

PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE SILAJES DE TRIGO: EFECTOS DE LOCALIDAD, GENOTIPO Y FECHA DE SIEMBRA

Production and forage quality of wheat silage: effects of location, genotype and sowing date

Spara^{12*} AF, Lázaro¹ L, Picchiquini¹ S, Dublan¹ F, Arzadún¹ MJ

¹Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA),
Facultad de Agronomía, CIISAS, Azul, Buenos Aires

²Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján

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

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de forraje y la calidad de silajes de trigo de ciclo largo (Lyon) y ciclo corto (Roble) en dos fechas de siembra y dos localidades: Azul y Pasman (en el centro y sudoeste de la Provincia de Buenos Aires). Se utilizó un diseño de parcelas divididas, sobre bloques completos al azar, para los efectos fijos de Fecha de siembra (F; parcela principal) y Genotipo (G; sub-parcela), en cada localidad. Las siembras se realizaron el 11 de julio y 5 de agosto en Azul; y el 30 de junio y 27 de julio en Pasman. El forraje fue cortado en estado de grano pastoso (Z: 80-85) y se evaluó la proporción de láminas, tallos y espigas en cada unidad experimental. Con el material cosechado se confeccionaron microsilos y luego de 90 días se evaluó la calidad forrajera de los mismos. En ambas localidades, no se encontraron diferencias en el rendimiento de forraje entre F y G. En Azul los rendimientos resultaron mayores que en Pasman. La F tuvo mayor incidencia en Pasman sobre las variables de calidad del silaje (en fecha tardía: mayor %PB, mayor %FDA y menor %DIG), siendo las diferencias altamente significativas. En Azul, se registraron aumentos del %PB (de 8,2 a 9,3%) en la fecha tardía de siembra. Aunque sin correlaciones elevadas con la calidad del forraje ensilado, un aumento en el aporte de tallo acompañó el aumento de rendimiento ($r=0,55$) y del contenido de FDA ($r=0,50$) y una disminución en PB ($r=-0,40$). Para ambas localidades, la fecha de siembra generó mayores variaciones que el genotipo (variedades con diferente longitud de ciclo) sobre la estructura del cultivo y la calidad forrajera del silaje de trigo.

Palabras clave. *Triticum aestivum*, ciclo de crecimiento, parámetros nutricionales.

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate the production of forage and the quality of silages of long-cycle wheat (Lyon) and short-cycle (Roble) on two sowing dates and two locations: Azul and Pasman (in the center and southwest of the Province from Buenos Aires). In each location, a split-plot design was used on complete randomized blocks for the fixed effects of Sowing Date (F; main plot) and Genotype (G; sub-plot). The plantings were carried out on July 11 and August 5 in Azul June 30 and July 27 in Pasman. The forage was cut in a pasty grain state (Z: 80-85), and the proportion of blades, stems, and spikes in each experimental unit was evaluated. Microsilages were made with the harvested material, and after 90 days, their forage quality was evaluated. In both locations, no differences were found between F and G in forage yield. In Azul, the yields were higher than in Pasman. The F had a more significant impact in Pasman on silage quality variables (at a later date: higher %CP, higher %ADF and lower %DIG), being the differences highly significant. In Azul, increases in %CP (from 8,2 to 9,3%) were also recorded on the late sowing date. Although without high correlations with the quality of the ensiled forage, an increase in the contribution of stem accompanied the increase in yield ($r=0,55$) and ADF content ($r=0,50$) and a decrease in CP ($r=-0,40$). For both locations, the sowing date generated more significant variations than the genotype (varieties with different cycle lengths) on the crop structure and forage quality of the wheat silage.

Keywords. *Triticum aestivum*, growth cycle, nutritive parameters.

