

USO DIFERIDO DE CEREALES DE INVIERNO EN EL SUDOESTE BONAERENSE

Deferred use of winter cereals in the southwest of Buenos Aires

Arzadun^{1*} M, Mayo² A, Spara¹ F, Coria³ M, Moreyra² F, Dublan¹ F

¹Facultad de Agronomía de Azul, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bordenave

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Cesáreo Naredo

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

RESUMEN

Para estudiar el comportamiento de cereales invernales destinados al pastoreo diferido en el sudoeste bonaerense se comparó la acumulación de biomasa de 2 cultivares de *Avena sativa* (avena, cv. Marita y cv. Carlota), 2 de *Hordeum vulgare* (cebada forrajera, cv. Rayen y cv. Huilen) y 2 de *Secale cereale* (centeno, cv. Fausto y cv. Emilio) en 4 sitios de la región: Bordenave, Naredo, Pasman (siembra de febrero: Pas-Feb y de marzo: Pas-Mar) y Azul. Cada aproximadamente 28 días, entre abril y agosto se cortó el acumulado desde la siembra estimando el rendimiento de MS y la composición morfológica de la planta, en Pasman y Azul. Sobre muestras de Pas-Mar se determinó el contenido proteico (PB), digestibilidad (DIVMS), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acida (FDA). Las avenas y cebadas acumularon forraje más temprano (junio) con tendencias generalmente cuadráticas mientras que ambos centenos rindieron más en agosto, con tendencias lineales (excepto en Pas-Feb). La proporción de láminas disminuyó mientras subió la de material muerto en todos los cultivares, pero ambas avenas mantuvieron mayor proporción de láminas y menos material muerto, mientras que ambas cebadas presentaron la situación inversa. Los centenos aumentaron el aporte de pseudotallos hacia agosto. Entre abril y agosto, la DIVMS decayó levemente en ambas avenas (75% a 72%), más en los centenos (77% a 63%), y fue menor en ambas cebadas (64% a 53%). La cebada Rayen mostró un alto rendimiento de biomasa en junio, pero al postergar su aprovechamiento invernal la pérdida de calidad reduce tal ventaja. Ambos centenos (Fausto y Emilio) lograron las mayores acumulaciones hacia agosto, aunque su floración temprana hace decaer su calidad nutricional posteriormente. La avena Marita alcanzó elevados rendimientos de biomasa en julio y agosto con una calidad nutricional relativamente elevada, representando una óptima opción de pastoreo diferido para cubrir al periodo de déficit invernal de oferta forrajera en el sudoeste bonaerense.

Palabras clave. avena, cebada, centeno, pastoreo diferido, composición de la planta.

ABSTRACT

To study the performance of winter cereals used for deferred grazing in the southwest region of Buenos Aires Province, the biomass accumulation of *Avena sativa* (oat, cv. Marita and cv. Carlota), *Hordeum vulgare* L. (forage barley, cv. Rayen and cv. Huilen), and *Secale cereale* L. (rye, cv. Fausto, and cv. Emilio), was compared at 4 locations: Bordenave, Naredo, Pasman (2 sowing dates: February (Pas-Feb) and March (Pas-Mar) and Azul. Accumulated DM yield was evaluated from April through August by cutting each approximately 28 days and plant morphological composition was evaluated at Pasman and Azul. Protein content (PB), *in vitro* digestibility (DIVMS) and fiber (FDN and FDA) were evaluated on samples from Pas-Mar. Oat and barley cultivars accumulated forage earlier (June) with quadratic trends, instead the rye cultivars biomass increased linearly until August (except in Pas-Feb). Leaf blades decreased while dead matter increased, in all cultivars, but both oats maintained the highest leaf blade and the lowest dead matter content, while both barleys showed the opposite. Rye cultivars increased their pseudostem portion towards August. From April to August, DIVMS decreased slightly in oat cultivars (75% to 72%), more sharply in rye cultivars (77% to 63%) and barley showed lower levels on all dates (64% to 53%). In barley, the Rayen cultivar exhibited a high yield in June but if grazing is delayed, losses of forage quality would counteract its advantage. Both rye cultivars (Fausto and Emilio) achieved the highest biomass yields in August with acceptable forage quality, but their early flowering decrease their quality later. The oat cultivar Marita exhibited high biomass yield in July and August with a relatively high forage quality, representing a suitable option of deferred grazing to widely cover the period of winter forage deficit in the southwest of Buenos Aires.

Key words. oat, barley, rye, deferred grazing, plant composition.

Recibido: julio 2020

Aceptado: diciembre 2021

Introducción

En la región sudoeste bonaerense los cereales de invierno sometidos a pastoreo representan la principal fuente de forraje verde durante el período de baja oferta invernal. En esta región predominan las explotaciones ganaderas de ciclo completo en las que estos recursos soportan a los terneros luego del destete otoñal. La forma de uso más difundida implica la siembra temprana para proveer una adecuada acumulación otoñal que permita el pastoreo temprano y prolongado al mismo tiempo. La mayoría de los cultivares utilizados tienen bajos o nulos requerimientos de vernalización (Dietz 2021) y la remoción de los macollos que alcanzan el estado reproductivo debido al largo fotoperiodo de comienzos del otoño mantiene el cultivo en estado vegetativo, prolongando su período de pastoreo. Otra forma de aprovechamiento difundida en la región es el aprovechamiento en pleno invierno del forraje acumulado desde la siembra cuando una elevada oferta otoñal de las pasturas perennes limita la duración del período de escasez. El aprovechamiento invernal del forraje acumulado por cultivos de avena, cebada y centeno con diferentes épocas de producción ha sido propuesto para formar una cadena forrajera capaz de generar elevadas ganancias de peso individual (Romero *et al.* 2009). En rodeos de vacas de cría, asimismo, es posible su uso como recurso suplementario de alta calidad hacia el final de la preñez (Gunter *et al.* 2002). En invierno las vacas que atraviesan la etapa final de gestación acceden a un forraje que suplementa el de baja calidad de los recursos disponibles, especialmente en el contenido proteico (Arias *et al.* 2015).

La mayoría de las evaluaciones de germoplasma en cereales de invierno, han sido realizadas mediante cortes que imitan un pastoreo desde estados tempranos (Tomaso 2008). Esto implica su aprovechamiento mediante cortes sucesivos, el primero realizado generalmente a los dos o tres meses de la siembra, coincidiendo con un desarrollo de los macollos principales de entre cinco y seis hojas, y los sucesivos cada vez que el cultivo alcanza unos 25-30 cm de altura. Este tipo de información ha permitido y permite diferenciar materiales, dentro de cada especie, con mayor precocidad en la producción forrajera y otros con capacidad de rebrote superior en pleno invierno (Amigone y Tomaso 2006). Dichas evaluaciones, en general, no comparan cultivares de distintas especies dentro del mismo experimento, ni tampoco producen información sobre las características del forraje acumulado cuando se demora el aprovechamiento hacia el invierno. En esta forma de utilización, con una elevada acumulación de biomasa, la proporción de hojas verdes y el valor nutritivo del cultivo en pleno invierno son características apreciadas no evaluadas generalmente en los ensayos de evaluación de estos materiales.

