

BIOMASA Y PROTEÍNA DE CEREALES DE INVIERNO PUROS Y COMBINADOS CON VICIA

Biomass and protein of pure winter cereals and combined with vicia

Spara^{12*} AF, Barneto¹ SJ, Duffau¹ ML, Bersachia¹ DA

¹ Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA),

Facultad de Agronomía, CIISAS, Azul, Buenos Aires

² Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján

*E-mail de contacto: ferspara@faa.unicen.edu.ar

RESUMEN

Los silajes de cereales de invierno son muy populares en los sistemas ganaderos intensivos. La incorporación de una leguminosa al cereal de invierno que se destine a silaje puede mejorar la producción de biomasa, la estabilidad interanual y el contenido de proteína. El objetivo del trabajo fue estimar las producciones de forraje total y por componentes de diferentes especies de gramíneas anuales de invierno puras y combinadas con vicia con destino a ensilaje en dos años. Durante 2015 y 2016 se evaluaron avena cv Soberana, cebada cv Huilen INTA, trigo cv Lyon y *Vicia sativa* en Luján. Los tratamientos fueron siete: Trigo + Vicia, Trigo puro, Cebada + Vicia, Cebada pura, Avena + Vicia, Avena pura y Vicia pura. El diseño fue en BCA con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas divididas. La parcela principal fue el Año y la subparcela el Tratamiento. Las plantas se cortaron cuando el cereal de invierno se encontraba en estado de grano lechoso-pastoso. Se evaluó la producción de biomasa y el índice de rendimiento relativo al monocultivo (RRM). Además, se calculó la eficiencia del uso de las precipitaciones (EUP). También, se determinó la concentración de proteína bruta (PB%) en los tratamientos para 2015. En la producción de biomasa y en el RRM hubo interacción significativa entre Año x Tratamiento. El tratamiento de mayor producción fue Cebada+Vicia2016, presentando diferencias significativas con Cebada+Vicia2015. El agregado de la leguminosa al cereal de invierno incrementó la concentración de proteína, respecto a los monocultivos de gramíneas para todas las mezclas. Los cultivos puros de Cebada y la mezcla Avena+Vicia fueron los más estables en producción de biomasa en el tiempo y con alta producción. Además, el agregado de vicia a los cereales de invierno favorece el aumento el contenido proteico de la mezcla, mejorando la calidad nutricional del forraje.

Palabras clave. avena, cebada, trigo, *Vicia sativa*, silajes, calidad forrajera.

Abstract

Winter cereal silages are very popular in intensive livestock systems. The incorporation of a legume into winter cereals intended for silage can improve biomass production, interannual stability, and protein content. The work aimed to estimate the total forage production by components of different species of winter annual grasses, pure and combined with *Vicia*, for silage in two years. During 2015 and 2016, oats cv Soberana, barley cv Huilen INTA, wheat cv Lyon, and *Vicia sativa* were evaluated in Luján. There were seven treatments: Wheat + Vicia, Pure Wheat, Barley + Vicia, Pure Barley, Oats + Vicia, Pure Oats, and Pure Vicia. The design was in BCA with three replications, with a split-plot arrangement. The main plot was the Year and the subplot was the Treatment. The plants were cut when the winter cereal was in the milky-pasty grain stage. Biomass production and the relative yield index to monoculture (RRM) were evaluated. In addition, rainfall use efficiency (PUE) was calculated. Also, crude protein concentration (CP%) was determined in the treatments for 2015. In biomass production and RRM there were a significant interaction between Year x Treatment. The treatment with the highest production was Barley+Vicia2016, presenting significant differences with Barley+Vicia2015. The addition of the legume to the winter cereal increased the protein concentration, compared to the grass monocultures for all mixtures. The pure Barley crops and the Oats+Vicia mixture were the most stable in biomass production over time and with high production. Furthermore, the addition of *Vicia* to winter cereals helps to increase the protein content of the mixture, improving the nutritional quality of the forage.

Key words. oats, barley, wheat, *Vicia sativa*, silage, forage quality.