Recibido: enero 2023

Aceptado: julio 2023

Introducción

El cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) ocupa un lugar importante en las explotaciones mixtas de la región pampeana, tanto para la producción de forraje como de grano. El trigo es una especie invernal que cuenta con un amplio abanico de genotipos con diferentes longitudes de ciclo que permiten en la región centro-sur bonaerense siembras desde mayo hasta mediados de agosto, adaptándose a una zona muy amplia. Hay varios factores que influyen en la duración del ciclo de un genotipo de trigo, siendo los principales la temperatura, el fotoperiodo y la vernalización (Slafer et al. 2003; White y Edwards 2007). Los genotipos de trigo con diferente sensibilidad al fotoperiodo o la vernalización pueden reducir o alargar la duración de diferentes etapas del desarrollo y del ciclo total del cultivo (Slafer 1996; Miralles et al. 2007; Slafer et al. 2015). Entre los cultivares argentinos, los efectos del fotoperiodo y de la vernalización son generalmente considerados como los responsables de casi todas las diferencias en la duración del ciclo (Miralles et al. 2007). En el mercado argentino pueden encontrarse cultivares comerciales de “ciclo largo”, “ciclo intermedio” y “ciclo corto”. El comportamiento de dichos materiales estará influenciado por la fecha de siembra y la ubicación geográfica (latitud). Estas definen las temperaturas y el fotoperiodo a los cuales estará expuesto el cultivar y en consecuencia la duración de su ciclo. La interacción entre el genotipo y el ambiente (fotoperiodo y temperatura) establece el número final de hojas producidas en el vástago principal y la duración y ritmo de otros procesos del desarrollo. Por otro lado, la acumulación final de materia seca (MS) y su calidad es el resultado de efectos ambientales sobre el crecimiento del cultivo durante su ciclo, por lo que es importante determinar el comportamiento de variedades de interés en la zona donde se quieren producir. En los cereales de invierno, uno de los factores de manejo del cultivo de mayor importancia es la fecha de siembra, ya que afecta tanto la producción de biomasa como el rendimiento de grano (Arzadún et al. 2006).

La utilización de silajes de planta entera es una herramienta clave que permite mantener altas cargas con buenas ganancias a un costo razonable. Los silajes de cereales de invierno son fuente de fibra y de proteína, siendo un buen complemento de los silajes de cultivos estivales (maíz y sorgo). Además, tienen la ventaja que durante el desarrollo del cultivo hay un menor riesgo climático, libera temprano el lote para la siembra de gruesa y la siembra se puede realizar más tardíamente que los lotes destinados a pastoreo (Moreyra et al. 2014; Spara et al. 2015). En el centro y sudoeste de la provincia de Buenos Aires, es escasa o nula la información cuantitativa sobre el efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y la calidad nutricional del silaje de trigo. En consecuencia, el objetivo del trabajo fue evaluar la producción de materia seca y su calidad nutricional en trigos de ciclo largo y ciclo corto, en diferentes fechas de siembra, para dos zonas del centro-sur bonaerense que difieren en sus características agroclimáticas.

Materiales y métodos

Sitios de estudio y diseño experimental

Se realizaron dos experimentos durante el año 2015 en dos localidades contrastantes (Azul y Pasman).

El suelo donde se llevó a cabo el ensayo en Azul fue un Argiudol típico, con 3,5 % materia orgánica, pH levemente alcalino, 13,8 ppm de fósforo disponible y un nivel de N de nitratos de 18,62 kg N/ha. En Pasman, el suelo fue un Hapludol típico con textura franco-arcillosa, 4,4 % de materia orgánica, pH levemente ácido y 15 ppm de fósforo disponible. Las precipitaciones del año en que se realizaron los experimentos (2015) estuvieron por encima de la media histórica en ambas localidades (Figura 1). En Azul, el acumulado durante el desarrollo del ensayo fue de 365 mm, 20 mm por encima de la media para esta zona. Mientras que Pasman acumuló entre junio y noviembre 383 mm, 53 mm por encima de la media para los mismos meses. Ambas localidades presentaron un total de precipitación similar, pero con diferencias en su distribución. Durante la siembra, las lluvias fueron suficientes para asegurar una correcta implantación de los cultivos en ambas localidades. Posteriormente, en Azul, gran parte de las precipitaciones se concentraron en el mes de agosto, y las lluvias entre setiembre y diciembre fueron menores a los datos históricos; mientras que en Pasman las precipitaciones fueron mayores a lo usual en esos meses. Las temperaturas medias mensuales en ambas localidades fueron superiores a la media histórica en agosto (entre 1,5 y 2°C) mientras que en octubre las temperaturas fueron 2°C por debajo de las medias históricas (Figura 1).

