sistemas productivos ganaderos (Romero y Ruiz, 2011). Representan un recurso crítico a la hora de tomar decisiones y planificar la oferta forrajera anual de la actividad ganadera. Son un importante recurso forrajero de alta calidad, utilizados en el periodo invernal cuando las pasturas perennes disminuyen su producción



y calidad (Kent, 2019). Con un manejo adecuado, se logran muy buenos resultados en cantidad y calidad forrajera, por la elevada productividad en materia seca (MS), asegurando así elevados aumentos diarios de peso vivo en invernada y una mayor producción de carne.

En este trabajo se evaluó la factibilidad económica de la fertilización nitrogenada en algunas de las especies y variedades más usadas, y con mayor distribución regional (Arelovich et al., 2011). La pérdida de fertilidad de los suelos por falta de un macronutriente como el nitrógeno (además de otros micronutrientes), ha demostrado ser limitante en la producción de forraje de hasta un 50 % (Romero y Ruiz, 2011). Si bien la práctica de la fertilización está difundida en la mayoría de los sistemas productivos de la región, cabe preguntarse si la respuesta obtenida en una eventual mayor productividad forrajera se asocia a una conveniencia económica de la misma. Esto es capital cuando el insumo de referencia, como es la urea, muestra volatilidad en su cotización a lo largo del tiempo. Por esta razón, se analizará el impacto del costo adicional que implica la fertilización en la implantación de verdeos y en el costo unitario del forraje producido. La pregunta fundamental es: ¿conviene económicamente fertilizar? Si la fertilidad de los lotes es baja y cae la productividad, hay que tomar decisiones y pensar indudablemente en un esquema de fertilización que permita revertir esta situación. Pero existe la posibilidad de que el forraje pueda convertirse en un recurso costoso, aun cuando su uso directo y la relación producción y calidad lo hagan un insumo accesible económicamente. Por otro lado, si dejar de fertilizar puede resultar costoso para el sistema, porque una baja productividad aumenta el costo por kg de MS.ha⁻¹ y consecuentemente reduce la producción potencial de carne.ha⁻¹. El proceso de toma de decisiones busca combinar de la mejor manera los recursos existentes, costos y beneficios resultantes. En este sentido, se propone realizar el análisis económico desde distintos enfoques metodológicos, vinculados entre sí. Desde el punto de vista de los costos, como cualquier plan de siembras general y en el caso de los VI en particular, se debe decidir un

planteo tecnológico determinado que define la estructura de costos directos y el costo total por hectárea. En el mismo se incluye el sistema de siembra (directa o convencional), labores de preparación de suelo, pulverizaciones, fertilización y los insumos de la sementera. En esta experiencia, todos los componentes son fijos y la fertilización nitrogenada es la única variable del planteo, por lo que incrementa los costos por el insumo utilizado (urea), y la labor necesaria para su aplicación. La relación entre este costo total y la biomasa producida determina el costo unitario (CU) por kg de materia seca que es un primer indicador fundamental sobre la conveniencia o no de realizar la práctica.

El enfoque metodológico propone medir el impacto de la fertilización sobre el producto final, en este caso la producción de carne, como derivado de la producción de forraje. Para ello es necesario establecer una conversión técnica promedio para todos los materiales. La hipótesis es que la cotización del producto carne amplíe, reduzca o eventualmente ratifique los resultados previos sobre la conveniencia de fertilizar un VI según el cálculo del CU. Ambos enfoques estarán aplicados en una serie de tiempo y en moneda constante. Con ello se espera detectar variaciones de los precios relativos de insumos y productos, dentro de la serie.

La combinación de la información recopilada en los dos enfoques anteriores plantea el desafío de determinar un umbral económico para decidir la conveniencia o no de realizar una fertilización nitrogenada. Modelos ajustados para distintas regiones y utilizados en cultivos agrícolas como trigo o maíz (Alvarez, 2007; Bono y Alvarez, 2006), generan un primer indicador de Eficiencia Productiva/Agronómica (EAGR) marginal, que define cuantos kg de un producto (grano) se obtienen por kg de insumo utilizado (nitrógeno). El modelo decisorio queda definido entre la relación de la EAGR y el contenido variable del nitrógeno total en el suelo. En este trabajo el producto es la producción adicional de carne por efecto de la fertilización en relación con las dosis de urea utilizadas en cada tratamiento. Paralelamente se establece una relación insumo producto (RIP: urea/carne) para

la serie de precios o períodos preestablecidos de la misma. Cuando la EAGR es mayor o igual a la RIP, se considera económicamente viable la fertilización.

Por su condición de anuales estas forrajeras invernales completan su oferta de pasto dentro de una estación de crecimiento. Si bien se trata de un forraje de alta calidad nutricional, las condiciones de implantación, fertilidad del suelo y su posterior manejo son claves para definir el costo por kg de MS producida. Por el contrario, en las pasturas perennes el costo de producción por kg de MS resulta inferior, debido a que la inversión necesaria para su implantación se distribuye en una mayor vida útil. Para este tipo de pasturas, Marino (2023) informa resultados de varios trabajos en el sur de la provincia de Buenos Aires y concluye que es económicamente viable la fertilización con una eficiencia de conversión similar a la de los V.I. (15 kg de MS por kg de carne). En la última década se generó un beneficio adicional promedio de 0,89 U\$S por kg de nitrógeno aplicado.