Recibido: abril 2024

Aceptado: julio 2024

Introducción

En los sistemas ganaderos intensivos, las especies otoño-invierno-primaverales anuales que se utilizan como verdeos de invierno son cereales (como avena blanca y amarilla, centeno, cebada, triticale y trigo) y el raigrás anual, tanto para pastoreo directo como para la confección de reservas (Spara y Vernengo 2023). El uso de silajes de planta entera es una herramienta estratégica en momentos de déficit forrajero o donde se quiere mantener la producción estable a un costo razonable (Spara et al. 2023). Estos silajes tienen la ventaja de tener excelente aptitud agroecológica, otorgar estabilidad a la oferta en la cadena forrajera, liberar temprano el lote para la siembra de cultivos de verano y sembrar más tardíamente que los lotes destinados a pastoreo (Moreyra et al. 2014; Spara et al. 2015; Spara y Vernengo 2023; Spara et al. 2023). Pero, desde el punto nutricional, proporcionan un bajo aporte de proteína y energía metabolizable (Jacobs y Ward 2012).

La incorporación de una leguminosa al cereal de invierno que se destine a silaje puede mejorar la producción de biomasa, la estabilidad interanual y el contenido de proteína (Dhima et al. 2007; Sadeghpour et al. 2013). Por lo tanto, es importante evaluar su complementariedad a través del índice de rendimiento relativo al monocultivo (RRM) (Arzadun y Piersanti 1989). Además, esta asociación otorga beneficios en el control de malezas, la utilización de los recursos, la sustentabilidad del sistema, aumentaría el contenido de nitrógeno y carbono orgánico en el suelo y reduciría los daños por plagas (Dhima et al. 2007; Dordas y Lithourgidis 2011; Chapagain y Riseman 2014).

En la región de secano de la Argentina, el agua es uno de los factores que limita la producción de los cultivos (Golik et al. 2022). El impacto está en función de la falta de precipitación (estrés hídrico), su distribución, la captación, almacenaje y/o pérdidas (escurrimiento y evaporación). Por lo tanto, es importante contar con especies o mezclas que presenten una buena eficiencia del uso del agua para mejorar la economía del agua.

En el norte de la provincia de Buenos Aires es escasa la información sobre la producción de biomasa de mezclas de cereales de invierno con vicia para ensilar y su eficiencia de producción ante variabilidades climáticas. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue estimar las producciones de forraje total y por especie en cereales de invierno puros y combinados con vicia con destino a silaje de planta entera durante dos años.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio y diseño experimental

Se evaluaron durante dos años consecutivos (2015 y 2016) *Avena sativa* L. (avena cv Soberana), *Hordeum vulgare* L. (cebada cv Huilen INTA), *Triticum aestivum* L. (trigo cv Lyon) y *Vicia sativa* L. (vicia) en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Luján (Argentina). Ambos años presentaron un total de precipitación y su distribución muy diferentes. Para el 2015, las precipitaciones estuvieron por encima (111 mm) de la media histórica para la zona (Figura 1). Mientras que, en 2016, el acumulado entre mayo y noviembre fue 445 mm, 63 mm por debajo de la media histórica (Figura 1). A pesar que las lluvias fueron escasas durante la siembra en ambos años, la implantación de los ensayos fue adecuada. Esto se debe a que el contenido de agua en el perfil en el momento de la siembra fue de 103 mm y 86 mm para 2015 y 2016, respectivamente. El mismo se determinó a partir de la lámina

de agua (mm), relacionando humedad gravimétrica (Hg), humedad volumétrica (Hv) y densidad aparente (δ_{ap}). Para ello, se extrajo una muestra de suelo (profundidad de muestreo 0 a 100 mm) con un sacamuestras de cilindros marca Meridiens modelo E 100 que posee cilindros de volumen conocido (100 cm³). Se pesó la muestra en húmedo y se puso a secar en una estufa con corriente de aire forzado regulada a 105°C hasta alcanzar peso constante; estimándose la correspondiente humedad gravimétrica por diferencia de peso. Durante 2015, las temperaturas medias mensuales fueron superiores a la media histórica, excepto en los meses de septiembre y octubre. Mientras que, en 2016, las temperaturas medias mensuales fueron inferiores a la media histórica (Figura 1).

El ensayo se condujo sobre un suelo Argiudol típico, con una profundidad del horizonte A de 36 cm. En 2015, se sembró el 22 de mayo mientras que en 2016 el 20 de mayo. Se fertilizó con 120 kg/ha de SPT a la siembra y con 100 kg/ha de Urea en macollaje en ambos años. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas divididas. La parcela principal fue el Año y la subparcela el Tratamiento. Los tratamientos fueron siete: Trigo + Vicia, Trigo puro, Cebada + Vicia, Cebada pura, Avena + Vicia, Avena pura y Vicia pura. Las densidades de siembra fueron P100 kg/ha para avena y cebada, 90 kg/ha para trigo y 20 kg/ha para vicia, en estado puro. Mientras que en mezcla, fueron 70 kg/ha para avena y cebada, 60 kg/ha⁻¹ para trigo y 12 kg/ha⁻¹ para vicia. La siembra se realizó manualmente con una sembradora hortícola.