En general, *Avena sativa* L. (avena) y *Hordeum vulgare* L. (cebada) son consideradas las especies con mayor acumulación temprana de forraje, especialmente la cebada, que resulta preferida por los productores cuando el objetivo es un mayor aporte de forraje otoñal. El centeno (*Secale cereale* L.) es ampliamente utilizado como recurso pastoril en la región sudoeste bonaerense y se le adjudica tradicionalmente una producción de forraje no tan temprana como las especies anteriores, más extendida hacia el final del

invierno (Tomaso 2008). El mejoramiento genético destinado al uso forrajero ocurrido en las últimas décadas, no obstante, ha generado cultivares con patrones estacionales de producción de forraje diferentes dentro de cada especie (Tomaso 2008). A su vez, diferentes cultivares de cereales de invierno pueden presentar distintas proporciones de los componentes de la planta durante la acumulación otoño-invernal de forraje. Los pseudotallos (vainas y/o tallos verdaderos) contienen menor concentración de proteínas que las láminas y acumulan lignina en sus paredes celulares a una velocidad tres veces mayor (Kilcher y Troelsen 1973). En consecuencia, diferencias entre cultivares en la proporción de componentes de la planta durante la acumulación de forraje pueden condicionar su calidad nutricional y esta información sería de interés para detectar diferencias en su aptitud para la utilización diferida del forraje. Hasta el momento, no se encuentran trabajos locales que muestren la acumulación de forraje cuando los cereales se destinan a un aprovechamiento diferido en el invierno, ni de cambios morfológicos de la planta que afectan la calidad nutricional del forraje. En consecuencia, la siembra de cereales de invierno temprana (típicamente febrero-marzo), difiriendo su aprovechamiento por pastoreo hacia el invierno se realiza sin una elección de especie y cultivar basada en información bibliográfica previa. El objetivo de este trabajo fue comparar la acumulación de forraje otoño invernal de cultivares de cereales de invierno (avena, cebada y centeno) de reciente creación y actualmente utilizados en explotaciones ganaderas del sudoeste bonaerense.

Materiales y Métodos

Durante el año 2015, experimentos destinados a evaluar la acumulación invernal de cereales de invierno se realizaron en 4 localidades (de oeste a este): Bordenave (37° 46' S, 63° 06' O, INTA EEA Bordenave), Naredo (36°51' S, 62°27' O, INTA EEA Cesáreo Naredo) y Pasman (37°10' S, 62°06' O, Chacra Experimental MAA Coronel Suárez); y en 2016 en Azul (36° 49' S, 59° 53' O, Chacra Experimental de Facultad de Agronomía UNCPBA). Los sitios, separados por una distancia máxima de 305 km, son representativos del centro y sudoeste húmedo y sub-húmedo bonaerense. En todos los casos se utilizaron suelos agrícolas de buena fertilidad con diferencias de textura y contenido de materia orgánica (Tabla 1). Los cultivos se sembraron a densidades de alrededor de 300 semillas viables por m², luego de un barbecho de labranza convencional de 35-40 días, el 10 de marzo en Bordenave, el 5 de marzo en Naredo, el 11 de febrero y 11 de marzo, en Pasman, y el 3 de marzo en Azul. Se fertilizó en el momento de la siembra con 70 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico, aplicado al voleo. Se controlaron malezas mediante herbicidas y no se utilizaron funguicidas ni insecticidas.

Se incluyeron dos cultivares de avena: Marita y Carlota, dos de cebada forrajera: Rayen y Huilen, y dos de centeno Fausto y Emilio. En Bordenave, la avena cv. Marita fue reemplazada por el cv. Violeta, y en Azul no se incluyó centeno. Todos los cultivares son originados en el plan de mejoramiento realizado en INTA EEA Bordenave. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con parcelas divididas, con cuatro repeticiones, donde los cultivares

Tabla 1. Características del suelo en los cuatro sitios de estudio en el sudoeste bonaerense.**Table 1.** Soil characteristics at the four study sites in the southwest of Buenos Aires.

Sitio	Suelo Clasificación	Textura	MO (%)	P (ppm)	pH
Bordenave	Haplustol éntico	Franco arenoso	2,7	18,0	6,8
Naredo	Haplustol típico	Franco arenoso	2,2	23,1	6,3
Pasman	Hapludol /Argiudol	Franco arcilloso	4,5	15,3	6,7
Azul	Argiudol típico	Franco arcilloso	3,5	13,0	6,5

representaron las parcelas principales y los sucesivos cortes realizados las parcelas secundarias. Las dos fechas de siembra utilizadas en Pasman fueron dispuestas en el terreno dentro de los bloques a modo de parcela principal de un diseño de parcelas doblemente divididas. La parcela de cada cultivar tuvo un área de 28 m² (2,8 x 10m) y para estimar la acumulación de forraje se hicieron cortes con tijera al ras del suelo sobre áreas de 1 x 2 m en cada parcela, intactas desde la siembra, cada aproximadamente 28 días a partir de mediados de abril hasta mediados de agosto (excepto en Bordenave donde la evaluación terminó en julio). El material recolectado incluyó las hojas muertas aún adheridas a la planta. Muestras de cada parcela (200-400 g de forraje fresco) fueron secadas en estufa de circulación forzada, a 60°C durante 48 horas, para estimar el contenido de MS. En el corte realizado en junio, en Bordenave y Pas-Mar, se registró la altura del canopeo y la de la última lígula visible, desde el suelo, sobre 10 tallos en cada parcela de uno de los bloques. Esta información del desarrollo de las plantas, no analizada estadísticamente, es usada en la discusión de los resultados.

Paralelamente, en los cortes de junio a agosto de Pas-Feb, Pas-Mar y Azul, otras muestras (entre 500 y 700 gramos de forraje fresco) de cada parcela fueron sometidas a separación manual en sus componentes láminas, pseudotallos (vainas y tallos verdaderos), inflorescencias, y material muerto. Las sub-muestras de cada componente, secadas en estufa hasta peso constante, se utilizaron para calcular su aporte relativo a la materia seca total. Por último, las muestras de planta entera recolectadas en Pas-Mar desde abril a agosto, provenientes de 3 de los bloques del experimento, luego de secadas, fueron molidas (malla de 1 mm) y fraccionadas para su análisis de calidad nutricional. Sobre ellas se determinó el contenido de proteína bruta (PB: Kjeldahl x 6,25), los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácida (FDA) de acuerdo a Goering y Van Soest (1970) y la digestibilidad de la MS (DIVMS) fue estimada mediante la incubación en bolsas filtrantes F57 (Ankom Technology) dispuestas en un incubador Daisy II (Ankom Technology, Fairport, NY, EEUU). Se utilizó para la incubación el fluido ruminal extraído de un novillo fistulado en rumen alimentado con heno de alfalfa. Los valores de PB y DIVMS fueron usados como multiplicadores de la acumulación de biomasa para calcular la acumulación de PB y materia seca digestible (MSD) por hectárea, respectivamente, a lo largo del experimento.

Dentro de cada experimento se realizó un análisis de varianza para los efectos de genotipo y fecha de corte. Sobre la información de los experimentos donde los mismos

cultivares estuvieron presentes se realizó un análisis combinado para evaluar efectos del experimento y sus interacciones. Ante la existencia de interacciones significativas de genotipo x fecha de corte, se compararon las medias de cultivares dentro de cada fecha mediante prueba de LSD_{0,05}. Se usaron contrastes ortogonales para hacer comparaciones entre especies y evaluar tendencias (lineales o cuadráticas) en la acumulación de biomasa. Se utilizó el programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2015).