Los VI son un recurso clave en las cadenas forrajeras y, por su condición anual, es necesario asegurar una relación costo-beneficio adecuada para hacer un uso eficiente de los mismos. Por esta razón, la hipótesis de trabajo es que la fertilización resulta una práctica económicamente viable. Los objetivos fueron:

- Determinar el costo de producción de materia seca según niveles de fertilización
- Determinar el resultado económico obtenido a partir de la diferencia entre el ingreso adicional de la producción de carne como efecto de la fertilización y el costo adicional que la misma requiere
- Establecer un umbral en la relación insumo-producto, que permita tomar una decisión de fertilización, con criterio económico.

METODOLOGÍA

Los datos de producción provienen de un ensayo realizado en la EEA INTA Anguil (Dellacasa, 2023), implantado en el año 2021, en la Estación Experimental Agropecuaria “Ing. Agr. Guillermo Covas” del INTA en Anguil,

ubicada en el Departamento Capital, en el centro-este de la provincia de La Pampa y dentro de la Región Semiárida Pampeana. El suelo fue caracterizado como franco arenoso, con profundidad efectiva del suelo de 120 cm, un contenido del 2 % de materia orgánica, 11,8 ppm de fósforo y 27 kg.ha⁻¹ de nitratos. Al momento de la siembra, el perfil contaba con 139 mm de agua útil.

Las precipitaciones del período enero-septiembre fueron de 555 mm. Excepto para el mes de abril, los restantes registros se mantuvieron por debajo de la serie histórica. Las temperaturas máximas resultaron por encima del promedio, por lo que el otoño y la primavera fueron más cálidos que lo histórico registrado. La media de 2021 resultó muy similar a las históricas, salvo en el otoño. Las mínimas registradas para 2021 en julio y agosto quedaron por debajo de la serie histórica.

En el ensayo se compararon nueve cultivares de cuatro especies: Ainara y Huilen INTA de cebada (*Hordeum vulgare*), Julieta INTA, Florencia INTA y Elizabet INTA de avena (*Avena sativa*), Don Norberto INTA y Don Ewald INTA de centeno (*Secale cereale*), Don Santiago INTA y Ona INTA de triticale (*Triticosecale*). Se sembraron el 30 de marzo de 2021, en siembra directa, con una densidad de 230 plantas por m² y una fertilización general de arranque con 50 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico (18- 46-0), que es una práctica general en la zona.

Se compararon tres niveles de fertilización: 0 (testigo), 60 y 120 kg.ha⁻¹ de urea granulada (46-0-0), aplicada al voleo al momento de producción de macollos. Se realizaron dos cortes con una cosechadora de 1 m de ancho de labor, se determinó MS por pesada y calidad mediante un equipo NIRS.

Se calcularon los costos de implantación mediante un planteo tecnológico fijo, donde la variable fue la incorporación de la fertilización nitrogenada y sus respectivas dosis.

Para los insumos se consideraron precios de proveedores locales y para el costo de las labores se utilizaron datos de unidad técnica agrícola (UTA) e índices de la Revista Márgenes Agropecuarios (2011-2022).

Tabla 1. Planteo tecnológico y estructura de costos directos.

Table 1. Technological approach and direct cost structure.

Verdeo de invierno Siembra Directa Insumo			
Labores	Cant.	Coef.	U\$S.ha ⁻¹
		UTA	
Siembra directa con fertilización	1	1.1	
Fertilización terrestre	(*1)	0.35	
Pulverización	2	0.25	
Subtotal labores (U\$S.ha ⁻¹)			
Insumos		Cant.	
Semilla (kg.ha ⁻¹)		(*2)	
Herbicida BQ: Glifosato (l.ha ⁻¹)		2	
Herbicida BQ: 2,4 D (l.ha ⁻¹)		0.6	
Herbicida Dicamba (l.ha ⁻¹)		0.2	
Insecticida post.: Dimetoato (l.ha ⁻¹)		0.6	
Urea (kg.ha ⁻¹)		(*3)	
FDA kg.ha ⁻¹		50	
Subtotal insumos (U\$S.ha ⁻¹)			
Costo total (U\$S.ha⁻¹)			

(*1) Cantidad de aplicaciones terrestres: 0 para el testigo; y 1 para las dosis 60 y 120 kg.ha⁻¹. (*2) Densidad de siembra según la especie: Avena 70 kg.ha⁻¹; cebada 115 kg.ha⁻¹; centeno 50 kg.ha⁻¹ y triticale 85 kg.ha⁻¹. (*3) La dosis de urea utilizada varía en 0, 60 y 120.

La variabilidad de los precios de la urea se analizó en una serie de 10 años, utilizando cotizaciones trimestrales y expresando en dólares como moneda constante. Considerando que la volatilidad de los precios del insumo y del tipo de cambio pueden ocasionar distorsiones en los precios relativos, dentro de la serie se definieron periodos o etapas con cierta homogeneidad para facilitar el análisis. Para el análisis de la relación insumo/producto se vinculó el precio de la urea con el producto final que es la carne vacuna. Para ello se utilizó el precio promedio de la categoría de novillo de consumo de 430 a 460 kg de peso vivo (PV), utilizando como fuente de datos el Mercado Concentrador de Cañuelas (MAG) de hacienda en pie. Como resultado, se determinaron tres etapas de análisis, denominadas periodos donde el primero está comprendido entre 2011-2014 al que se denominó “Por debajo de la media” (P1), el segundo de 2015-2020 identificado como “Por encima de la media” (P2) y el último 2021-2022 denominado “Periodo de coyuntura internacional” (P3). El análisis económico se

dividió en tres etapas: En la primera, se evaluó cómo la productividad adicional de forraje (como respuesta a la fertilización) afecta el costo unitario (CU) del forraje adicional (U\$S.kg de MS⁻¹). Para su cálculo, se relacionó el costo de implantación por hectárea del verdeo con la producción total de MS. Este procedimiento se repitió para los tres periodos de análisis.

