

## Intercultivo de maíz forrajero: producción de materia seca, desarrollo fenológico y calidad nutritiva de cinco gramíneas suplementarias de invierno

Catch crop of forage maize: Evaluation of dry matter production, phenological development and nutritional quality of five supplementary winter grasses

Sube, A.<sup>a</sup>, Loaiza, P.<sup>b</sup>, Descalzi, C.<sup>d</sup>, Calvache, I.<sup>c</sup>, Alonso, M.<sup>c</sup>, Balocchi, O.<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup> Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

<sup>b</sup> Dairy Link, Bilbao 1860, Osorno, Chile.

<sup>c</sup> Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

<sup>d</sup> Ferosor Agrícola S.A., Los Carreras 643, Osorno.

### ARTICLE INFO

*Article history:*  
Received 19.04.2022  
Accepted 13.09.2022

*Keywords:*  
Forage cereals  
Regrowth  
Nutritive value  
Annual grasses

*Original Research Article,*  
Pastures and Forage Crops

*\*Corresponding author:*  
Oscar Balocchi  
E-mail address:  
[obalocch@uach.cl](mailto:obalocch@uach.cl)

### ABSTRACT

This work evaluates the dry matter production and nutritional quality of five winter crop annual grasses as alternatives to be used as intercropping of forage maize. The trial was carried out in the South of Chile. Fifteen plots of 222 m<sup>2</sup> each were established. The species evaluated were *Lolium multiflorum* Lam. var. *westerwoldicum* (LM), *Avena sativa* L. (AS), *Avena strigosa* Schreb. (AT), *Secale cereale* L. (SC) and *Hordeum vulgare* L. (HV). The dry matter production at each cut and regrowth, sheath-laminae-stem ratio, Zadoks growth scale and nutritional quality were measured. The cutting dates were July 21, August 4, August 21, September 4, September 21 and October 1. The regrowth was cut on October 1. A complete randomised block design, with a factorial arrangement of 5×6 for cuts and 5×5 for regrowth, was used. *Avena strigosa* was the species with the highest dry matter production in the cuts. At regrowth, LM obtained the highest forage yields. The total accumulated herbage mass was greater for LM and AT, the advantage of AT is the earlier production than LM due to its faster phenological development. LM presented the best results for nutritional quality, this is related to its phenological development. On the other hand, SC and AT were the species with more advanced phenological stages with increased fibre content and, consequently, lower nutritional quality.

### RESUMEN

Este trabajo evaluó la producción de materia seca (MS) y valor nutritivo de cinco gramíneas anuales de crecimiento invernal como alternativas para ser utilizadas en intercultivo de maíz forrajero. El ensayo se realizó en el sur de Chile. Se establecieron 15 parcelas de 222 m<sup>2</sup> y se evaluó *Lolium multiflorum* LAM. var. *westerwoldicum* (LM), *Avena sativa* L. (AS), *Avena strigosa* Schreb. (AT), *Secale cereale* L. (SC) y *Hordeum vulgare* L. (HV). Se determinó la producción de MS, relación vaina : lámina : tallo, escala Zadoks y calidad nutritiva. Las fechas de los cortes fueron el 21 de julio, 4 de agosto, 21 de agosto, 4 de septiembre, 21 de septiembre y 1 de octubre de 2017. Los rebrotes se cortaron el 1 de octubre de 2017. El diseño fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de 5x6 para los cortes (cinco especies por 6 cortes) y 5x5 para los rebrotes (5 especies por 5 rebrotes). *Avena strigosa* fue la especie con la mayor producción de MS en los cortes. En los rebrotes LM obtuvo las mayores producciones de MS. En la producción acumulada de cortes más rebrotes LM y AT obtuvieron los mayores rendimientos. En valor nutritivo, LM presentó las mayores concentraciones de proteína cruda (PC), energía metabolizable y menores de fibra detergente neutro y ácido. Por lo contrario, SC y AT fueron las especies con estados fenológicos más avanzados, aumentando su contenido de fibra y consecuentemente, un menor valor nutritivo.

*Palabras clave:* Cereales forrajeros, rebrotes, valor nutritivo, gramíneas anuales.

### INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las praderas en el sur de Chile en la época invernal es muy limitado y esto genera dificultades para mantener un sistema de producción de leche o carne que basa su alimentación en el uso de praderas, como única fuente de forraje (Teuber, 2009). Por lo tanto, se requiere disponer de otras alternativas forrajeras

tades para mantener un sistema de producción de leche o carne que basa su alimentación en el uso de praderas, como única fuente de forraje (Teuber, 2009). Por lo tanto, se requiere disponer de otras alternativas forrajeras

para incrementar las opciones de alimentación de los animales durante los períodos críticos (Paine, 2007).

Los sistemas productivos lecheros, en el sur de Chile, se han intensificado gradualmente, generando una mayor demanda de forrajes durante todo el año, lo que da cabida a nuevos cultivos forrajeros en las épocas donde más se requieren (Carrillo *et al.*, 2014). En este caso, la introducción de maíces forrajeros para ensilaje ha complementado la oferta de forraje, permitiendo tener un forraje voluminoso, de alto contenido energético con una buena producción de nutrientes por unidad de superficie. Adicionalmente, la época en que se realiza el ensilaje es distinta a los demás forrajes voluminosos, lo que genera ventajas operacionales y permite obtener mayores rendimientos expresados en kg de MS conservados para ser utilizado durante los periodos de escasos de forraje (Mena, 2010).

Es cada vez es más frecuente que los agricultores utilicen los mismos potreros para sembrar maíz, lo que genera un periodo de tiempo que debería ser aprovechado para aumentar la producción por unidad de superficie, además de proteger el suelo durante el periodo invernal. Es por esto, que surgen como alternativa de intercultivo gramíneas anuales de crecimiento invernal como son los cereales forrajeros. (Brandt, 2018). Cuando estos cultivos suplementarios son establecidos a fines de febrero o comienzo de marzo logran mayores producciones que si fuesen sembrados en abril. Según Bakhtavar *et al.* (2015), el momento óptimo de cosecha del maíz para ensilaje es cuando presenta entre un 33 a 34% de MS. Dado esto, la mayoría de los maíces establecidos en el sur de Chile, logran esta condición de madurez entre los meses de marzo y abril, por lo tanto, es importante disponer de un cultivo suplementario de invierno que sea de rápido establecimiento con adecuado rendimiento que sea capaz de estar listo antes que se vuelva a establecer en el mismo potrero el maíz forrajero de la siguiente temporada.

Según Schroeder *et al.* (2005), la *Avena sativa* L. (AS) es la alternativa más utilizada para pastoreo invernal, puesto que, al ser sembrada a fines de febrero o inicios de marzo el primer corte puede realizarse a finales de abril. Las siembras realizadas a finales de marzo pueden ser consumidas a fines de mayo, pero si la siembra se realiza en abril generalmente pueden ser recién utilizada en junio. Por lo tanto, la fecha de siembra es el factor que determina la fecha de la primera utilización. A pesar de que la AS es el cereal más utilizado como forraje verde para la época invernal, su producción de MS es baja, cercana a los 2.500 kg ha<sup>-1</sup> en la zona sur, además su concentración de MS también es baja, lo cual representa una limitante para ser utilizado como único alimento durante esta época (Soto, 1996).

La ballica anual es el segundo forraje más utilizado para pastoreo invernal y para la conservación de forraje en primavera. El crecimiento inicial es más lento si

se compara con los cereales forrajeros, pero se destaca dado que la curva de producción de MS es más extendida y con forraje de mayor valor nutritivo (Amigone, 2005) y, por una madurez más tardía en comparación a los cereales.

Las fechas de siembra interfieren fuertemente con la dinámica de producción de forraje en los cultivos anuales en estaciones invernales, por lo que tiene importancia conocer la combinación correcta entre los factores (especie/fecha de siembra), de acuerdo con la demanda de forraje para planear una alternativa de suplementación (Arelovich *et al.*, 2003).

Por otra parte, la cebada es un cereal de rápido crecimiento con buenas condiciones como cultivo forrajero para sistemas lecheros y de engorda, sirviendo como una alternativa al cultivo del maíz. En general ha mostrado mejor calidad nutritiva que los otros cereales, sin embargo, su crecimiento invernal es menor (Hargreaves *et al.*, 2009). El centeno ha demostrado tener altos rendimientos tempranamente debido a una rápida germinación y emergencia, y a su vez, a una rápida aparición y expansión de las hojas, por lo cual se ha convertido en una buena alternativa de alimentación para la suplementación invernal (Redmon *et al.*, 1995). El centeno presenta un buen crecimiento invernal para ser considerado una alternativa forrajera, debido a sus genes anticongelantes, sumado a que el momento óptimo de cosecha en primavera es más temprano en algunos cultivos que otros cereales (Reberg-Horton *et al.*, 2005).