Resultados

Condiciones ambientales

Las precipitaciones caídas entre marzo y agosto en los sitios de estudio variaron desde los 204 mm registrados en Naredo a los 326 mm en Pasman, mientras que las temperaturas medias mensuales registradas en el período sólo presentaron diferencias entre localidades inferiores a 1,5°C; excepto en Azul en marzo, mayo y agosto se registraron medias levemente inferiores al resto (Tabla S1). El total de heladas (mínimas inferiores a 0°C, en abrigo meteorológico a 150 cm del suelo) registradas hasta agosto fue de 37 en Bordenave, 27 en Naredo, 30 en Pasman y 28 en Azul (Tabla S1). Si bien las condiciones meteorológicas representan las variaciones esperables en la región para este período del año; las lluvias en Bordenave durante 2015 resultaron superiores en un 32% al promedio de la década precedente, mientras que en Azul en 2016 fueron inferiores en un 40% al mismo registro histórico.

Rendimientos alcanzados

Las diferencias de rendimiento entre cultivares de la misma especie resultaron, en general, menores a las observadas entre especies y los contrastes ortogonales realizados entre las especies resultaron significativos en la mayoría de los cortes. El mayor rendimiento temprano (junio) lo mostraron las avenas en Azul, Naredo y Pas-Feb, y las cebadas en Bordenave y Pas-Mar. Los centenos obtuvieron su mayor rendimiento en agosto, a excepción de Pas-Feb (Figura 1). En general, las acumulaciones más tempranas, con mayor forraje otoñal, se correspondieron con tendencias cuadráticas, obteniendo en estos casos rendimientos elevados en junio y estabilizándose o decayendo levemente de ahí en adelante, mientras el mayor rendimiento acumulado en el invierno se relacionó con comportamientos lineales (Figura 1). La siembra temprana de febrero (Pas-Feb) muestra un comportamiento relativamente diferente ya que

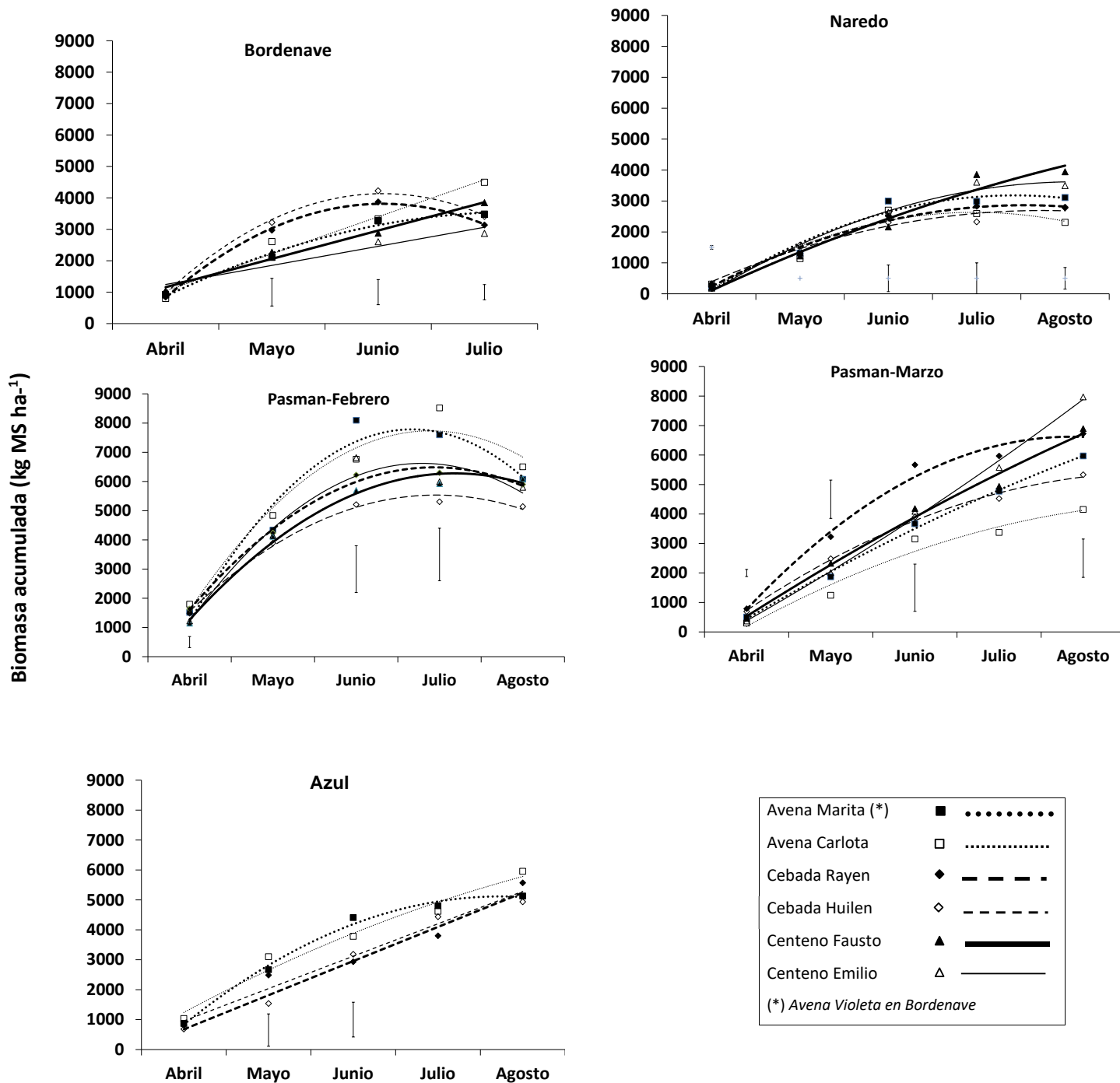


Figura 1. Acumulación de biomasa de cultivares de cereales de invierno con sus tendencias lineales o cuadráticas en los experimentos de Bordenave, Naredo, Pasman (siembras de febrero y marzo) y Azul. Las barras verticales indican valor de $LSD_{0,05}$ para comparar cultivares en cada fecha de evaluación.

Figure 1. Biomass accumulation of winter cereal cultivars with their linear or quadratic trends at the experiments in Bordenave, Naredo, Pasman (February and March sowings), and Azul. Vertical bars are $LSD_{0,05}$ value for cultivars into cutting date.

luego de alcanzar elevados rendimientos en junio y julio la biomasa decae hacia agosto en todos los cultivares.

La acumulación de biomasa de los distintos genotipos mostró algunas generalidades, pero también diferencias en los distintos ensayos (Figura 1). Una acumulación más temprana (hasta junio) se correspondió en todos los casos con tendencias cuadráticas y fue el caso de ambas cebadas (Bordenave), cebada Rayen (Pas-Mar) o ambas avenas (Pas-Feb y Azul). En contraposición, ambos centenos acumularon biomasa más lentamente logrando sus mayores rendimientos en agosto, en Bordenave, Naredo y Pas-Mar, y su comportamiento resultó lineal. En Azul, las avenas mostraron mayor acumulación de forraje inicial que ambas cebadas, pero esa diferencia desaparece durante julio y agosto. En Pasma, la siembra de marzo mostró un rendimiento superior para la cebada Rayen hasta junio, siendo luego alcanzado por avena Marita y el de ambos centenos. En este último ensayo, la avena Carlota presentó menores rendimientos en todo el período de evaluación (Figura 1).