La segunda etapa comprendió una conversión de la productividad adicional de forraje en kg de carne de novillo, para calcular el ingreso económico que el mismo representa. Se utilizó una conversión de 700 g de carne por cada 10 kg de MS. A esta contribución adicional se le descontó el costo por fertilizar, dando como resultado una ganancia o pérdida económica neta por efecto de la práctica. La eficiencia de conversión de estas forrajeras anuales invernales, transformadas en carne bovina es muy variable, ya que depende de varios factores. Entre ellos la especie y cultivar utilizada, el momento del año para su aprovechamiento, la edad y tipo de hacienda, entre otros. Fernández Mayer (2014) informa ganancias de peso (GDP) de 1 kg.día⁻¹ o más, contando con un adecuado balance entre el contenido de proteína bruta soluble y azúcares solubles (energía) y cuidando que la asignación de forraje no sea inferior a los 3,5 kg de MS.día⁻¹, cada 100 kg de carga animal. Este último parámetro representaría un consumo de entre 9 a 11 kg de MS.día⁻¹ para un animal joven de recría (170 a 180 kg PV). Este mismo autor, obtuvo GDP de 0,873 kg.día⁻¹ en animales pesados (mayor 430 kg PV).

El desbalance de energía-proteína en forrajes frescos, sumado a condiciones climáticas adversas puede reducir las GDP por debajo de los 0,6 kg.día⁻¹. Marinissen (2019) informó consumos de 6,2 kg MS.cab⁻¹.día⁻¹ de avena en novillos, con GDP de 0,790 kg.cab⁻¹.día⁻¹, sin suplementación. Ceconi y Méndez (2018) informan que asignaciones de forraje de verdeos entre 2,5 a 3,5 % del PV permiten GDP entre 0,700 a 0,800 kg.día⁻¹, en concordancia con las mayores producciones de carne por hectárea. En un informe integral sobre el uso de verdeos de

invierno en los sistemas ganaderos del SO bonaerense, técnicos de la EEA INTA Bordenave (Moreyra et al., 2014) encontraron que asignaciones de un 3 % del PV en animales de cría (9 a 10 kg MS) se pudieron lograr GDP de hasta 1 kg.día⁻¹. Romero y Ruiz (2011), mencionan que en un sistema de invernada corta conducido durante 12 años en la localidad de Anguil, la conversión de MS por kg de carne lograda en verdes fue de 10 a 1.

En la tercera etapa del análisis se contrastó un indicador económico con uno técnico-productivo, que orientara sobre la decisión de fertilizar con criterio económico. Para ello se adaptó una relación utilizada para otras gramíneas, como trigo o maíz, que logran adecuadas respuestas a la fertilización nitrogenada (Bono y Alvarez, 2006; Alvarez, 2007), con los cuales se han logrado obtener modelos de fertilización, ajustados para distintas regiones. El primer indicador corresponde a la llamada Eficiencia Agronómica (EAGR) el cual relaciona la producción física (grano, forraje, carne) respecto al insumo utilizado; en este caso la fertilización nitrogenada a través de urea. Para este trabajo, se utilizó la producción de carne adicional como respuesta a la fertilización calculada en el apartado anterior, respecto a la dosis de fertilizante utilizada; se expresa de la siguiente manera:

EAGR: kg de carne/kg de urea

El otro indicador utilizado corresponde a una relación insumo-producto (RIP). En este caso será el precio del kg de fertilizante (urea), respecto al precio del kg vivo de novillo de consumo, publicado por el MAG. Esta RIP se expresa de la siguiente manera:

$$RIP = \text{US\$/kg de Urea} / \text{US\$/kg de carne}$$

La decisión de fertilizar con criterio económico corresponde cuando:

$$EAGR \geq RIP$$

Aquellos valores de EAGR por encima de la RIP de cada uno de los períodos indica que es viable, económicamente, incorporar la

fertilización a los VI, en las condiciones de este ensayo y en las dosis propuestas en cada tratamiento.

RESULTADOS

Efecto de la fertilización en la producción de forraje

Los valores de la tabla 2 corresponden a la producción total anual. En el caso de la cebada se observa que el cultivar Huilen parte de un valor testigo inferior y logra respuestas significativas tanto en 60 como en 120 kg.día⁻¹ de urea, mientras que el cultivar Ainara no muestra diferencia entre tratamientos. El triticale Ona es el material con menor producción en el tratamiento testigo, logrando una respuesta 4,4 veces superior con la mayor dosis de fertilización, mientras que el cultivar Don Santiago no presentó diferencias significativas en los tratamientos fertilizados, partiendo de un testigo por encima de 2.500 kg de MS.ha⁻¹. Los cultivares de centeno parten de producciones testigo con rindes superiores a los 3.000 kg de MS.ha⁻¹, y no mostraron diferencias significativas respecto al tratamiento con 60 kg de urea.ha⁻¹, con respuestas que no superaron los 200 kg de MS.ha⁻¹; para el tratamiento con 120 kg de urea.ha⁻¹ solamente en el cultivar Don Ewald la respuesta resultó significativa. Los tres cultivares de avena respondieron significativamente para el nivel de fertilización de 120 kg de urea.ha⁻¹.

Tabla 2. Producción total de MS.ha⁻¹ por material y dosis de fertilización (Dellacasa, 2023).

Table 2. Total production of DM.ha⁻¹ by material and fertilization dose. (Dellacasa, 2023).