Los ensayos respondieron a un diseño factorial de parcelas divididas dispuestas en 3 bloques completos al azar. Se evaluaron los efectos de dos factores: Fecha de siembra (F) (parcela principal) y Genotipo de trigo (G) (subparcela) en dos niveles cada uno, sobre la calidad y cantidad de forraje conservado en forma de silo de planta entera. Las fechas de siembra resultantes fueron, en Azul, el 11/7/15 (F1) y el 5/8/15 (F2), mientras que en Pasman el 30/6/15 (F1) y 27/7/15 (F2). La diferencia entre ambas fechas de siembra fue de 26 ± 1 días. Los genotipos evaluados fueron: Klein Roble (Ciclo Corto) y Lyon Don Mario (Ciclo Largo). Las dimensiones de las parcelas fueron 6 m de largo y 1,4 m de ancho, con 7 surcos distanciados a 20 cm cada uno. En Azul, el estudio se realizó en la Chacra Experimental de la FAA-UNCPBA (36°48'S y 59°45'O) y en Pasman, en la Chacra Experimental del MAA, Coronel Suárez (37°00' S y 62°00' O). La densidad de siembra para todos los casos fue de 250 plantas/m². Todas las parcelas fueron fertilizadas al voleo con 65 kg P/ha (como superfosfato triple de calcio) a la siembra y con 100 kg N/ha (urea) en macollaje.

Mediciones realizadas

La cosecha de forraje para determinar la producción de biomasa se realizó cuando los materiales alcanzaron el estado de grano pastoso (Z:80-85) (Zadoks et al. 1974). En ambas localidades los cortes de evaluación tuvieron lugar entre el

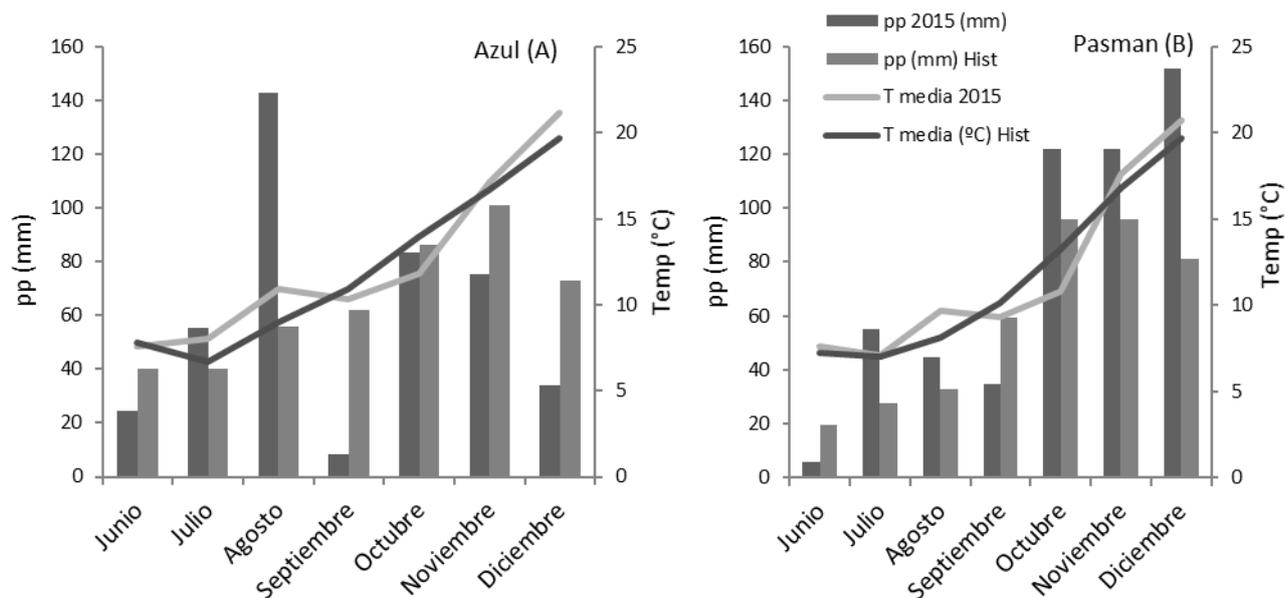


Figura 1. Distribución de las precipitaciones (pp) y evolución de la temperatura media mensual (T media) para 2015 e histórica para Azul (A) y Pasman (B). Fuente: Estación meteorológica de FAA-UNCPBA, Azul y Estación meteorológica de la Chacra Experimental Coronel Suárez, MAA.

Figure 1. Precipitation distribution and evolution of the average monthly temperature for 2015 and historical for Azul (A) and Pasman (B). Source: FAA-UNCPBA Meteorological station, Azul and Meteorological station from Coronel Suárez Experimental Farm, MAA.

24/11/15 y el 9/12/15. En Azul, el intervalo desde la siembra al aprovechamiento resultó de 151 y 136 días para Lyon y Roble en la primera fecha de siembra, y de 126 y 118 días para ambas variedades en la segunda fecha de siembra. En Pasman, todos los tratamientos habían alcanzado el estado de grano pastoso el 24 de noviembre, cuando se cortaron conjuntamente a los 149 días de la siembra, para la primera fecha, y a los 121 días, para la segunda.