Composición morfológica de la planta

La información generada en Pas-Feb, en Pas-Mar, y en Azul mostró diferencias entre cultivares ($P \leq 0,01$) para la proporción en materia seca de los tres componentes observados (láminas pseudotallos y material muerto), y una diferente evolución a través del tiempo (interacción significativa cultivar x fecha de corte; $P \leq 0,01$). La composición morfológica mostró, en los tres experimentos citados, similar relación entre los valores de los distintos cultivares y coincidentes tendencias en el tiempo. En consecuencia, se muestra la evolución de la composición de la planta en el experimento Pas-Mar para los distintos cultivares desde junio a agosto, cuando se presentaron las mayores diferencias (Figura 2).

Desde junio a agosto todos los cultivares mostraron un descenso en la proporción de lámina verde de magnitud similar al incremento de la proporción de material muerto, en avena y cebada, y del de material muerto y pseudotallos en los centenos (Figura 2). Ambos cultivares de avena tuvieron mayor proporción de lámina verde que las cebadas y los centenos, en los 3 experimentos y a lo largo de los cortes ($P \leq 0,10$). Si bien se observó una mayor proporción de láminas en avena Carlota que en Marita y en el centeno Fausto respecto a Emilio estas diferencias resultaron menores a las observadas entre especies, y no fueron estadísticamente significativas ($P > 0,10$).

En el corte de junio, el pseudotallo representó una fracción importante de la biomasa recolectada, mayor al 40% en Pas-Feb, alrededor de 30% en Pas-Mar y alrededor de 20% en Azul. La proporción de pseudotallos, en Pas-Mar, se incrementó en ambos centenos desde junio hasta agosto donde sus niveles resultan superiores a los de avenas y cebadas ($P \leq 0,10$) (Figura 2). En conjunto, los cultivares de igual especie mostraron proporciones de sus componentes y tendencias en el tiempo similares entre sí y diferentes a las de las otras especies ($P \leq 0,10$), presentando las avenas una mayor proporción de láminas verdes y las cebadas más tejido muerto mientras los centenos acumularon mayor proporción de pseudotallos hacia el final del período.

La acumulación de biomasa en inflorescencias, en Pas-Feb resultó muy baja en avena y cebada (menor al 1%) en el corte de junio, no detectándose posteriormente nuevas panojas, pero fue algo mayor en ambos centenos donde la proporción de espigas emergidas alcanzó valores de entre 2 y 4% (datos no mostrados). En Pas-Mar no se observó emergencia de inflorescencias excepto en ambos centenos en el corte de agosto donde esta fracción contribuyó, en promedio con sólo un 0,5% de la biomasa total (las inflorescencias se presentan sumadas a la fracción tallo en Figura 2). En Azul no se detectaron inflorescencias.

La mayor presencia de material muerto ocurrió en la siembra temprana (Pas-Feb) y la menor en Azul, alcanzando en agosto una proporción en la materia seca de 48,3% en Pas-Feb, 34,4% en Pas-Mar y de 17,3% en Azul en promedio de las avenas y las cebadas (presentes en los tres experimentos). La proporción de material muerto tendió a incrementarse durante el período estudiado, registrándose siempre en ambas cebadas los mayores valores (Figura 2).

Las estimaciones de porte de las plantas registradas en junio resultan coincidentes en Bordenave y en Pas-Mar, para la altura del canopeo, en promedio de 45 a 50 cm, sin diferencias detectables entre los cultivares, y una altura de la última lígula de unos 35-45 cm para los centenos y de 25-35 cm en promedio de avenas y cebadas. Esta última medida del desarrollo de pseudotallos resulta coherente con el aporte de pseudotallos a la biomasa total citado anteriormente e indicaría que todos los cultivares alcanzaron o superaron, durante el otoño, la etapa 30 (alargamiento del pseudotallo) de la escala decimal de Zadoks *et al.* (1974). Luego de esto, los cultivares demoraron el posterior desarrollo reproductivo durante el invierno no observándose floración a excepción de ambos centenos en el corte de agosto.

Calidad nutricional del forraje

En los parámetros de calidad nutricional evaluados también se advierten comportamientos relativamente similares, en niveles y tendencias, entre cultivares de la misma especie, mostrando los contrastes ortogonales diferencias entre especies con tendencia significativa ($P > 0,10$; Tabla 2) a lo largo de las fechas de corte. Desde abril a agosto el contenido proteico cayó en todos los cultivares, linealmente en las avenas y en forma cuadrática en el resto, detectándose diferencias significativas entre ellos solamente en mayo y junio, donde se distingue el mayor nivel proteico de avena Carlota y el menor de cebada Rayen (Tabla 2). Los niveles de DIVMS evolucionaron durante el mismo período de manera menos definida. En ambas cebadas se encontraron siempre los menores valores de digestibilidad, mientras las avenas mostraron los mayores valores, especialmente en agosto. La caída en DIVMS, en promedio de las especies, entre junio y agosto (período invernal de potencial aprovechamiento de este cultivo forrajero) fue menor en las avenas (2,75%), intermedia en los centenos (10,25%) y superior en las cebadas (17,25%). En el análisis de la fracción fibrosa resultaron evidentes los mayores niveles de ambas cebadas a partir de junio, especialmente en FDA, mientras en las avenas se encontraron los menores valores de FDN y FDA hacia el final del experimento, especialmente en el cultivar Carlota (Tabla 2). Considerando los promedios por especie