Producción de biomasa y calidad proteica

La cosecha de cada tratamiento se efectuó cuando el cereal de invierno alcanzó la etapa fenológica de grano lechoso-pastoso (Z: 7.5-8.5) (Zadoks et al. 1974), siendo entre fines de octubre y mediados de noviembre. Se evaluó la producción de biomasa de cada material, expresándose en t MS/ha. El material cortado se recolectó y pesó en fresco. En cada parcela, se cosechó 1 m² del centro. Se tomó una muestra (aproximadamente de 250 g) de cada parcela para determinar contenido de materia seca, que se llevó a estufa a 60°C hasta peso constante. Además, otra muestra (aproximadamente de 1 kg) fue tomada para separar las especies y calcular la complementariedad de mezcla de cereales de invierno y vicia a través del índice de rendimiento relativo al monocultivo (RRM) (Arzadun y Piersanti 1989), utilizando las producciones de cada especie (sp) en estado puro y su aporte a la mezcla binaria (RRM= sp A en mezcla/sp A pura + sp B en mezcla/sp B pura).

En función de la precipitación registrada durante el ciclo en cada año y la producción de biomasa de los diferentes tratamientos, se calculó la eficiencia del uso de las precipitaciones (EUP: kg MS/mm).

Se determinó la concentración de Proteína Bruta (PB%) en los tratamientos del año 2015 a través de la concentración de nitrógeno (N) en la totalidad de la planta, extraído por el método de Kjeldhal y multiplicado por el factor 6,25. Para tal determinación se utilizó un equipo TECATOR. Los mismos fueron realizados en el laboratorio de Calidad de Forrajes de la Universidad Nacional de Luján. De cada parcela, se tomó una muestra de aproximadamente 250g de materia verde, se secó hasta peso constante y se picó para sacar 3 submuestras para evaluar N. A partir del PB% y la producción de biomasa, se calculó la producción de PB por hectárea.

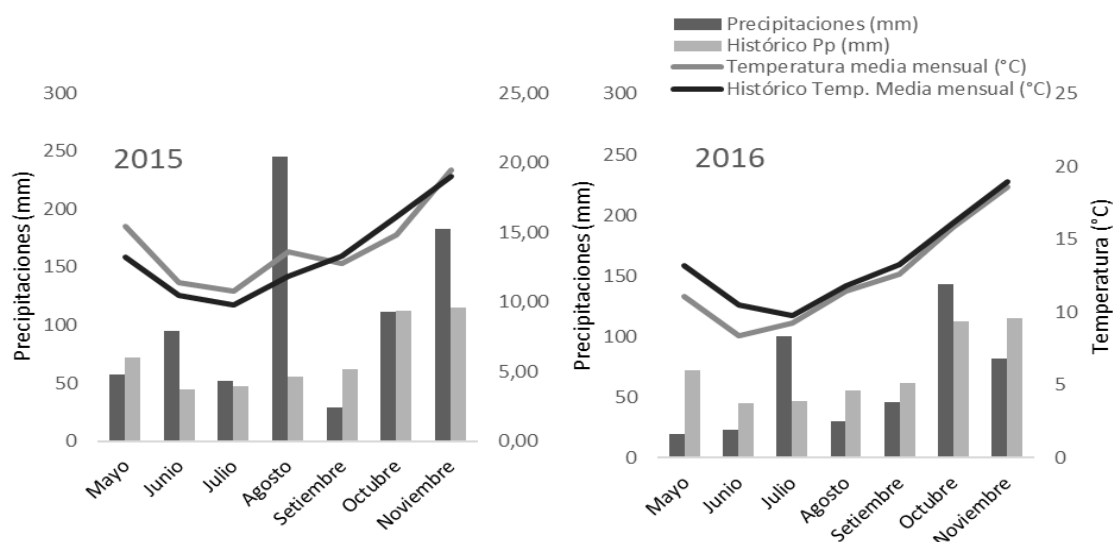


Figura 1. Distribución de las precipitaciones y evolución de la temperatura media mensual para los años 2015, 2016 y la serie histórica (1986-2013) para Luján. Fuente: Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Luján, Argentina.

Figure 1. Distribution of precipitations and evolution of average monthly temperature for the years 2015, 2016 and the historical series (1986-2013) for Luján. Source: Meteorological Station of the National University of Luján, Argentina.