Especies	Cultivares	Dosis (kg.ha ⁻¹)			Respuesta	
		0	60	120	0 a 60	0 a 120
Cebada	Ainara	1854	1986	2.157	132	303
Cebada	Huilen INTA	1475	2460	3847	985	2372
Triticale	Don Santiago INTA	2612	3141	3148	527	535
Triticale	Ona INTA	1249	2613	5513	1365	4264
Centeno	Don Ewald INTA	3148	3340	4080	192	932
Centeno	Don Norberto INTA	3261	3368	3691	107	430
Avena	Elizabet INTA	2971	3602	4223	632	1253
Avena	Florencia INTA	1823	2363	3090	541	1267
Avena	Julieta INTA	2.177	2.545	3.574	368	1.398

Efecto de la fertilización en el costo unitario de la producción forrajera

La Figura 1 muestra la evolución de los precios corrientes disponibles y trimestrales, de urea granulada para un período de 10 años (2011-2021). Corresponde a urea puesta en galpón de proveedor de agro insumos en el departamento Capital (La Pampa). Todos los precios mencionados en este trabajo serán expresados en dólares estadounidenses y al tipo de cambio oficial (esta conversión no tuvo en cuenta el ajuste inflacionario de la moneda norteamericana).

El valor promedio de 0,51 US\$.kg⁻¹ permite visualizar 3 periodos o etapas divididas de la siguiente manera:

- Período 1 (P1): por encima del promedio, entre los años 2011 a 2014 donde el insumo se ubicaría en la franja de 0,6-0,8 US\$.kg⁻¹.
- Período 2 (P2): por debajo del promedio: entre los años 2015 a 2020 donde el fertilizante cotizó entre los 0,35 a 0,45 US\$.kg⁻¹.
- Período 3 (P3): valores extremos por coyuntura internacional: a partir de marzo de 2021, donde la urea alcanzó picos de 1,2 US\$.kg⁻¹.

Para corroborar esta tendencia, se analizó la relación insumo-producto entre la cotización de la urea vs el kg de vivo de la categoría novillo consumo (430-460 kg). En la figura 2 se observa en P2 un mayor valor relativo de la carne vacuna respecto a un menor valor promedio de la urea.

En el P3 se detecta el efecto del incremento extraordinario en el precio de la urea, iniciado durante el primer semestre de 2021.

La Tabla 3 muestra la comparación de los precios unitarios de servicios e insumos entre los periodos analizados. El objetivo fue verificar el comportamiento de la urea en relación con los demás ítems y el impacto de estas variaciones en el costo final de implantación. Si bien se observa que entre el P1 y P2 la mayor disminución del precio corresponde a la urea (40 %), el resto de los precios acompañan esta reducción en menor magnitud. En promedio, se confirma la disminución del costo total promedio en el P2. Igual efecto, aunque con signo contrario, se observa entre P2 y P3 donde se detecta el pico de aumento de la urea, que en promedio ascendió a un 113 %. Igualmente, otros insumos como el glifosato acompañaron este incremento (125 %) y en promedio confirma el aumento en el costo total de implantación de verdes en P3.

En base al planteo técnico y la estructura de costos ya definidos, se calcularon los costos de implantación de cada verdeo para los tres periodos (Tabla 4). Las variaciones fueron: densidad de siembra (según la especie), dosis y aplicación de urea según los tratamientos del ensayo.

El costo.ha⁻¹ de implantación del tratamiento testigo que no está influenciado por la práctica de la fertilización, no supera los 150 US\$.ha⁻¹ para las cuatro especies. En base a lo explicado

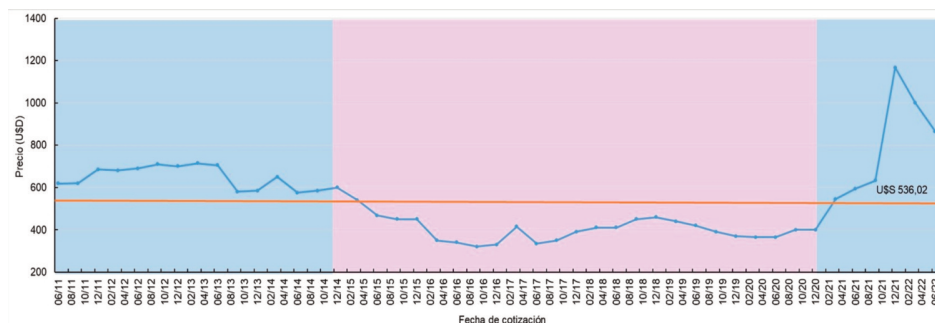


Figura 1. Evolución del precio de la urea en el mercado local (US\$. kg⁻¹). Elaboración propia en base a Iglesias et al. (2018).

Figure 1. Evolution of the price of urea in the local market (US\$.kg⁻¹). Own elaboration based on Iglesias et al. (2018).

Tabla 3. Variación del esquema de precios entre periodos (US\$).
Table 3. Variation of the price scheme between periods (US\$).

	P1	P2	P3	Variación	
	2011-2014	2015-2020	2021-2022	P1 /P2	P2 / P3
UTA	39.41	28.41	33.87	-28 %	19 %
Semilla	0.4	0.37	0.56	-8 %	51 %
Herbicida BQ: Glifosato (l.ha ⁻¹)	5.89	4.04	9.07	-31 %	125 %
Herbicida BQ: 2,4 D (l.ha ⁻¹)	8.23	5.78	6.47	-30 %	12 %
Herbicida Dicamba (l.ha ⁻¹)	16.13	11.59	10.18	-28 %	-12 %
Insecticida post: Dimetoato (l.ha ⁻¹)	5.84	6.53	8.8	12 %	35 %
Urea	0.65	0.39	0.83	-40 %	113 %
Fosfato Diamónico	0.59	0.5	0.99	-15%	98%
Precio kg novillo	3.12	4.33	2.66	39%	39%

en la tabla 3, en el P2 los costos totales se reducen entre un 24 a 27 %, excepto en avena que lo hace en un 14 %. Como es esperable, en P3 se incrementan un 34 % en cebada, centeno y triticale, llevándolos a la franja de 160 a 180 US\$.ha⁻¹. Para los cultivares de avena el incremento fue del 24 %.