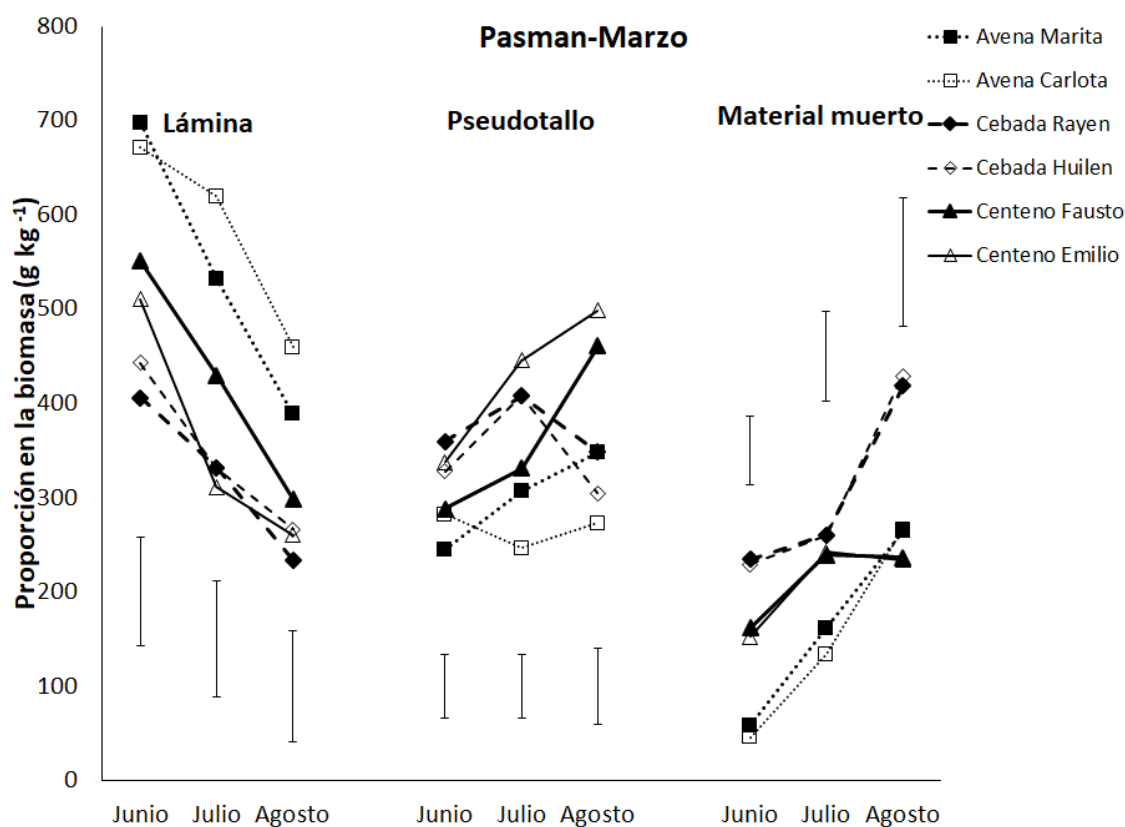


Figura 2. Variación de la composición morfológica de la planta, entre junio y agosto, de seis cultivares de cereales de invierno sembrados en Pasman en marzo. Las barras verticales indican valores de $LSD_{0,05}$ en cada fecha de evaluación.

Figure 2. Morphological composition variation, from June to August, of six cultivars of winter cereals sown at Pasman in March. Vertical bars shows $LSD_{0,05}$ values at each evaluation date.

(datos no mostrados): en la evaluación de agosto ambas avenas mostraron la mayor calidad forrajera, las cebadas la menor y los centenos presentaron características intermedias para los cuatro parámetros evaluados. Se destaca la mayor calidad de avena Carlota en agosto respecto al resto de los cultivares (Tabla 2).

Rendimiento en proteína y materia seca digestible por hectárea

La disminución de la calidad del forraje que ocurre mientras se acumula biomasa en otoño y en invierno, induce a evaluar la acumulación en términos de rendimientos de biomasa acumulada digestible o de proteína bruta por hectárea. Los resultados generados en Pas-Mar indican que las diferencias entre los cultivares en la acumulación de PB no resultaron significativas ($P > 0,10$), y el promedio de los cultivares alcanzó un valor de $770 \text{ kg de PB ha}^{-1}$ en el corte de junio, estabilizándose a partir de ese momento (datos no

mostrados) y reflejando variaciones relacionadas mayormente con el rendimiento. La acumulación de forraje durante el invierno compensó la caída del contenido proteico.

La acumulación de MSD, en cambio, mostró diferencias entre cultivares y una interacción cultivar x fecha de corte significativa ($P \leq 0,01$). A partir de junio de la avena Carlota y la cebada Huilen tuvieron escasa acumulación de MSD y alcanzaron un máximo de alrededor de $3000 \text{ kg de MSD ha}^{-1}$, mientras los otros cultivares continuaron incrementando el rendimiento hasta niveles similares o mayores a los $4000 \text{ kg de MSD ha}^{-1}$ (Figura 3). Esta menor acumulación invernal observada tuvo diferente origen en cada caso. Mientras en la avena Carlota se originó en una menor acumulación de biomasa, pero de elevada digestibilidad (comparar Figura 1 y Tabla 2); en la cebada Huilen este comportamiento es una combinación de la disminución en ambos factores, especialmente una menor digestibilidad invernal (Tabla 2).

Tabla 2. Proteína bruta (PB), digestibilidad *in vitro* (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) y de la biomasa acumulada por seis cultivares de cereales de invierno en el ensayo sembrado en marzo, en Pasman. Las medias son promedio de tres repeticiones ± E.S. Se comparan los genotipos dentro de cada época de corte y se evalúan por contrastes ortogonales las tendencias en la acumulación.

Table 2. Crude protein (PB), dry matter *in vitro* digestibility (DIVMS), neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA) in the accumulated biomass of six winter-cereal cultivars. Means are average of three replications ± S.E. Genotypes are compared within each cutting date and accumulation trends are evaluated by orthogonal contrasts.

	Avena		Cebada		Centeno		Efecto del genotipo	
	Marita	Carlota	Rayen	Huilen	Fausto	Emilio	F	LSD _{0,05}
	PB %							
Abril	29,5 ± 0,5	28,9 ± 0,9	30,8 ± 0,3	30,5 ± 0,6	29,8 ± 2,2	30,6 ± 0,5	NS	--
Mayo	27,2 ± 1,4	30,8 ± 0,1	24,6 ± 0,1	25,3 ± 0,6	28,1 ± 0,6	25,8 ± 0,3	**	2,39
Junio	20,9 ± 2,8	22,8 ± 0,8	14,3 ± 0,6	17,6 ± 2,1	21,1 ± 0,3	16,8 ± 0,2	*	4,28
Julio	18,0 ± 4,3	18,4 ± 1,2	14,0 ± 0,1	15,1 ± 1,5	16,8 ± 1,8	14,3 ± 0,5	NS	--
Agosto	12,6 ± 1,0	18,2 ± 2,9	11,4 ± 0,3	13,9 ± 0,3	12,6 ± 0,5	12,3 ± 0,7	NS	--
Tendencia	L**	L**	L**C**	L**C**	L**C**	L**C**		
	DIVMS %							
Abril	78,1 ± 1,1	72,4 ± 0,4	59,8 ± 3,1	68,8 ± 1,4	73,3 ± 3,0	80,5 ± 4,7	*	10,4
Mayo	76,8 ± 0,5	70,6 ± 3,0	63,0 ± 4,5	50,9 ± 0,4	77,0 ± 4,4	75,1 ± 3,0	*	11,7
Junio	73,5 ± 2,1	79,0 ± 1,1	73,6 ± 2,9	67,9 ± 0,7	75,5 ± 1,5	72,1 ± 0,6	*	6,53
Julio	81,5 ± 1,5	81,0 ± 0,2	67,7 ± 0,1	66,4 ± 0,9	79,0 ± 0,3	76,4 ± 1,3	**	3,36
Agosto	69,9 ± 9,3	74,4 ± 3,5	56,9 ± 2,6	50,1 ± 7,7	69,3 ± 1,8	57,8 ± 0,1	*	17,5
Tendencia	NS	C*	NS	L*	L* C*	L**		
	FDN %							
Abril	42,3 ± 0,7	43,5 ± 0,5	46,5 ± 1,2	45,3 ± 0,9	48,5 ± 1,9	45,8 ± 0,2	**	2,19
Mayo	56,0 ± 1,2	58,8 ± 0,2	60,4 ± 0,5	56,3 ± 0,4	54,7 ± 1,8	54,6 ± 1,4	*	3,81
Junio	47,1 ± 4,3	45,3 ± 0,4	55,6 ± 1,1	49,6 ± 0,1	49,9 ± 2,0	49,0 ± 0,9	NS	--
Julio	48,0 ± 0,7	44,2 ± 0,4	56,2 ± 1,9	50,2 ± 0,5	50,0 ± 0,3	48,4 ± 1,2	**	2,23
Agosto	55,0 ± 5,2	51,9 ± 3,2	58,5 ± 2,5	58,2 ± 1,5	56,7 ± 3,2	55,8 ± 1,6	NS	--
Tendencia	L*	L*	L**	L**	L** C*	L**C*		
	FDA %							
Abril	13,9 ± 0,9	13,7 ± 0,7	17,6 ± 0,7	17,9 ± 0,8	14,1 ± 1,3	14,0 ± 0,1	*	3,22
Mayo	23,4 ± 0,1	21,6 ± 2,0	27,9 ± 1,5	24,3 ± 0,7	23,8 ± 0,2	23,8 ± 0,8	NS	--
Junio	19,7 ± 2,7	17,7 ± 0,3	28,4 ± 1,2	23,9 ± 0,5	23,1 ± 1,3	23,2 ± 0,9	*	5,36
Julio	21,1 ± 1,2	16,5 ± 0,9	29,5 ± 1,8	25,1 ± 0,4	24,9 ± 0,4	23,5 ± 0,8	**	2,00
Agosto	24,1 ± 2,2	19,9 ± 0,9	30,7 ± 2,2	28,1 ± 1,5	28,6 ± 2,9	26,4 ± 0,9	**	2,88
Tendencia	L**C*	L*	L**C**	L**	L**	L**		