Análisis estadístico

El tratamiento estadístico consistió en la realización de un ANVA para un diseño de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas divididas (Factores: año x tratamiento), para las variables producción de biomasa, RRM y EUP. Mientras que para la variable PB% (Factor: tratamiento), el diseño fue bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Cuando correspondió, se realizó una comparación de valores medios (Tukey $P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron mediante el software Infostat.

Resultados

Producción de biomasa e índice de rendimiento relativo

En la producción de biomasa y en la complementariedad hubo interacción significativa Año x Tratamiento ($P = 0.0066$ y $P = 0.0060$, respectivamente) (Tabla 1), lo que estaría sugiriendo que las variables tuvieron respuestas diferentes frente a la combinación de tratamientos. Esto muestra que la producción, y por lo tanto el RRM, tuvieron respuestas diferentes en ambos años. El tratamiento de mayor producción fue Cebada+Viciax2016, presentando diferencias significativas con Cebada+Viciax2015. La producción de biomasa de la cebada pura fue muy pareja en los dos años. Cuando se compara la producción pura y en mezcla con vicia de cada cereal de invierno, no se encontraron diferencias significativas (Tabla 1). Sólo

Trigo+Vicia presentó $RRM > 1$ (complementariedad de recursos) en ambos años. La vicia mostró una mejor asociación con el trigo, probablemente esto se deba a la estructura de la planta que presenta este cultivar, que permitió un mayor desarrollo de la vicia. La proporción de vicia fue escasa para los tratamientos Avena+Vicia y Cebada+Vicia, en 2016.

Eficiencia del Uso de las Precipitaciones

En la EUP hubo interacción significativa entre Año x Tratamiento ($P = 0.0002$; Tabla 2), lo que estaría sugiriendo que las EUP tuvieron respuestas diferentes frente a la combinación de los factores Año x Tratamiento. El tratamiento que tuvo la menor EUP fue vicia pura; y se observaron las mayores EUP durante el 2016 (Tabla 2).

Concentración de proteína del forraje

El agregado de la leguminosa al cereal de invierno incrementó la concentración de proteína (PB%) para todas las mezclas (Tabla 3), siendo el aumento de 38%, 37,5% y 42,5% para los Tratamientos Trigo+Vicia, Cebada +Vicia y Avena+Vicia, respectivamente. El tratamiento Trigo+Vicia fue aquel que presentó el mayor valor PB%. La producción de proteína bruta expresa por superficie de cultivo no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3).

Tabla 1. Producción de biomasa (t MS.ha⁻¹) de los cultivos puros y en mezcla, aporte de cada componente (%) en la mezcla e índice de rendimiento relativo al monocultivo. Los valores son medias $\pm$ EE de 3 repeticiones.

Table 1. Biomass production (t MS.ha⁻¹) of pure and mixed crops, the contribution of each component (%) in the mixture, and relative yield total index. Values are means $\pm$ SE of 3 repetitions.

Tratamiento	Duración del ciclo (días)	Producción t MS/ha	Aporte porcentual promedio (%) de cada componente en las mezclas		Índice de rendimiento relativo al monocultivo
			Cereal de invierno	Vicia	
2016xCebada + Vicia	161	20,8 $\pm$ 0,9 a	97	3	1,3 $\pm$ 0,2 b
2015xAvena pura	178	18,4 $\pm$ 0,6 ab			
2015xCebada pura	178	17,1 $\pm$ 0,7 ab			
2016xCebada pura	161	17,1 $\pm$ 2,0 ab			
2015xTrigo + Vicia	178	16,4 $\pm$ 4,6 ab	67	33	1,6 $\pm$ 0,5 b
2016xAvena pura	172	16,2 $\pm$ 3,2 ab			
2016xAvena + Vicia	172	15,8 $\pm$ 3,8 ab	96	4	1,1 $\pm$ 0,4 ab
2015xAvena + Vicia	178	15,7 $\pm$ 4,4 ab	81	19	1,0 $\pm$ 0,3 bc
2015xTrigo puro	178	13,2 $\pm$ 1,6 abc			
2015xCebada + Vicia	178	12,2 $\pm$ 1,5 bc	83	17	0,8 $\pm$ 0,0 c
2016xTrigo puro	172	12,0 $\pm$ 0,6 bc			
2016xTrigo + Vicia	172	11,5 $\pm$ 1,4 bc	67	33	2,1 $\pm$ 0,7 a
2015xVicia pura	178	6,2 $\pm$ 1,4 cd			
2016xVicia pura	172	2,7 $\pm$ 0,9 d			

Valores seguidos de igual letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Tabla 2. Eficiencia del uso de las precipitaciones (EUP, kg MS/mm) de cada tratamiento. Los valores son medias $\pm$ EE de 3 repeticiones.