Como objetivo se evaluó la producción de MS y valor nutritivo de cinco cultivos suplementarios (*Lolium multiflorum*, *Avena sativa*, *Avena strigosa*, *Secale cereale* y *Hordeum vulgare*), durante el período intercultivo de maíz entre otoño y primavera en el mismo potrero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la comuna de Purranque, Región de Los Lagos, Chile (paralelo 40°51'7.07"S latitud sur y meridiano 73°10'6.93"O longitud oeste, a 91 m s.n.m de elevación). Se establecieron 15 parcelas distribuidas al azar, con una superficie de 222 m<sup>2</sup> cada una (100 m x 2,22 m), donde, se sembraron cinco especies forrajeras, que fueron *Lolium multiflorum* LAM. var. *westerwoldicum* (LM), *Avena sativa* L. (AS), *Avena strigosa* Schreb. (AT) *Secale cereale* L. (SC) y *Hordeum vulgare* L. (HV). Las dosis de siembra fueron: para *Lolium multiflorum* 35 kg ha<sup>-1</sup>, *Avena sativa* 180 kg ha<sup>-1</sup>, *Avena strigosa* 150 kg ha<sup>-1</sup>, *Secale cereale* 90 kg ha<sup>-1</sup> y *Hordeum vulgare* 70 kg ha<sup>-1</sup>. Se sembró con una máquina neumática de precisión, centralizada en la dosificación de semilla. La duración del ensayo comprendió el período entre el 30 de abril (establecimiento) al 1 de octubre de 2017, el primer corte se realizó el 21 de julio, 82 días post establecimiento de las parcelas y el último corte se realizó el 1 de octubre, 154 días desde el establecimiento.

El suelo donde se realizó el ensayo es del tipo Tru-mao (Andisol), que corresponde a la serie Corte Alto, es un suelo en posición baja a intermedia, con topografía de lomajes suaves. CIREN (2000), describe el suelo como limos y cenizas volcánicas andesíticas y basálticas o de composición mixta sobre conglomerado volcánico muy alterado, sobre tobas o sobre tobas asociadas a conglomerados volcánicos andesíticos y basálticos parcialmente alterados. Fase de profundidad media de menos de 90 cm, fase de topografía de pendiente ligeramente pronunciada, no susceptible a erosión pero que limita ligera a moderadamente el uso del suelo. El análisis químico del suelo previo al establecimiento del ensayo se muestra en el Cuadro 1.

En la fertilización de siembra se utilizó una mezcla 5-25-17-6 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-S) en una dosis de 400 kg ha<sup>-1</sup> para permitir un buen desarrollo de las plantas. Además, se aplicaron 30 kg de nitrógeno cuando las plantas iniciaron su macollamiento, el 18 de mayo de 2017.

### Variables evaluadas

Las variables evaluadas correspondieron a la producción de MS expresada en kg MS ha<sup>-1</sup> y rebrote de las diferentes especies. También se midió la relación vaina-lámina-tallo y la escala Zadoks (Zadoks *et al.*,

**Cuadro 1.** Contenido de nutrientes del suelo al inicio del experimento (0-20 cm).

**Table 1.** Soil nutrient content at the beginning of the experiment (0-20 cm).

Parámetros	Unidad	Valor
pH en agua	1:2,5	5,9
pH CaCl <sub>2</sub>	1:2,5	5,3
Materia orgánica	(%)	14,9
N - mineral	(mg kg <sup>-1</sup> )	16,8
Fósforo Olsen	(mg kg <sup>-1</sup> )	13,8
Potasio intercambiable	(mg kg <sup>-1</sup> )	105
Sodio intercambiable	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,12
Calcio intercambiable	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,81
Magnesio intercambiable	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,17
Suma de bases intercambiables	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	9,36
Aluminio intercambiable	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,16
CICE	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	9,42
Saturación de aluminio	(%)	0,57

Fuente: Laboratorio de Suelos del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, UACH.