La superficie cosechada fue de 1 m² del centro de la parcela. El material original del forraje cortado se recolectó y pesó en fresco. Luego se tomaron tres alícuotas. La primera de aproximadamente 400g, se utilizó para determinar el contenido de materia seca, llevándose a estufa a 60°C hasta peso constante. Los datos de producción obtenidos se extrapolaron a kg de materia seca por ha. La segunda fracción del material cosechado fue separada manualmente en los siguientes componentes morfológicos: espigas, tallos (vainas + cañas floríferas), láminas verdes y láminas secas. Con la tercera alícuota se procedió al picado con una guillotina, hasta un tamaño de 1cm². Con este último material se confeccionaron microsilos (uno por parcela), utilizando tubos de PVC de 40 cm de largo y 11 cm de diámetro, con una capacidad aproximada de 3kg de forraje fresco. La eliminación del aire dentro del tubo se logró utilizando una prensa hidráulica (3 kg/cm²). La densidad resultante en los microsilos antes de su sellado fue de 868,6 g/m³.

Aproximadamente a los 90 días de la confección de los microsilos, se realizó su apertura. Se tomaron muestras de alrededor de 200g del material ensilado en cada microsilo que

fueron secadas a 60°C hasta peso constante, determinándose la concentración de materia seca (%MS). Luego fueron molidas mediante un molino tipo Wiley provisto de malla de 1 mm. Una vez molidas y acondicionadas en cada muestra se realizaron los análisis químicos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Luján para determinar la concentración de proteína bruta (%PB) y de fibra en detergente ácido (%FDA) del material ensilado. El %PB se determinó a través del método de Kjeldhal (N x 6,25), utilizando un equipo TECATOR. Mientras que el %FDA se cuantificó por el método de bolsas de nylon (van Soest *et al.* 1991) utilizándose un equipo ANKOM (ANKOM Technology 2006, Macedon, NY). Por último, la Digestibilidad (DMS) se estimó a través de la fórmula de Joshi (DMS % = 112,6 - 1,33*FDA) según Jaurena y Danelón (2006).

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron a través de un ANOVA para un diseño experimental de parcelas divididas, sobre bloques completos al azar, para los efectos fijos de G (sub-parcela) y F (parcela principal) para cada localidad. Se utilizó para el análisis el software Infostat. Cuando correspondió, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de las diferencias mínimas significativas (LSD), para una significancia de $P \leq 0,05$. Además, se calcularon los Coeficientes de correlación (r) entre la proporción de partes de la planta de trigo y el contenido proteico (PB) y fibroso (FDA) del silaje resultante.

Resultados

Rendimiento de forraje por parcela

En ambas localidades, para cada ensayo no se observaron diferencias significativas entre fechas de siembra ni en genotipos en el rendimiento total de forraje, tampoco para las variables rendimiento de proteína/ha y de forraje digestible/ha (Tabla 1) por parcela.

En Azul, el rendimiento de Lyon tendió a ser menor en la fecha tardía y lo opuesto sucedió en Roble. El mismo comportamiento se observó en el rendimiento de proteína bruta/ha luego del ensilado (Tabla 2). Por su parte, en la localidad de Pasman el genotipo Roble superó a Lyon en rendimiento (11481 kg MS/ha vs 10616 kg MS/ha). La tendencia en el rendimiento de forraje de los genotipos obtenido en Azul resultó superior al de Pasman (aproximadamente un 35% mayor) así como el rendimiento de forraje digestible y de proteína del material luego de ensilado.

Calidad del forraje ensilado

En la localidad de Azul, la concentración de proteína bruta del silaje fue significativamente modificada por la fecha de siembra (Tabla 1; $P=0,0099$). Esto muestra un efecto mayor de la fecha de siembra que del genotipo. Se observó mayor %PB en la siembra tardía que en la temprana ($9,3\pm 0,4\%$ vs. $8,2\pm 0,4\%$, respectivamente). En la localidad de Pasman, la concentración de proteína bruta del silaje también fue significativamente modificada por la fecha de siembra (Tabla 1; $P=0,0080$) y por el genotipo ($P=0,0393$). Al igual que en

Azul, la concentración de proteína fue mayor en la fecha tardía que en la temprana ($9,4\pm 0,4\%$ vs. $10,2\pm 1,0\%$, respectivamente). Al considerar el genotipo, Lyon presentó un mayor valor que Roble ($10,4\pm 0,9\%$ vs. $9,2\pm 0,3\%$, respectivamente). Asimismo, el efecto de la fecha de siembra fue significativo sobre el %FDA y %DIG: el %FDA fue mayor en la siembra tardía ($29,1\pm 1,3\%$ vs. $33,6\pm 1,1\%$) y el %DIG fue mayor en siembras tempranas ($73,9\pm 1,7\%$ vs. $67,9\pm 1,5\%$).