Table 2. Precipitation use efficiency (PUE kg MS.mm⁻¹) of each treatment. Values are means $\pm$ SE of 3 repetitions.

Tratamiento	EUP (kgMS.mm ⁻¹)
2016xVicia pura	7,4 $\pm$ 2,4 a
2015xVicia pura	9,9 $\pm$ 2,3 ab
2015xCebada + Vicia	19,8 $\pm$ 2,6 abc
2015xTrigo puro	21,3 $\pm$ 2,6 abc
2015xAvena + Vicia	25,4 $\pm$ 7,1 bc
2015xTrigo + Vicia	26,5 $\pm$ 8,7 c
2015xCebada pura	27,6 $\pm$ 1,2 cd
2015xAvena pura	29,8 $\pm$ 1,0 cde
2016xTrigo + Vicia	31,2 $\pm$ 3,9 cde
2016xTrigo puro	32,7 $\pm$ 1,6 cde
2016xAvena + Vicia	42,9 $\pm$ 10,2 def
2016xAvena pura	44,2 $\pm$ 8,9 efg
2016xCebada pura	48,7 $\pm$ 5,5 fg
2016xCebada + Vicia	59,2 $\pm$ 2,7 g

Valores seguidos de igual letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Tabla 3. Concentración de proteína bruta (%) y producción de proteína bruta (t PB/ha) para los diferentes tratamientos durante el año 2015. Los valores son medias $\pm$ EE de 3 repeticiones.**Table 3.** Crude protein concentration (%) and crude protein production (t CP/ha) for the different treatments during 2015. Values are means $\pm$ SE of 3 repetitions.

Tratamiento	Proteína Bruta (%)	Producción de Proteína Bruta (t PB/ha)
Trigo + Vicia	13,1 $\pm$ 0,7 b	2,1 $\pm$ 0,6 a
Trigo puro	9,5 $\pm$ 0,5 cd	1,3 $\pm$ 0,2 a
Cebada + Vicia	8,8 $\pm$ 0,2 d	1,1 $\pm$ 0,1 a
Cebada pura	6,4 $\pm$ 0,2 e	1,1 $\pm$ 0,0 a
Avena + Vicia	10,4 $\pm$ 0,5 c	1,6 $\pm$ 0,4 a
Avena pura	7,3 $\pm$ 0,3 e	1,3 $\pm$ 0,0 a
Vicia pura	20,9 $\pm$ 0,8 a	1,3 $\pm$ 0,3 a

Valores seguidos de igual letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí (Tukey $P \leq 0,05$).

Discusión

En los sistemas intensivos de producción, un pilar importante es la realización de reservas forrajeras para aumentar la receptividad ganadera, estabilizar los sistemas, mejora la calidad de la dieta, y aprovechar el excedente de forraje en determinadas épocas. La Argentina, en las últimas décadas, está afectada por cambios climáticos, observándose cambios en el régimen anual de precipitaciones y en las temperaturas máximas y mínimas (Doyle 2019). Estos eventos afectan directamente la producción de los recursos forrajeros. Por lo tanto, es fundamental realizar reservas forrajeras de calidad.

Una alternativa para aumentar la cantidad de biomasa y de proteína en los silajes de cereales de invierno es intersembrar una leguminosa. En función de la bibliografía consultada, el comportamiento de una mezcla de gramínea y leguminosa anual va a depender no solamente de la especie sino también del cultivar. Aguilar-López *et al.* (2013) registraron para las mezclas triticale/vicia y cebada/vicia mayores producciones de biomasa que los cereales sembrados puros, superando 1,35 tMS/ha y 1,1 tMS/ha, respectivamente. Esto coincide con lo reportado por Carr *et al.* (2004), donde los tratamientos de cebada/arveja y avena/arveja produjeron 0,63 tMS/ha y 0,72 tMS/ha, respectivamente, más que los cultivos puros. En tanto, Fernández Lorenzo *et al.* (2007) informaron la misma tendencia para las mezclas con respeto al cultivo puro, siendo mayores las producciones cuando se asoció Triticale/vicia y Cebada/vicia. Díez y Sardiña (2018) registraron un aumento en la producción del 40% cuando se mezcló cebada cervicera/*V. villosa* y del 10% para avena/*V. villosa* que el cereal puro. Similares resultados encontraron Agegnehu *et al.* (2006), donde el cultivo mixto de cebada/haba mostró un mayor rendimiento que los cultivos puros. Por el contrario, Dordas y Lithourgidis (2011) obtuvieron mayores producciones en avena y triticale cuando fueron sembrados puros (9,7 tMS/ha y 12,4 tMS/ha, respectivamente) que en mezcla con vicia (8,4 tMS/ha y 10,5 tMS/ha, respectivamente). Neira Zilli *et al.* (2022a) registraron mermas del 29% cuando se asoció a la avena con vicia, mientras que la producción de cebada forrajera y triticale no fue incrementada con la adición de vicia. Mientras que, González y Martínez (2007) encontraron un comportamiento diferencial entre los genotipos de triticale, avena y cebada sembrado puros o en mezcla con vicia. Johnston *et al.* (1998) arribaron que la asociación avena+arveja produjo más que la avena pura,