Este patrón se repite en ambos tratamientos con aplicación de urea. Entre P1 y P2 se produce una reducción del costo del 31 al 40 %, en todos los casos, excepto en avena cuya reducción alcanza el 10 %. El incremento en P3 es del 37 al 40 %, excepto avena donde el valor se incrementa un 24 %. Para el tratamiento con 120 kg de urea.ha⁻¹, los costos se ubican en la franja de 270 a 290 US\$.ha⁻¹.

El primer indicador a obtener consiste en dividir los costos anteriormente calculados para

cada tratamiento con la productividad total de biomasa, resultando en el costo (US\$).kg MS⁻¹.

La Tabla 5 muestra la relación porcentual de incremento o reducción, entre el costo unitario de la situación testigo vs este mismo resultado alcanzado con el máximo nivel de fertilización (120 kg.ha⁻¹). Esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Variación \% del costo} = (\text{CU120} - \text{CUT}) / \text{CU120}$$

Donde: CU= Costo Unitario

Los valores positivos indican incrementos del costo unitario del kg de forraje producido por efecto de la fertilización, mientras que aquellos negativos o cercanos a 0, expresan una reducción o cierta neutralidad de este indicador.

Cebada: en promedio la variedad de cebada Ainara incrementa el costo en un 22,4 %, basado en una respuesta de 303 kg MS.ha⁻¹. El cultivar Huilen redujo en promedio un 73,9 % justificado en una respuesta de 2372 kg MS.ha⁻¹.

Centeno: el CU se incrementa en promedio en un 20 % para el cultivar Don Ewald y en un 30 % para Don Norberto. Cabe aclarar que en P2 estos incrementos se reducen 5 puntos respectivamente, en concordancia con un menor precio promedio de la urea para este período

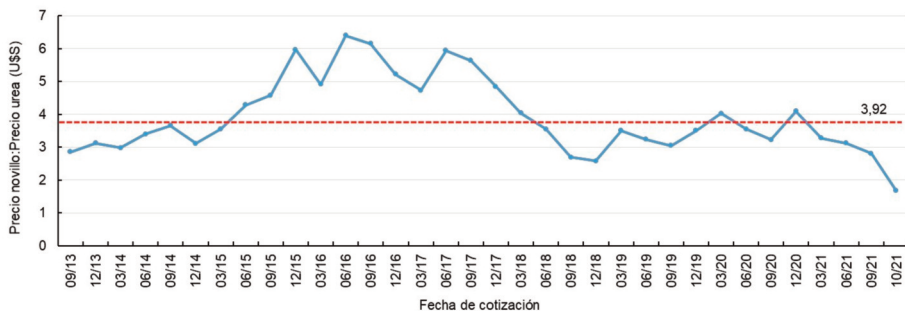


Figura 2. Relación precio de kg vivo de novillo (430-460) y precio de la urea. Fuente: Elaboración propia en base a Mercado Agroganadero (MAG). Promedio mensual del novillo de 430-460 kg de peso vivo

Figure 2. Price ratio per live kg of steer (430-460) and price of urea. Source: Own elaboration based on Mercado Agroganadero (MAG). Monthly average of the steer of 430-460 kg of live weight.

Tabla 4. Costo de implantación (US\$.ha⁻¹) por periodos, por especie y nivel de fertilización.

Table 4. Planting cost (US\$.ha⁻¹) by periods, by species and fertilization level.

Especies	Periodos	Kg de Urea.ha ⁻¹		
		0	60	120
Avena	P1	144	197	236
	P2	126	147	215
	P3	172	158	283
	P1	162	215	254
Cebada	P2	131	164	187
	P3	197	259	297
	P1	136	189	228
Centeno	P2	107	140	163
	P3	161	223	272
	P1	150	203	242
Triticale	P2	120	153	176
	P3	181	242	292

(0,39 US\$.kg⁻¹) y el consiguiente impacto en el costo de implantación.

Triticale: el costo para el cultivar Don Santiago es similar a lo ocurrido en centeno (23%). Los niveles porcentuales de incremento en los CU están vinculados a una productividad inicial de los testigos entre 2.500 a 3.100 kg MS.ha⁻¹ y respuestas a la fertilización que no alcanza los 1000 kg MS.ha⁻¹. Una situación extrema ocurrió con el cultivar Ona, que mostró la mayor respuesta en productividad con 4.284 kg MS.ha⁻¹ y condujo en una reducción del CU de casi 200 %.

Tabla 5. Impacto de la fertilización en el CU del forraje en cada período (%).
Table 5. Fertilization impact on the UC of forage in each period (%).

Especies	Cultivares	P1	P2	P3	Promedio
Cebada	Ainara	29,20%	18,66%	22,59%	23,48%
Cebada	Huilen INTA	-66,00%	-82,28%	-73,47%	-73,92%
Centeno	Don Ewald INTA	22,85%	15,13%	23,31%	20,43%
Centeno	Don Norberto INTA	32,63%	25,89%	33,03%	30,52%
Triticale	Don Santiago INTA	25,47%	18,07%	25,43%	22,99%
Triticale	Ona INTA	-173,11%	-245,76%	-173,27%	-197,38%
Avena	Elizabet INTA	13,42%	16,42%	13,59%	14,48%
Avena	Florencia INTA	-3,23%	0,35%	-3,03%	-1,97%
Avena	Julieta INTA	0,00%	3,47%	0,20%	1,22%

Avena: el cultivar Elizabet incrementó su CU en un 14,5 %, mientras que los cultivares Florencia y Julieta muestran una variación porcentual cercana a 0, por lo que podría considerarse neutral el efecto de la fertilización en el CU del forraje.