Componentes morfológicos de la planta

En cuanto a la proporción de los diferentes componentes de la planta, no se observó una tendencia clara entre los tratamientos en ninguna de las dos localidades (Tabla 1). En Pasman, la fecha de siembra influyó la proporción de espiga en planta, siendo mayor para F tardía. Mientras que la proporción de láminas verdes, fue dependiente del G, siendo el genotipo Lyon el que presentó un mayor contenido ($P=0,0067$). En Azul, el porcentaje de espiga fue afectado por la interacción FxG ($P=0,019$) (Tabla 3), presentando mayor proporción en Lyon en F temprana. Por otro lado, en general, el porcentaje de lámina seca fue diferente entre los tratamientos (Tabla 3). En ambas localidades la proporción de espigas y tallos representaron aproximadamente el 80% del forraje cosechado. El aporte de tallos se asoció negativamente con el %PB (Tabla 4) y positivamente con el rendimiento de forraje total ($r=0,55$; $P=0,013$). Sin embargo, la proporción de los componentes de la planta no mostró en ningún caso correlaciones elevadas con las determinaciones de calidad del forraje ensilado (Tabla 4).

Tabla 1. Significancia en ANOVA para el rendimiento de forraje (kgMS/ha), proteína (kgPB/ha) y forraje digestible (MSD/ha) por parcela; y concentración de proteína (%PB), de fibra (%FDA) y digestibilidad calculada (%DIG) en el silaje, y la proporción de diferentes partes de la planta de dos genotipos de trigo sembrados en dos fechas, en dos localidades (Azul y Pasman) en el centro y sudoeste de la Provincia de Buenos Aires.

Table 1. Significance in ANOVA for the yield of forage (kgMS/ha), protein (kgPB/ha) and digestible forage (kgMSD/ha) per plot; and protein concentration (%CP), fiber (%ADF), and calculated digestibility (%DIG) in the silage, and the proportion of different parts of the plant of two wheat genotypes planted on two dates, in two locations (Azul and Pasman) in the center and southwest of the Province of Buenos Aires.

Efectos en ANOVA	Rendimiento de forraje			Calidad del forraje ensilado			Proporción en la planta			
	MS/ha	PB/ha	MSD/ha	PB%	FDA%	DIG%	Espiga	Tallo	Lámina verde	Lámina seca
Azul										
Fecha de siembra (F)	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Genotipo (G)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
F x G	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Pasman										
Fecha de siembra (F)	NS	NS	NS	**	**	**	*	NS	NS	NS
Genotipo (G)	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	**	NS
F x G	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

(**) $P\leq 0,01$; (*) $P\leq 0,05$

Tabla 2. Rendimiento de forraje total al corte (kgMS/ha), de proteína bruta (kgPB/ha) y forraje digestible (kgMSD/ha) luego de ensilado de dos diferentes genotipos de trigo y en dos fechas de siembra, en dos localidades (Azul y Pasman) en el centro y sudoeste de la Provincia de Buenos Aires. Los valores son medias \pm EE de 3 repeticiones.

Table 2. Yield of total forage at harvest (kgMS/ha), crude protein (kgPB/ha) and digestible forage (kgMSD/ha) after ensiling of two different wheat genotypes and on two sowing dates, in two locations (Azul and Pasman) in the center and southwest of the Province of Buenos Aires. Values are means \pm EE of 3 replicants.

Genotipo (G)	Fecha de siembra (F)	Forraje total kgMS/ha	Forraje digestible kgMSD/ha	Proteína kgPB/ha
Azul				
Lyon	Temprana	16520 \pm 3094	11256 \pm 2362	1312 \pm 292
	Tardía	13368 \pm 2883	8484 \pm 1333	1248 \pm 205
Roble	Temprana	14382 \pm 546	9764 \pm 414	1210 \pm 31
	Tardía	14616 \pm 946	9971 \pm 453	1357 \pm 103
DMS(0,05)		NS	NS	NS
Pasman				
Lyon	Temprana	10541 \pm 451	7854 \pm 183	1015 \pm 55
	Tardía	10692 \pm 576	7217 \pm 506	1181 \pm 21
Roble	Temprana	11085 \pm 984	8139 \pm 783	1008 \pm 110
	Tardía	11876 \pm 683	8107 \pm 547	1104 \pm 29
DMS (0,05)		NS	NS	NS

Tabla 3. Proporción de componentes de la planta al momento de corte en la localidad de Azul según fecha de siembra y genotipo. Los valores son medias Los valores son medias \pm EE de 3 repeticiones. Diferencia Mínima Significativa, según DMS (0,05).