mientras que el triticale puro produjo más que la asociación Triticale+arveja. Posiblemente, la diferencia de los comportamientos de la asociación de un cereal de invierno y una leguminosa, se deba a las diferencias entre porte (erecto, semipostrado y postrado) de las especies, de las densidades utilizadas y de las condiciones agroedafoclimáticas (principalmente nutrientes y disponibilidad hídrica) en las cuales se desarrollaron los ensayos.

Las producciones de biomasa de los distintos Tratamientos (Tabla 1) no tuvieron un comportamiento similar en ambos años, coincidiendo con los trabajos de González *et al.* (2007) y Johnston *et al.* (1998). *Vicia sativa* se caracteriza por su porte semipostrado, su escaso desarrollo de biomasa y ciclo de crecimiento determinado (Renzi 2009). La mayoría de los cultivares de *V. sativa* presenta baja habilidad competitiva (Renzi 2013). La dotación de nutrientes en el suelo influye en la proporción de vicia en las mezclas con cereales de invierno, favoreciendo a las gramíneas en suelos bien dotados (Renzi 2013). En ese sentido, las precipitaciones excesivas en el mes de junio durante 2015 producirían una lixiviación del nitrógeno, favoreciendo el crecimiento de vicia.

En una mezcla, la producción de biomasa está influenciada por la capacidad competitiva de la especie y/o variedad más productiva en estado puro y por las relaciones de complementariedad que pueden formarse entre la gramínea y la leguminosa. Además, es afectada por las densidades utilizadas y proporción de cada componente en la mezcla, y las condiciones ambientales (Renzi 2013). Un factor que influye en el crecimiento de vicia en una asociación, es la densidad de siembra del cereal de invierno. Altas densidades y materiales precoces afectan la performance en la mezcla de vicia (Renzi 2010). Los materiales con altas tasas de crecimiento inicial y arquitectura foliar son los que presentan mayor competencia, siendo cebada, triticale, centeno y avena las especies de mayor a menor competencia para la vicia (Renzi 2013). Tosti y Guiducci (2010) citan que los cultivares de trigo evaluados afectaron de manera diferente la producción y el índice de área foliar de arveja en la mezcla. Los mayores valores de complementariedad en la mezcla Trigo-Vicia probablemente se deban al porte (altura) y a la menor precocidad que presenta este cultivar de trigo, que permitió un mayor desarrollo de la vicia. Mientras que las otras especies de gramíneas presentaron una mayor velocidad de crecimiento (mayor precocidad) y

afectaron el desarrollo de la vicia. Esto se vio plasmado en el aporte porcentual promedio (%) de cada componente en las mezclas (Tabla 1). Por lo tanto, cuando se busca una buena proporción de leguminosa en la mezcla, la elección de la especie y/o cultivar es un punto importante porque se debe sincronizar el desarrollo de las dos especies en la mezcla para disminuir la competencia y que el efecto sea mínimo sobre la producción total.

Los principales factores que regulan del rendimiento de los verdeos invernales son la temperatura, disponibilidad hídrica (Moreira et al. 2014; Tomaso 2009) y los nutrientes, especialmente nitrógeno. Las producciones de forraje se vieron claramente afectadas por las condiciones climáticas extremas entre los dos años, condicionadas por la diferencia de precipitaciones. La EUP fue menor en el año más húmedo (2015), evidenciando que el exceso de agua (111 mm superior a la media) no se vio reflejado en un aumento de biomasa. Al analizar el 2015, las precipitaciones excesivas del mes de agosto no fueron ni interceptadas por el cultivo ni almacenadas en el perfil del suelo, evidenciándose una pérdida de agua.