A partir de la conversión mencionada en materiales y métodos, la respuesta obtenida en la producción de forraje por efecto de la fertilización se transformó en kg de carne como ingreso adicional y su equivalente en US\$.

En la Tabla 6 se observa la ganancia neta, para todas las combinaciones de cultivares y dosis de fertilización.

En concordancia con las variaciones en los CU estimados en la tabla 5, la cebada Ainara y los dos cultivares de centeno presentaron resultados negativos, exceptuando el máximo nivel de fertilización en el P2 donde los costos de implantación fueron relativamente menores.

En el caso de la avena Elizabet, los resultados son positivos para ambos niveles de fertilización, aun cuando el CU se ve incrementado en un 14 % en promedio (Tabla 5). Se observan contribuciones máximas de 292 US\$.ha⁻¹ para 120 kg de urea por hectárea.

El triticale Don Santiago parte de un CU aumentado (en promedio 23 %), lo que condiciona el ingreso adicional de carne y reduce los márgenes del resultado neto. Por consiguiente, el incremento de precios en P3 induce el quebranto con altas dosis de fertilizante.

En el caso del triticale Ona, en general muestra los mejores resultados, pero es importante resaltar que, dado un alto potencial de respuesta a la fertilización, el hecho de duplicar la dosis utilizada, permite triplicar la contribución neta (381 vs 1238 US\$) para P2 donde el esquema de precios relativos es más conveniente.

Decisión de fertilización con criterio económico

El primer paso de este análisis consiste en calcular la

Tabla 6. Contribución neta por material, período y dosis de urea. Expresado en U\$S.ha⁻¹.**Table 6.** Net contribution by material, period and dose of urea. Expressed in U\$S.ha⁻¹.

Especie	Contribución	Cultivar	P1	P2	P3
Avena	Contribución Neta por hectárea (60)	Elizabet INTA	85	139	64
		Florencia INTA	97	143	80
		Julieta INTA	95	126	83
	Contribución Neta por hectárea (120)	Elizabet INTA	181	292	122
		Florencia INTA	184	296	124
		Julieta INTA	212	336	149
Cebada	Contribución Neta por hectárea 0 a 60	Ainara	-24	7	-37
		Huilén INTA	162	266	122
	Contribución Neta por hectárea 0 a 120	Ainara	-26	36	-43
Centeno	Contribución Neta por hectárea 0 a 60	Don Ewald INTA	-11	25	-26
		Don Norberto INTA	-30	-1	-42
	Contribución Neta por hectárea 0 a 120	Don Ewald INTA	111	227	62
		Don Norberto INTA	1	74	-31
Triticale	Contribución Neta por hectárea 0 a 60	Don Santiago INTA	62	127	37
		ONA INTA	244	381	192
	Contribución Neta por hectárea 0 a 120	Don Santiago INTA	24	106	-12
		ONA INTA	837	1.238	682

RIP entre el costo del kg de urea y la cotización del kg de carne (precio del kg vivo del novillo de consumo del MAG). El promedio de este indicador para los tres períodos considerados se muestra en la siguiente tabla:

En segundo lugar, el indicador EAGR expresa los kg de carne obtenidos como respuesta a la fertilización en relación con las dosis de fertilizante utilizado (60 y 120 kg de urea.ha⁻¹). La tabla 8 muestra el resultado de este indicador para todos los cultivares y sus combinaciones con las dosis de fertilizante.

En las Figuras 3a, b y c se muestra la relación EAGR vs RIP en función de la producción de carne adicional

Para una RIP de 0,32 en P1 (tanto para dosis 60 como para 120) el 27 % de las variedades resultaron con una EAGR menor

Tabla 7. Relación insumo producto promedio por período.**Table 7.** Average input output relationship per period.

Relación Insumo/Producto	
P1	0.32
P2	0.24
P3	0.35

al valor de la RIP, determinando que con esos valores no resultaría económicamente viable fertilizar. Estos resultados están en concordancia con ganancias netas negativas en producción de carne (tabla 6) y altos CU (tabla 5). En el caso específico del centeno Don Ewald se observa que para una dosis de 120 kg de urea sería conveniente fertilizar (EAGR igual a 0,54). Este resultado se explica en que la ganancia neta por producción de carne es de 110

Tabla 8. EAGR según dosis de fertilización y producción de carne adicional.**Table 8.** AGRE according to fertilization dose and additional meat production.

Especies	Cultivares	Comparación dosis (kg.ha ⁻¹)	Kg carne adicional	EAGR
Cebada	Ainara	0 a 120	21.23	0.18
Cebada	Huilén INTA	0 a 120	166	1.38
Cebada	Ainara	0 a 60	9.23	0.15
Cebada	Huilén INTA	0 a 60	68.93	1.15
Centeno	Don Ewald INTA	0 a 120	65.23	0.54
Centeno	Don Norberto INTA	0 a 120	30.08	0.25
Centeno	Don Ewald INTA	0 a 60	13.45	0.22
Centeno	Don Norberto INTA	0 a 60	7.47	0.12
Triticale	Don Santiago INTA	0 a 120	37.44	0.31
Triticale	Ona INTA	0 a 120	298.49	2.49
Triticale	Don Santiago INTA	0 a 60	36.9	0.62
Triticale	Ona INTA	0 a 60	95.52	1.59
Avena	Elizabet INTA	0 a 120	87.69	0.73
Avena	Florencia INTA	0 a 120	88.7	0.74
Avena	Julieta INTA	0 a 120	97.83	0.82
Avena	Elizabet INTA	0 a 60	44.22	0.74
Avena	Florencia INTA	0 a 60	37.84	0.63
Avena	Julieta INTA	0 a 60	25.75	0.42

US\$. Para este período, la fertilización resultaría económicamente viable por encima de los 40 kg de producción de carne adicionales.