Table 3. Proportion of plant components at the time of harvest in Azul, according to sowing date and genotype. Values are means \pm EE of 3 replicants. Least Significant Difference according to LSD (0,05).

Localidad	Siembra	Genotipo	Proporción en la planta (%)			
			Espiga	Tallo	Lámina verde	Lámina seca
Azul	Temprana	Lyon	50 \pm 4	39 \pm 3	8 \pm 4	3 \pm 0,4
		Roble	38 \pm 3	48 \pm 3	14 \pm 1	0
	Tardía	Lyon	38 \pm 1	44 \pm 2	14 \pm 3	4 \pm 0,2
		Roble	43 \pm 1	45 \pm 1	12 \pm 1	0
DMS (0,05)			7,1	NS	NS	NS

Tabla 4. Coeficiente de correlación (r) entre la proporción de partes de la planta de trigo y el contenido proteico (PB) y fibroso (FDA) del silaje resultante en las dos localidades (Azul y Pasman) en el centro y sudoeste de la Provincia de Buenos Aires.

Table 4. Correlation coefficient (r) between the proportion of parts of the wheat plant and the protein (PB) and fibrous (FDA) content of the resulting silage in two locations (Azul and Pasman) in the center and southwest of the Province of Buenos Aires.

Componente	PB		FDA	
	Coefficiente	Valor P	Coefficiente	Valor P
Espiga	-0,03	NS	-0,52	0,01
Tallo	-0,50	0,05	0,50	0,01
Lámina verde	-0,05	NS	0,28	NS
Lámina seca	0,56	0,00	-0,08	NS

Discusión

La producción de forraje de trigo (Tabla 2) resultó coincidente con la de otros cereales de invierno (cebada, avena, triticale) que pueden utilizarse para ensilar en la región pampeana (Bolletta *et al.* 2007; Maekawa y Fantino 2010, Spara *et al.* 2011, Perea *et al.* 2014, Spara *et al.* 2016). El rendimiento no pudo ser explicado por efecto de la fecha de siembra y el genotipo utilizado (Tabla 2). Los resultados obtenidos, mayores rendimientos en Azul que en Pasman, son acordes a las diferencias ambientales entre ambas localidades. Aramburu Merlos *et al.* (2015) estimaron los rendimientos potenciales de grano, sin riego, de trigo para diferentes zonas de la región pampeana. Estos autores encontraron que los resultados para Azul fueron en promedio un 44% superiores a los de Pigüe, localidad con similares características agroecológicas y muy próxima a Pasman.

Al atrasar la fecha de siembra se observó en ambas localidades una reducción de la duración del ciclo de crecimiento, en términos de días calendarios, para ambos genotipos. Esto es coincidente con la bibliografía (Slafer y Rawson 1995; Abbate y Bariffi 1998; Miralles *et al.* 2007), que afirma que la tasa de desarrollo aumenta con la temperatura y el fotoperiodo, generando una disminución de la duración de las etapas ontogénicas. La fecha de siembra determina en gran medida el ambiente que explorará el cultivo, lo cual repercute en la duración del ciclo total y en la capacidad de capturar recursos (radiación solar, agua, nutrientes). Esto se manifiesta particularmente en las etapas previas a la etapa crítica para generación del rendimiento en grano, período en que crecen las espigas (Fischer 2011) y donde se determina consecuentemente la producción de biomasa total y de granos como así también la cantidad de N acumulada en la biomasa (Fischer 1993). Por tal motivo es que pueden producirse diferencias en el largo del ciclo que no necesariamente se traduzcan en diferencias en la producción de estructuras reproductivas (espigas y granos), principales componentes de los silos de cereales de invierno donde se combinan alta calidad nutritiva y óptima producción de biomasa (Camarasa 2018). En la localidad de Azul, el rendimiento del genotipo Lyon (ciclo largo) tendió a ser menor en la fecha tardía y lo opuesto sucedió con el genotipo Roble (ciclo corto). Aunque las diferencias en rendimiento por fecha de siembra resultaron relativamente reducidas en este trabajo, siembras más distanciadas en el tiempo y/o el uso de otros genotipos podrían magnificar este efecto.