NS: $P > 0,10$; *: $P \leq 0,10$; **: $P \leq 0,01$; L: contraste lineal y C: contraste cuadrático.

Discusión

Dependiendo del ambiente fue posible una acumulación de forraje diferido entre los 3000 y 7000 kg de materia seca por hectárea utilizando cultivares de avena, cebada o centeno. Los rendimientos más bajos se encontraron en Bordenave y Naredo y los más elevados en ambas siembras de Pasman (Figura 1). A su vez, las avenas y las cebadas resultaron de acumulación de forraje más precoz que los centenos, lo cual alienta una posible complementación de las especies para obtener un pastoreo más prolongado: es decir la utilización por pastoreo del centeno luego de aprovechar cebada o avena. Sin embargo, en varios casos los cultivares de avena o de cebada alcanzaron el final del invierno con elevados niveles de biomasa y calidad forrajera. Por lo tanto, el conocimiento de los cultivares en términos de producción y calidad forrajera (más allá de la especie), y su comportamiento ante diferentes fechas de siembra puede aportar información destinada a optimizar su utilización como forraje diferido. En este trabajo, las tendencias en la

acumulación de biomasa observadas ante diferentes fechas de siembra en Pasman (Figura 1) apoyan tal posibilidad, ya que en la siembra temprana todos los cultivares alcanzaron los mayores rendimientos en julio para luego decaer, mientras que en la siembra de marzo continuaron acumulando biomasa luego de julio. Este comportamiento debería tomarse en cuenta para optimizar el cultivo según el momento en que se planea aprovechar el forraje y/o para proveer una oferta más extendida en el tiempo combinando ambas fechas de siembra.

Patrones de acumulación de biomasa en cereales de invierno

La elevada acumulación de biomasa otoñal está relacionada con el alargamiento de pseudotallos (vainas foliares más tallos verdaderos) y un cambio de porte de la planta hacia uno más erecto. El rendimiento de forraje otoñal de cultivares de cereales de invierno que elevaron tempranamente sus tallos, entrando en estado reproductivo y alcanzando la floración hacia el final del otoño, ha sido

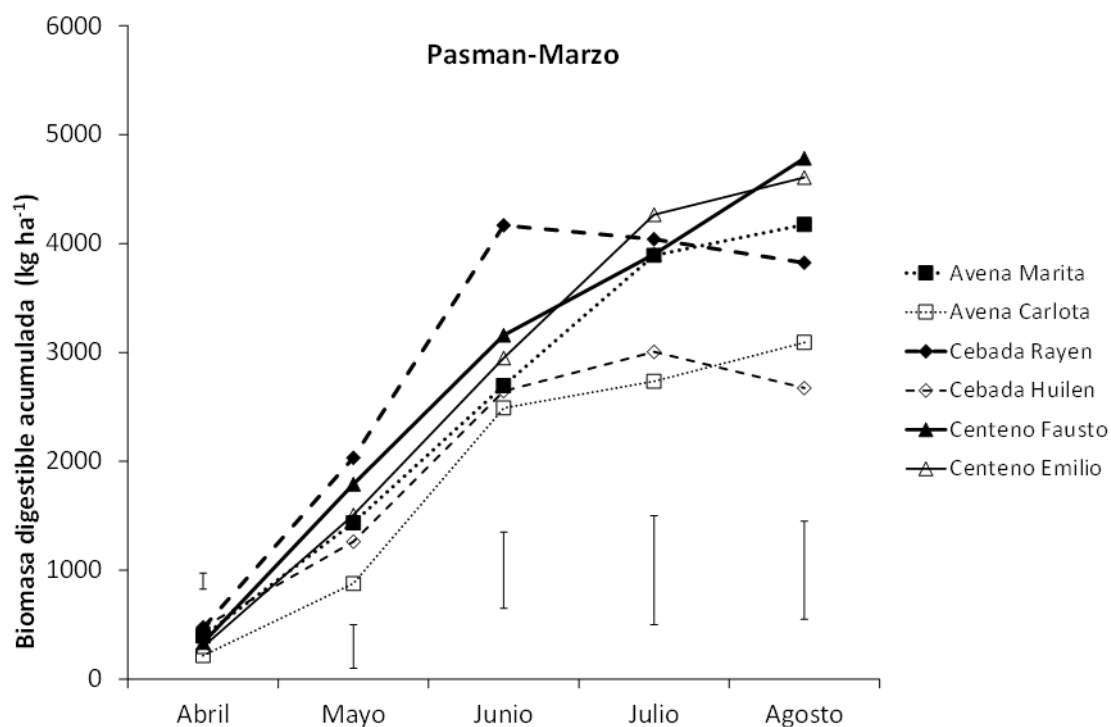


Figura 3. Acumulación de biomasa digestible de 6 cultivares de cereales de invierno sembrados en Pasman en marzo. Las barras verticales indican el valor de $LSD_{0,05}$ en cada fecha de evaluación.

Figure 3. Digestible biomass accumulation of six cultivars of winter cereals sown at Pasman on March. Vertical bars indicate $LSD_{0,05}$ values at each evaluation date.

considerado muy superior al de cultivares que se mantienen en estado vegetativo en ese período (Coblentz y Walgenbach 2010). De igual modo, Gunsaulis *et al.* (2008) proponen el uso de cultivares que al menos alarguen sus pseudotallos tempranamente cuando el objetivo es acumular forraje otoñal, aun considerando que en estos cultivares puede ocurrir posteriormente un mayor daño por heladas.