Para una EAGR/RIP promedio de 0.24 en P2, el 22 % de los casos resulto inferior a este valor. En comparación con la figura anterior se suman a los materiales económicamente factibles de fertilizar, ambos cultivares de centeno con una dosis de 120 kg de urea.ha⁻¹. Esto se debe a precios relativos favorables en P2, pese a tener aumentos en los CU y ganancias netas negativas en nivel de fertilización de 60 kg de urea.ha⁻¹. En este escenario, el umbral de producción de carne debe ser superior a los 30 kg.ha⁻¹ adicionales.

La Figura 3c muestra la mayor RIP (0,35), correspondiente al P3. Este mayor umbral deja afuera de la posibilidad de fertilizar con criterio económico el 30 % de los materiales. Respecto a P2, ahora quedaría excluido el triticale Don Santiago y en el caso del centeno Don Norberto, quedaría nuevamente excluido como sucedió en P1. En las condiciones de este periodo la producción de carne adicional debería superar los 40 kg.

En todos los casos, para el nivel de fertilización de 60 kg de urea por hectárea, la producción de carne adicional debería ubicarse aproximadamente en los 18 kg.ha⁻¹ para que la práctica sea económicamente viable.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En general, la mayor productividad forrajera se observa con el mayor nivel de fertilización (120 kg de urea.ha⁻¹) y respuestas por encima de los 1500 kg de MS.ha⁻¹. Esto condiciona el análisis económico posterior. Considerando la máxima dosis de fertilización (120 kg de urea.ha⁻¹) los CU se incrementan en más de un 20 % cuando el punto de partida en los testigos es superior a los 1800 kg MS.ha⁻¹ y con respuestas a la fertilización nitrogenada inferior a los 1000 kg MS.ha⁻¹. Esto ocurrió con la cebada Aimara, los cultivares de centeno Don Ewald y Don Norberto y el triticale Don Santiago. Para las avenas Florencia y Julieta; la cebada Huilen y el triticale ONA, este nivel de fertilización redujo o resultó neutro el CU del forraje producido. En el caso de la avena Elizabet,

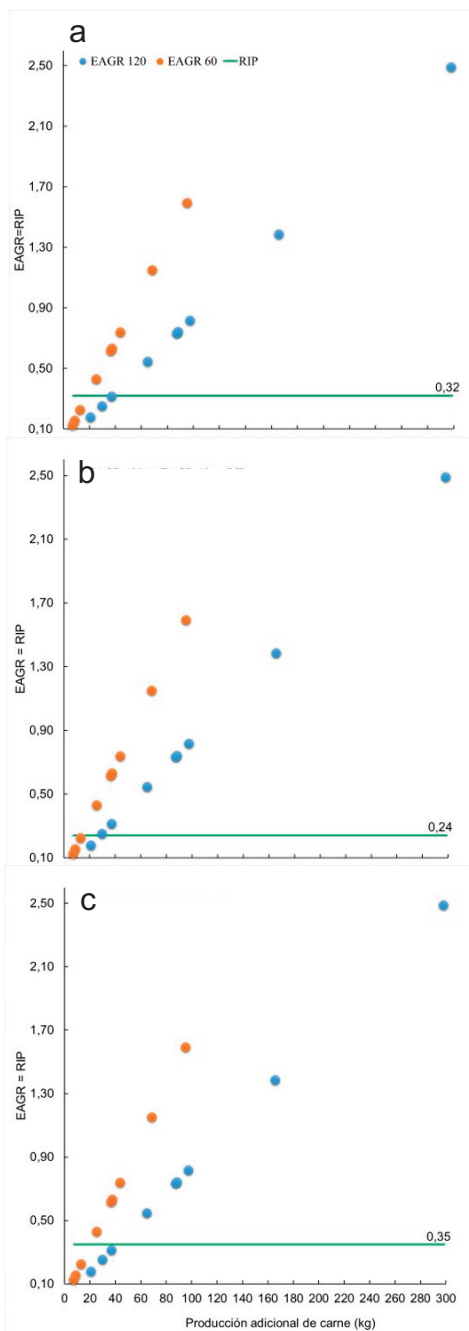


Figura 3. EAGR=RIP, en función de la producción de carne adicional para P1 (a), P2 (b) y P3 (c)

Figure 3. AGRE=IPR based on additional meat production for P1 (a), P2 (b) and P3.(c)

con una producción testigo de casi 3000 kg.ha⁻¹ y una respuesta relativamente elevada (1253 kg MS.ha⁻¹), el CU se eleva en un 14,5 %.

Para localidades del centro-sur de La Pampa, Romero y Ruiz (2011) informaron producciones forrajeras bajas con relación a deficiencias de fertilidad en los suelos de 1600 kg de MS por ha, y una consecuente respuesta a la fertilización del orden de los 4000 kg de MS por ha, lo que coincide con los datos correspondientes al tratamiento testigo.

Aun cuando el CU de estos tres materiales aumenta por efecto de la fertilización, cuando se analiza el ingreso neto por mayor producción de carne, el resultado fue positivo especialmente en P2 donde se presentaron relaciones de precios más favorables. Esto se observa en ambos niveles de fertilización. El cultivar Don Santiago mantiene el mismo patrón de comportamiento respecto de P2, con resultados positivos también en los otros periodos, debido a que hay una mayor respuesta en la producción de carne. Aun así, el incremento de precios de la urea en P3, con altas dosis de fertilizante, indujo el quebranto en este resultado.