El %PB en los microsilos osciló entre 8,2 y 9,3% para Azul y entre 9,2 y 10,4% para Pasman, en fecha temprana y tardía respectivamente, siendo valores esperables en silajes (Spara *et al.* 2011, Perea *et al.* 2014). El %PB del grano de trigo está altamente influenciada por el ambiente (precipitaciones, temperatura del aire, mineralización de nitrógeno). Para ambas localidades, los mayores %PB de las fechas tardías en comparación con las tempranas podrían explicarse por condiciones ambientales que inciden en el incremento de la oferta de nitrógeno (nitrógeno en el suelo + fertilización) en el momento de macollaje que permitirían aumentar el contenido de proteína en planta en las fechas tardías (Kruger *et al.* 2021). Estos valores resultan superiores a los niveles proteicos de silajes de especies estivales (maíz y sorgo) que,

comúnmente, cuentan con valores entre 6 y 8 %PB (Lardone 2018). El mayor valor proteico en los silajes de trigo justificaría, en parte, su empleo. Pese a que se encontró una relación negativa entre rendimiento de materia seca y %PB, los menores valores de PB encontrados fueron siempre superiores a los que se obtienen habitualmente en silajes de especies estivales. La correlación positiva y significativa poco habitual entre %PB y acumulación de láminas secas parece estar asociada a la combinación de las condiciones del ambiente y el genotipo, que habría incidido en una mayor predisposición a enfermedades foliares tardías en el genotipo Lyon. La acumulación de láminas secas fue mayor en Pasman que en Azul, en siembras tardías que en tempranas y en Lyon que en Roble.

Según las tablas de composición de alimentos (Jaurena y Danelón 2006, Gaggiotti 2008), el rango de valor promedio de %FDA para silaje de trigo es de 37,3% a 38,4%. Los valores obtenidos de FDA en este ensayo fueron inferiores a los de dichas tablas. La mejor calidad de los silos evaluados respecto a los valores de bibliografía en ambas localidades se debería a que en todos los casos los silos se confeccionaron en un mismo estado de desarrollo de los cultivos (grano pastoso lechoso) y sin efectos importantes de enfermedades que posibilitó que al momento del corte más del 50% de los componentes morfológicos fuesen espigas y láminas vivas. La madurez relativa en el momento del corte genera variaciones en la proporción de partes de la planta en mayor medida que factores ambientales y de manejo (Juskiw *et al.* 2000). Estas variaciones se producen fundamentalmente por incrementos en la proporción de espigas desde la floración al estado de grano pastoso y pueden asociarse con cambios en la calidad del forraje (Juskiw *et al.* 2000). Las variaciones en las proporciones de los componentes morfológicos encontradas en este trabajo fueron muy estrechas. Lo cual, como se mencionó, debe relacionarse con el hecho de que todos los tratamientos fueron cortados en el mismo estado fenológico.

Conclusiones

En función de los resultados obtenidos en el presente trabajo para nuestras condiciones experimentales, podemos concluir que la fecha de siembra generó mayores variaciones sobre la estructura del cultivo y la calidad forrajera del silaje de trigo, que el genotipo empleado (variedades con diferente longitud de ciclo). Por lo tanto, la correcta elección de la fecha de siembra permitirá mejorar la calidad del material a ensilar independientemente del genotipo a emplear.

Agradecimientos

El presente trabajo se ha financiado con fondos provenientes del Proyecto de Investigación "Diversificación en el uso de cereales de invierno en el centro-sur bonaerense, producción y calidad del producto". Código: 03/A206. FAA-UNCPBA. Se agradece al Técnico Químico Justo Sánchez por la realización de los análisis de calidad de forraje.

Contribuciones de los autores

Spara AF: escritura protagónica del artículo, ejecución de experimento, obtención de muestras, procesamiento de datos y análisis de resultados. **Lázaro L y Arzadún M:** diseño de experimento, análisis de resultados, responsabilidad por la integridad y coherencia del artículo. **Picchiquini S y Dublan F:** ejecución de experimento, obtención de muestras, análisis de resultados, interpretación de resultados, aportes a la escritura del artículo.