Los valores de proteína bruta (PB%), para el 2015, variaron entre 6,4 y 20,9%, siendo esperables para las especies puras y combinadas (Gaggiotti et al. 2008; Guaita y Fernández 2011). A medida que avanza el ciclo del cereal, el contenido de proteína disminuye más rápidamente en comparación con las leguminosas. Shoaib et al. (2016) citan que la inclusión de trébol con cereales mejora la calidad forrajera, resultando mayor el consumo animal. Neira Zilli et al. (2022b) concluyeron que la incorporación de *Vicia villosa* en diferentes verdeos de invierno incrementó los valores de proteína. En este trabajo, se observó una tendencia a que los tratamientos de cereales + vicia presenten una mayor concentración de proteína que los tratamientos de cereal puro. Esto coincide con lo evaluado por Cooke (2015), quien encontró que se incrementó en la proteína cuando se asoció cebada y vicia, y Neira Zilli et al. (2022b) encontraron que la asociación con *V. villosa* incrementó un 66 % el %PB respecto de los cultivos puros de verdeos de invierno. Por lo tanto, el aumento de la concentración de proteína debido a la inclusión de vicia a los cereales de invierno justificaría su empleo. Además, el incremento en la concentración proteica en la mezcla estaría relacionado con el aporte porcentual de cada componente en la misma. En Argentina, hay antecedentes de evaluación de cereales de invierno y *Vicia villosa* (Diez y Sardiña 2018; Neira Zilli et al. 2022a,b), pero no así con *Vicia sativa* con destino a la confección de silaje, por lo cual este trabajo aporta información valiosa.

Conclusiones

Bajo las condiciones de este trabajo, las producciones de cada tratamiento presentaron comportamientos diferentes entre los años. La producción de forraje de algunas combinaciones y cultivos puro fue elevada, superando las 15 tMS/ha. Los cultivos puros de Cebada y la mezcla Avena+Vicia fueron los más estables en el tiempo. La inclusión de *Vicia sativa* mediante la asociación con cereales de invierno realizaría un aporte adicional de forraje de alto tenor proteico, redundando en una mejora en el valor nutritivo de la biomasa producida en comparación con el cereal puro. En Argentina, si bien ha habido trabajos que asocian cereales de invierno y *Vicia villosa*, ya sea

para la confección de silaje o la producción de semillas de vicia, este trabajo aporta información valiosa para ser utilizada en sistemas ganaderos que buscan aumentar la productividad sobre la base de alternativas sustentables de mejora en la calidad nutritiva de los recursos combinando cereales de invierno con *Vicia sativa*.

Agradecimientos

Se agradece a los Ings. Agrs. Eduardo Vernengo, Luciana Mosquera y María Sol Elgue por el trabajo a campo y al Técnico Químico Sr. Justo Sánchez por la realización de los análisis de contenido proteico.

Contribuciones de los autores

Spara AF: escritura protagónica del artículo, ejecución de experimento, obtención de muestras, procesamiento de datos y análisis de resultados. *Barneto J*: ejecución de experimento, obtención de muestras, procesamiento de datos, análisis de resultados y aportes a la escritura del artículo. *Bersachia D* y *Duffau ML*: ejecución de experimento, obtención de muestras, análisis de resultados, interpretación de resultados y aportes a la escritura del artículo.

Bibliografía

- Agegnehu G, Ghizaw A, Sinebo W (2006) Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal Agronomy* **25**, 202-207.
- Aguilar-López E, Bórquez J, Domínguez I, Morales-Osorio A, Gutiérrez-Martínez M, González Ronquillo M (2013) Forage yield, chemical composition and *in vitro* gas production of triticale and barley associated with common vetch preserved as hay or silage. *Journal of Agricultural Science* **5**, 227-238.
- Arzadun MJ, Piersanti MM (1989) Interacciones entre avena (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia sativa*) en cultivo para forraje. Actas de la XIV Reunión Argentina de Ecología. Asociación Argentina de Ecología.
- Chapagain T, Riseman A (2014) Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research* **166**, 18-25.
- Carr PM, Horsley RD, Poland WW (2004) Barley, oat, and cereal-pea mixtures as dry land forages in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* **96**, 677-684.
- Cooke MM (2015) Evaluación nutricional de microsilos de cebada y vicia. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dordas CA (2007) Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* **100**, 249-256.
- Diez M, Sardiña MC (2018) Evaluación productiva de verdeos puros y consociados con *Vicia villosa* destinados a silaje. 41º Congreso Argentino de Producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal* **38**, Supl. 1, 218.
- Dordas CA, Lithourgidis AS (2011) Growth, yield and nitrogen performance of faba bean intercrops with oat and