Los precios relativos de insumos y su efecto en los costos de implantación de los VI influyen en el CU del forraje producido, como también en las ganancias netas obtenidas, expresadas en valor carne. Si en la evolución de precios de la urea se excluyeran las cotizaciones extremas dadas por coyunturas del mercado internacional, la serie mostraría un modelo de comportamiento con diferentes periodos a los considerados en este trabajo. De igual modo, cabría la posibilidad de analizar específicamente aquellos escenarios de precios extremos que ponen en evidencia la volatilidad de este insumo.

En situaciones donde la fertilidad de los suelos condiciona la productividad del forraje, la respuesta a la fertilización nitrogenada que muestra este tipo de gramíneas, plantea la conveniencia económica de llevar adelante esta práctica. Cuando la productividad inicial es favorable y menor la respuesta a la fertilización, la viabilidad económica queda sujeta a la influencia del precio de estos insumos en los costos totales y de la RIP.

A la hora de tomar decisiones sobre la gestión de este recurso forrajero es importante considerar

el monitoreo y las relaciones insumo-producto como también el diagnóstico de la fertilidad del suelo. En un 70 a 80 % de los casos la EAGR es superior a la RIP, por lo que la fertilización es factible económicamente.

La evaluación económica apropiada de la fertilización de los VI requiere el uso de herramientas de análisis como las aquí presentadas o similares que permitan relacionar el costo de la práctica y los resultados obtenidos expresados también en una magnitud monetaria adecuada.

Los resultados obtenidos con esta u otras herramientas están supeditados a las condiciones ambientales y a la mayor o menor volatilidad en los precios de los insumos y pueden ser afectados por la presencia de interacción fertilizante por especie o fertilizante por variedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez, R. (Coord). (2007). *Fertilización de Cultivos de Granos y Pasturas. Diagnósticos y recomendaciones en la Región Pampeana*. Ed. Facultad de Agronomía, UBA.
- Arelovich, H. M., Bravo, R. D. y Martínez, M. F. (2011). Development, characteristics, and trends for beef cattle production in Argentina. *Animal Frontiers*, 1(2), 37-45.
- Bono, A. y Alvarez, R. (2006). Rendimiento de trigo y respuesta a la fertilización en la región semiárida y subhúmeda pampeana. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta, 2006.
- Cecconi, I. y Méndez, D. (2018). Invernada, claves para una recría eficiente. Sitio argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/205-invernada_claves_recria.pdf
- Dellacasa D., T. F. (2023). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y proteína bruta en cereales de invierno en la región semiárida pampeana. (Tesina de ingeniero agrónomo), Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, UCA. CABA, Argentina.
- Dirección General de Estadísticas y Censos La Pampa: Repagro (2021). <https://repagro.lapampa.gob.ar/scripts/cgiip.exe/WService=REPAGRO/Logi n.htm>
- Fernández Mayer, A. (2014). Como duplicar las ganancias de peso con los verdeos de invierno y bajas proporciones de granos o sin ellos. Nota técnica. https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/100duplicar_ganancias.pdf

Hernández, M. L., Fontana, L. M. C., Lorda, H. O., Porta Siota, F. y Babinec, F. J.

- Fontana, L. M. C. (2021). Alerta urea, recomiendan poner el foco en la alfalfa. <https://www.valorcarne.com.ar/alerta-urea-recomiendan-poner-el-foco-en-la-alfalfa/>
- Iglesias, D., Lorda, H., Torrado Porto, R. y Fernández, D. (2018). Márgenes brutos de los principales productos agropecuarios de la provincia de La Pampa. Boletín digital económico, EEA Anguil, INTA. <http://inta.gob.ar/documentos/margenes-brutos-de-los-principales-productos-agropecuarios-de-la-provincia-de-la-pampa>
- Kent, F. (2019). Verdeos de Invierno. En F. Kent (Ed.) *Forrajes cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa*, (pp. 57-64). Ediciones INTA Anguil, La Pampa, Argentina.
- Márgenes Agropecuarios. 2011-2022. Reseñas Estadísticas. <https://www.margenes.com/archives/revista/resena-estadistica>.
- Marinissen, J. (2019). Verdeos de invierno: Cómo emplearlos en forma eficiente. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta.ascasubi_3deg_progr_ama_de_radio_21_06_2019.pdf 7 pag.
- Marino, A. (2023). Nutrición eficiente de-pasturas para una producción ganadera sustentable . Simposio fertilidad 2023, Rosario, Argentina. https://fertilizar.org.ar/wpcontent/uploads/2023/06/17_Nutricion-eficiente-de-pasturas-para-una-produccion-ganadera-sustentable.pdf
- Mercado Agroganadero de Cañuelas (Bs. As.). <https://www.mercadoagroganadero.com.ar/dll/acerca-de-mercado.html>
- Moreyra, F., Gimenez, F., Lopez, J. R., Tranier, E., Real Ortellado, M., Krüger, H., Mayo, A. y Labarthe, F. (2014). *Verdeos de invierno: Utilización de verdeos de invierno en planteos ganaderos del sudoeste bonaerense*. INTA Ediciones, Bordenave, Buenos Aires.
- Pordomingo, E.; Paturianne, E. & Márquez, M. 2019. Control de gestión en sistemas pastoriles de producción de carne bovina en la pampa semiárida. *Revista Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas*, 9(2), 125-144.
- Romero, N. y Ruiz M. A. (2011). Verdeos de Invierno: perfiles nutricionales. Publicación Técnica N° 85. EEA Anguil, INTA.