Bibliografía

- Abbate P, Bariffi H (1998) Días a espigazón de trigos del INTA en respuesta a la fecha de siembra en Balcarce. En Actas del IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Aramburu Merlos F, Monzón JP, Mercau J, Taboada M, Andrade F, Hall A, Jobbagy E, Cassman K, Grassini P (2015) Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research* **184**, 145-154.
- Arzadún MJ, Arroquy JI, Laborde HE, Brevedan RE (2006) Effect of planting date, clipping height, and cultivar on forage and grain yield of winter wheat in Argentinean Pampas. *Agronomy Journal* **98**, 1274-1279.
- Bolletta AI, Lagrange S, Giménez FJ, Tomaso JC (2007) Rendimiento y valor nutritivo de silajes de verdeos de invierno en grano lechoso. INTA EEA, Bordenave, Buenos Aires, Argentina.
- Camarasa J (2018) Silajes de cereales de invierno. En 'Manual técnico de forrajes conservados'. (Eds. Bianco Gaido M, Méndez F) pp. 265-269. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Fischer R (1993) Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II Physiology of grain and yield response. *Field Crops Research* **33**, 57-80.
- Fischer R (2011) Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop and Pasture Science* **62**, 95-114.
- Gaggiotti M (2008) Tabla de composición química de alimentos para rumiantes. INTA EEA Rafaela.
- Jaurena G, Danelón J (2006) Tabla de composición de alimentos para rumiantes de la región Pampeana Argentina. (Hemisferio Sur: Buenos Aires).
- Juskiw PE, Helm JH, Salmon DF (2000) Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Science* **40**, 148-158.
- Krüger HR, Zilio JP, Frolla FD, Tranier Pérez EA (2021) Clima, rendimiento y contenido proteico del grano de trigo en la región semiárida Argentina. *Ciencia del Suelo* **39**, 168-182.
- Lardone A (2018) Relevamiento de la calidad de silos de maíz de la campaña 2016/17 en el sur del Departamento Unión (Córdoba). Informe Técnico, INTA.
- Maekawa M, Fantino F (2010) Acumulación de materia seca y composición química de verdeos invernales para ensilar. Memoria Técnica 2009-2010. INTA EEA General Villegas.
- Miralles DJ, Spinedi MV, Abeledo LG, Abelleyra D (2007) Variability on photoperiod responses in argentinean wheat cultivars differing in length of crop cycle. En 'Wheat production in stressed environments'. (Eds. Buck H, Nisi J, Salomón N) pp. 599-609. (Springer: Dordrecht).
- Moreyra F, Giménez F, López J, Tranier E, Ortellado M, Krüger H, Mayo A, Labarthe F (2014) Verdeos de invierno. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Perea A, Duhalde J, Jensen M (2014) Ensilaje de planta entera de verdeos invernales. Una interesante alternativa forrajera para el sur bonaerense. *AgroBarrow* **55**, 12-15.
- Slafer GA, Rawson HM (1995) Base and optimum temperatures vary with genotype and stage of development in wheat. *Plant, Cell and Environment* **18**, 671-679.
- Slafer G (1996) Differences in phasic development rate amongst wheat cultivars independent of responses to photoperiod and vernalization. A viewpoint of the intrinsic earliness hypothesis. *Journal of Agricultural Science* **126**, 403-419.
- Slafer GA, Miralles DJ, Savin R, Whitechurch EM, Gonzales FG (2003) Ciclo ontogénico, dinámica de desarrollo y generación de rendimiento y calidad en trigo. En 'Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo'. (Eds. Satorre HE, Arnold RLB, Slafer GA, De la Fuente EB, Miralles DJ, Otegui E, Savin R) pp. 101-132. (Editorial Facultad de Agronomía: Buenos Aires, Argentina).
- Slafer GA, Kantolic AG, Appendino ML, Tranquilli G, Miralles DJ, Savin R (2015) Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield. En 'Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy'. (Eds. Sadras VO, Calderini DF) pp. 285-319. (Elsevier: Netherlands).
- Spara AF, Cileiro JP, Vernengo E (2011) Producción y calidad nutricional de cereales de invierno utilizados para silaje. *Revista Argentina de Producción Animal* **31** Supl. 1, 487.
- 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 F, Ressia MA, Halimi M, Caldenty FJ, Lázaro L, Arzadún MJ (2016) Comparación de cereales de invierno para producción de silaje en el centro de la provincia de Buenos Aires. *Revista Argentina de Producción Animal* **36** Supl. 1, 340.
- van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nontach polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* **74**, 3583-3597.
- White J, Edwards J (2007) Wheat: growth and development. (Department of Primary Industries: New South Wales, Australia).
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* **14**, 415-421.