- triticales at varying seeding ratios. *Grass and Forage Science* **66**, 569-577.
- Doyle ME (2019) El clima en argentina, su variabilidad, cambio y posibles escenarios futuros. *Revista Argentina de Producción Animal* **39**, 31-41.
- Fernández Lorenzo B, Flores G, González Arráez A, Valladares J, Castro P (2007) Comparación de las rotaciones forrajeras guisante-triticales/maíz y ryegrass italiano/maíz. *Producción Vegetal* 90-97. ISBN 978-84-611-9642-5.
- Gaggiotti M, Comerón E, Gallardo M, Romero L (2008) Tabla de composición química de alimentos para rumiantes. Proyecto Lechero. INTA-EEA Rafaela, Argentina.
- González REB, Martínez RCG (2007) Producción y calidad de forraje en avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y triticales (x *Triticosecale* Wittmack) en asociación con vicia (*Vicia sativa*), en el valle de Toluca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México, 54-68.
- Guaita MS, Fernández HH (2011) Tablas de composición química de alimentos para rumiantes. INTA EEA Balcarce, Argentina.
- Golik S, Chamorro AM, Bezus R, Pellegrini A, Voisin A (2022) Eficiencia de uso del agua en diferentes secuencias de cultivos y barbechos en Argentina. *Agronomía Mesoamericana* **33**, 49282.
- Jacobs JL, Ward GN (2012) Effect of intercropping forage peas (*Pisum sativum* L.) with winter wheat (*Triticum vulgare* L.) or triticales (*Triticale hexaploide* Lart.) on DM yield, nutritive characteristics when harvested at different stages of growth. *Animal Production Science* **52**, 949-958.
- Johnston J, Wheeler B, McKinlay J (1998) Forage production from spring cereals and cereal-pea mixtures. Ontario, Ministry of Agriculture Food & Rural Affairs (OMAF), Ontario.
- Moreyra F, Giménez FJ, López JR, Tranier Perez EA, Real Ortellado MR, Krüger HR, Mayo A, Labarthe FS (2014) Verdeos de invierno. Serie Colección Divulgación (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Neira Zilli F, Zubillaga MF, Gallego JJ, Barbarosa R, Blanco F (2022a). Consociación de verdeos de invierno con *Vicia villosa*, una alternativa en la producción invernal. 45º Congreso Argentino de Producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal* **42**, Supl. 1, 214.
- Neira Zilli F, Zubillaga MF, Gallego JJ, Barbarosa R, Blanco F (2022b) Calidad nutricional de microsilos de verdeos de invierno consociados con *Vicia villosa* en la Norpatagonia. 45º Congreso Argentino de Producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal* **42**, Supl. 1, 320.
- Renzi JP (2009) Efecto de la estructura del cultivo y el grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y la calidad de semillas de *Vicia sativa* L. y *V. villosa* Roth., bajo riego. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Departamento de Agronomía Universidad Nacional del Sur.
- Renzi JP (2010) Manejo del cultivo de vicia spp. INTA - EEA Hilario Ascasubi. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Renzi JP (2013) Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Sadeghpour A, Jahanzada E, Esmaeili A, Hosseini MB, Hashemi M (2013) Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research* **144**, 43-48.
- Shoaib M, Akhtar N, Shehzad M, Qamarr R, Sanaullah (2016) Small grain cereal-clover mixtures for forage production. *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. XLIX, 83-96.
- Spara F, Vernengo E, Bersachia D, Roel G (2015) Comparación de la producción de forraje de especies anuales invernales bajo dos estrategias de uso. *Revista Argentina de Producción Animal* **35**, Supl. 1, 178.
- Spara AF, Vernengo EA (2023) Especies invernales utilizadas como verdeos de invierno. Generalidades y datos de producción para la zona de influencia de la UNLu. Colección Ciencia. EdUNLu. Formato: Archivo Digital. ISBN: 978-631-6582-01-0. Pp: 167.
- Spara AF, Lázaro L, Pichiquini S, Dublan F, Arzadun M (2023) Producción y calidad nutricional de silajes de trigo para silaje: efectos de localidad, genotipo y fecha de siembra. *Revista Argentina de Producción Animal* **43**, 17-33.
- Tosti G, Guiducci M (2010) Durum wheat-faba bean temporary intercropping: Effects on nitrogen supply and wheat quality. *European Journal Agronomy* **33**, 157-165.