En este trabajo solamente bajo la siembra de febrero (Pas-Feb) los cultivares alcanzaron la emergencia temprana de flores, sobre tallos aislados en las avenas y las cebadas y algo más generalizada en los centenos. En Pas-Mar, en cambio, no se detectó emergencia de flores, excepto en los centenos en el corte de agosto, y la composición morfológica de las plantas de avena y cebada no mostró un incremento de pseudotallos entre junio y agosto (Figura 2). En el caso de la siembra temprana (típicamente en febrero) de cereales de invierno sin requerimientos de vernalización sería esperable una diferenciación temprana de ápices, un encañe otoñal e incluso la emergencia de flores. En este trabajo no se tomaron observaciones detalladas sobre los macollos y, en consecuencia no se puede cuantificar el grado de ocurrencia del pasaje a estado reproductivo de los ápices. De todos modos, se pudo observar que ante la siembra temprana, los cultivares de avena y de cebada florecieron aisladamente y luego demoraron su desarrollo reproductivo al menos durante 90 días después de cambiar a un porte más erecto. Ambos centenos, en cambio evolucionaron algo más precozmente mostrando flores emergidas durante el invierno.

En un grupo de cultivares nacionales de avena que incluyó a Carlota (utilizada en este trabajo), Dietz (2021) encontró

bajos o nulos requerimientos de vernalización y ciertas diferencias entre ellos en su sensibilidad al fotoperiodo. Esta respuesta al fotoperiodo es considerada cuantitativa, y resulta en un alargamiento de las fases del desarrollo reproductivo inversamente proporcional a las horas de luz del periodo. Asimismo, trabajos realizados en trigo y cebada cervecera muestran una demora del desarrollo pre-antesis debido a la sensibilidad al fotoperiodo, o a una probable interacción entre fotoperiodo y temperatura (Miralles *et al.* 2001). Los cultivares de avena y cebada usados en este trabajo mostraron durante el invierno un estancamiento en su desarrollo reproductivo durante al menos 90 días, a diferencia de ambos centenos que alcanzaron la emergencia de flores en agosto. Una elongación de los pseudotallos durante el otoño que permita alcanzar elevadas acumulaciones de biomasa combinada con una demora en el posterior desarrollo reproductivo, junto a una elevada proporción de lámina verde en invierno, serían características deseables de los cultivares destinados al pastoreo diferido.

Composición morfológica y calidad forrajera del forraje diferido

Las variaciones de composición morfológica reportadas aquí, entre junio y agosto, para los diferentes cultivares guardan relación con la calidad forrajera observada y con el potencial uso de estos cultivos como forraje diferido. Las diferencias más notables tienen que ver con un mayor aporte de lámina observado en ambas avenas, que coincide con mayores niveles de DIVMS (especialmente en avena Carlota), y una mayor acumulación de material muerto en ambas cebadas que superó en agosto el 40% de la biomasa, que

coincide con menores niveles de DIVMS (Figura 2 y Tabla 2). La senescencia de hojas de cebada, que ocurrió en este trabajo en mayor medida que en las otras especies condicionaría el aprovechamiento tardío de estos cultivares. En concordancia, la calidad del forraje descendió en todos los cultivares al demorar el aprovechamiento hacia el invierno, pero tanto avena como centeno mantuvieron en julio una elevada calidad (79,5% de DIVMS, y 16,9% de PB vs 67,0% de DIVMS y 14,5% de PB en las cebadas) (Tabla 2). Incluso en el mes de agosto las avenas promediaron niveles de PB superiores al 15% y más del 70 % de DIVMS, calidad que sería suficiente para sustentar una ganancia de 700 g por día en animales de alrededor de 250-300 kg de peso vivo (NRC 2000).

El rendimiento de PB por hectárea mostró, en todos los materiales, poca o nula acumulación después de junio, pero, por el contrario, la acumulación de MSD continuó más allá de esa fecha excepto en la cebada Huilen y la avena Carlota (Figura 3). Las causas de tal comportamiento son diferentes, mientras avena Carlota mantuvo una DIVMS más elevada, pero con menor biomasa acumulada, en la cebada Huilen se encontraron los menores valores de DIVMS (Figura 1 y Tabla 2). Asimismo, al considerar la acumulación de MSD es posible observar el comportamiento destacado de la cebada Rayén en el aprovechamiento de junio.

Consideraciones para el pastoreo diferido de cereales de invierno

Las razones que pueden justificar el uso del forraje acumulado en el otoño por los cereales de invierno, como pastoreo diferido al invierno están relacionadas con el balance forrajero de las explotaciones ganaderas (Romero *et al.* 2009). Una relativa abundancia de forraje de calidad en una explotación de engorde durante el otoño, proveniente de pasturas perennes puede restringir el período de escasez al lapso julio-agosto, y en ese momento el acumulado de cereales de invierno puede resultar una reserva en pie de calidad superior al resto de los recursos existentes en la explotación. En una explotación de cría, por otro lado, es conveniente disponer de un forraje complementario de buena calidad aprovechable a pastoreo capaz de suplir la deficiente calidad de los recursos invernales más abundantes (Gunter *et al.* 2002). En las condiciones locales un período particularmente crítico es el inmediatamente anterior al parto en el que las vacas enfrentan un incremento de sus requerimientos no cubierto por los recursos existentes de bajo costo, por ejemplo, el pastoreo diferido de sorgo, o de pasto llorón. En esas circunstancias se han demostrado considerables mejoras de la performance reproductiva ligado a mejoras nutricionales durante un corto período, especialmente en proteína (Larson *et al.* 2008). Una mejora nutricional en el último mes de la gestación de vacas ha mostrado una inmediata mejora en la condición corporal ligada al peso de la cría al nacer y al intervalo medio parto-celo de un rodeo (Maresca *et al.* 2008). El uso de cereales de invierno representa una forma económica de lograr ese impacto positivo al ser utilizados mediante pastoreo durante un corto período de importancia estratégica (Gunter *et al.* 2002). El impacto del pastoreo complementario de un cereal sobre el estado corporal y la performance reproductiva de

vacas se puede lograr incluso si se restringe la asignación de este forraje complementario mediante el acceso discontinuo, por ejemplo: pastoreando 3 veces a la semana (Arias *et al.* 2015).

El uso de un cereal de invierno cuyo forraje se acumula para el pastoreo invernal por vacas en la última etapa de la gestación puede ser incluido en la cadena forrajera de una explotación de cría de la región. Los costos de implantación de un cereal de invierno oscilan entre 150 y 180 u\$s ha⁻¹ (Tosi 2006), mientras el costo de oportunidad generado por el uso de la tierra es de unos 40 u\$s ha⁻¹. Considerando rendimientos de forraje diferido de entre 3000 y 4000 kg de MSD ha⁻¹ se obtendría un costo del alimento de entre 4,7 y 7,3 centavos de u\$s por kg de MSD. La utilización de heno en forma de rollos para cubrir este déficit invernal es la forma más común de suplementación y prácticamente la única en muchas explotaciones de cría bovina. Si bien el costo de los rollos varía considerablemente a lo largo del año y entre años, la consideración del costo de confección representa su valor mínimo (descartando el valor del forraje que lo compone) y es equivalente a unos 5 centavos de u\$s por kg de MS. Considerando que el heno contenido en los rollos de pastura perenne disponibles en la región tiene una digestibilidad de alrededor del 55% (Juan *et al.* 2001), el kg de MSD obtenido de ellos cuesta unos 9 centavos de u\$s. En consecuencia, el forraje en pie resulta una opción más económica que la henificación del punto de vista de la oferta de MSD. Esas cantidades de forraje acumulado hacen considerar la necesidad de un pastoreo eficiente donde se minimicen los desperdicios con un adecuado control de la asignación forrajera. La utilización del cultivo controlando la asignación del forraje debería ser planeada en estos casos (Gunsaulis *et al.* 2008). El pastoreo de hileras del forraje cortado puede mejorar la eficiencia de cosecha, aunque el costo de esta labor adicional debe tomarse en cuenta (Baron *et al.* 2006).

A modo de recomendación práctica del presente trabajo, se concluye que las diferencias observadas entre los cultivares indican que la correcta elección de la especie y cultivar puede afectar el resultado del pastoreo diferido de cereales de invierno. En consecuencia, el aprovechamiento diferido de la cebada Rayén sería adecuado para cubrir el inicio del invierno (junio) pero la posterior pérdida de hojas verdes y calidad nutricional la harían menos recomendable para un aprovechamiento más tardío. Para afrontar un déficit de oferta forrajera hacia fines del invierno (el más frecuente en la región del sudoeste bonaerense), los centenos utilizados, Fausto y Emilio, serían una buena elección, aunque su encañe más precoz podría hacer decaer su calidad si se aprovechan más allá de agosto. Es de destacar que la avena Marita mostró, en general, una elevada acumulación de biomasa en julio y agosto, con moderadas pérdidas de láminas y digestibilidad durante el invierno que la harían recomendable para un aprovechamiento más prolongado que los otros cultivares evaluados. Cultivares con estas características permitirían cubrir el déficit forrajero invernal con mayor seguridad. Por último, la diferente forma de acumulación de forraje observada entre Pas-Feb y Pas-Mar para los mismos cultivares, sugiere la conveniencia de una fecha temprana si se realiza un aprovechamiento de junio logrando en este momento una muy superior acumulación de

forraje. Durante el invierno, no obstante, la biomasa obtenida en Pas-Feb se mantuvo estable o decreció. Por otro lado, la siembra temprana (Pas-Feb) presentó, en todo el período de potencial aprovechamiento invernal (de junio a agosto) una menor proporción de lámina y mayor acumulación de material muerto que Pas-Mar (datos no mostrados). Esta composición del cultivo puede anular las ventajas de la elevada biomasa obtenida en junio, desde el punto de vista de su valor forrajero.

Bibliografía

- Amigone MA, Tomaso JC (2006) Principales características de las especies y cultivares de verdeos de invierno. Informe de Extensión **103**, 11 pp. INTA EEA Marcos Juárez, Argentina.
- Arias S, Freddi J, Piazza A, Arzadun M, Giles P (2015) Effect of infrequent wheat pasture supplementation on in vivo DM and NDF digestibility and nitrogen retention of pregnant beef cows consuming deferred sorghum. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **14**, 351-356.
- Baron VS, Dick AC, McCartney D, Basarah JA, Okine EK (2006) Carrying capacity, utilization and weathering of swathed whole plant barley. *Agronomy Journal* **98**, 714-721.
- Coblentz WK, Walgenbach RP (2010) Fall growth, nutritive value, and estimation of total digestible nutrients for cereal-grain forages in the north-central United States. *Journal of Animal Science* **88**, 383-399.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW (2015) InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dietz JI (2021) Determinación del período crítico y requerimientos de fotoperiodo y vernalización en avena. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Goering HK, Van Soest PJ (1970) Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agriculture Handbook* **379**. (ARS, USDA: Washington DC).
- Gunsaulis JL, Coblentz WK, Ogden RK, Bacon RK, Coffey KP, Hubbell III DSe, Skinner JV, Akins MS, Caldwell JD, Lusby KS, Gunter SA (2008) Fall growth potential of cereal grain forages in Northern Arkansas. *Agronomy Journal* **100**, 1112-1123.
- Gunter S, Cassida K, Beck P, Phillips J (2002) Winter-annual pasture as a supplement for beef cows. *Journal of Animal Science* **80**, 1157-1155.
- Juan NA, Azcárate MP, Pordomingo AJ (2001) Valor nutritivo de los forrajes, granos y suplementos disponibles en la región de influencia de INTA Anguil. Boletín División Técnica **71**, 82-95. INTA EEA Anguil, Argentina.
- Kilcher MR, Troelsen JE (1973) Contribution and nutritive value of the major plant components of oat through progressive stages of development. *Canadian Journal of Plant Science* **53**, 251-256.
- Larson D, Martin J, Adams D, Funston R (2008) Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *Journal of Animal Science* **87**, 1147-1155.
- Maresca S, Quiroz Garcia JL, Melani G, Burges J, Buisca G, Plorutti F (2008) El estado corporal y su efecto en la eficiencia reproductiva de rodeos de cría en la Cuenca del Salado. Publicación Técnica **3**. INTA EEA Cuenca del Salado. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Miralles, DJ, Ferro BC, Slafer GA (2001) Developmental responses to sowing sate in wheat, barley and rapeseed. *Field Crops Research* **71**, 211-223.
- [NRC] National Research Council (2000) Nutrient Requirements of Beef Cattle: 7th Revised Edition: Update 2000. (National Academies Press: Washington, DC).
- Romero NA, Ruiz MA, Tomaso JC, Babinec FJ (2009) Evaluación bajo pastoreo de un sistema de aprovechamiento alternativo para verdeos de invierno. En Verdeos de invierno para la Región Pampeana. Publicación Técnica **80**; 25-33. INTA EEA Anguil. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Tomaso JC (2008) Cereales menores de invierno. Mejoramiento genético de avena, cebada cervecera, centeno y cebada forrajera. Producción y Utilización en la Argentina. *Anales de la ANAV* **LXII**, 55-88.
- Tosi JC (2006) Costo de implantación de pasturas y verdeos. *Visión Rural. Suplemento Económico* **60**, 29-34.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF (1974) A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Research* **14**, 415-421.

Material suplementario

Tabla suplementaria S1. Precipitaciones, temperatura media y número de heladas (días con mínima $\leq 0^{\circ}\text{C}$, a 150 cm del suelo) mensuales durante los experimentos realizados en cuatro sitios del sudoeste bonaerense: Bordenave (Bord), Naredo (Nare), Pasman (Pasm) y Azul.

Supplementary table S1. Monthly rainfall, mean temperatures and frost number (days with minimum $\leq 0^{\circ}\text{C}$, at 150 cm height) during the experiments conducted at four sites in the southwest of Buenos Aires: Bordenave (Bor), Naredo (Nare), Pasman (Pasm) and Azul.

	Precipitaciones (mm)				Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$)				Número de heladas			
	Bord	Nare	Pasm	Azul	Bord	Nare	Pasm	Azul	Bord	Nare	Pasm	Azul
Enero	203	59,0	55,6	52,0	22,7	22,0	20,6	22,8				
Febrero	118	96,0	76,8	160,6	21,3	21,2	20,1	22,0				
Marzo	95,5	16,6	32,5	64,2	20,7	20,8	19,7	16,3				
Abril	123,3	103	97,9	78,6	16,8	16,6	15,3	16,8				1
Mayo	27	33	90,7	27,4	12,7	12,9	12,2	9,0	4	1		3
Junio	2	2,8	5,6	19,1	8,1	8,4	7,6	7,6	15	10	13	8
Julio	38	13,2	54,9	36,1	8,0	7,7	7,1	7,7	17	15	13	9
Agosto	17,5	35,6	44,7	0,2	10,9	10,5	9,7	7,4	1	1	4	7