1974) que permitió determinar el estado fenológico de las plantas al momento de los cortes y, finalmente, el valor nutritivo de todos los cortes y rebrotes de las diferentes especies.

**Rendimiento por corte y rebrote.** El criterio de corte fue los días post siembra, obteniendo en total seis cortes, los cuales se realizaron el 21 de julio, 4 de agosto, 21 de agosto, 4 de septiembre, 21 de septiembre y 1 de octubre de 2017. Los cortes se realizaron aproximadamente cada 14 días, con una máquina segadora, dejando un residuo 5 cm. En cada corte + rebrote (C+R1...5) se consideró una superficie de 2,3 m<sup>2</sup>. Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio de nutrición animal de la Universidad Austral de Chile, para ser secadas y determinar el porcentaje de MS. Las muestras se secaron en un horno de aire forzado a 65 °C por 48 horas o hasta lograr peso constante. Los rebrotes de cada corte fueron evaluados al finalizar el periodo, el 1 de octubre, usando la misma metodología.

**Relación vaina-lámina-tallo.** Se determinó la relación vaina-lámina-tallo en todos los cortes y rebrotes de las diferentes especies. Para determinar esta relación se utilizó un cuadrante de 50x50 cm (0,25 m<sup>2</sup>) para cortar un área determinada. Los cortes para esta medición fueron realizados en las mismas fechas de los cortes de rendimiento, los cuales se llevaron a laboratorio de forrajeras de la Universidad Austral de Chile, para separar vaina, lámina y tallo de las muestras. Cada componente fue pesado por separado y se determinó la relación entre ellos y su contribución en la producción de kg MS ha<sup>-1</sup> para cada una de las especies en los diferentes cortes y rebrotes.

**Escala de Zadoks.** La escala Zadoks (1974) estandarizada se utilizó para evaluar el proceso de desarrollo de las plantas. El ciclo de vida se dividió en cuatro estados fenológicos principales los cuales fueron: (1) germinación y emergencia, (2) estado vegetativo, (3) floración y (4) formación de semilla y senescencia. De igual forma, cada estado fenológico fue subdividido en un estado secundario y, la codificación correspondió particularmente a cada uno de los componentes de la planta. Estos valores de escala fueron determinados tomando tres plantas por cada repetición y para todas las especies del ensayo.

**Valor nutritivo.** En cada corte y el rebrote fueron tomadas muestras de forraje verde las que fueron secadas y posteriormente reducir las de tamaño en un molino Wiley de aspas con una criba de 1 mm, para evaluar su valor nutritivo mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), donde, se determinó el porcentaje de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido

(FDA) y, concentración de energía metabolizable (EM) expresada en Mcal kg<sup>-1</sup> MS. Todos estos análisis fueron realizados en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Austral de Chile.

### Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de 5×6 para los cortes y 5×5 para los rebrotes, correspondiendo el primer factor a cinco cultivos y el segundo factor a los seis cortes o cinco rebrotes según sea el caso.

Previo análisis de varianza, los datos fueron sometidos a comprobación de supuestos como, homogeneidad de varianza, distribución normal e Independencia de error. Un modelo lineal generalizado (PROC GLM) fue utilizado y se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA). Cuando se presentaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) sin interacción entre los efectos principales se usó el test de LSD (test de la diferencia mínima significativa) para separar las medias. Cuando la interacción fue significativa, se aplicó el test PDIFF (probabilidad de las diferencias). Todos los datos se analizaron en el software SAS V9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

## RESULTADOS

### Rendimiento de las diferentes especies en cada corte

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de producción de MS (kg ha<sup>-1</sup>) en las diferentes fechas de corte. Hubo diferencias significativas para las especies ( $p \leq 0,001$ ), corte ( $p \leq 0,001$ ) e interacción entre especie × corte ( $P \leq 0,001$ ). *Avena strigosa* presentó el mayor rendimiento promedio de MS, donde, AS produjo un 23% menos, seguido de SC (37,1%), LM (42,4%) y finalmente HV, que presentó la menor producción en el período de mediciones con un 69,3% menos que AT.

Con respecto a los cortes, el último de ellos, realizado a los 154 DDS fue el que obtuvo el mayor rendimiento con 50,9% más que el realizado a los 144 DDS, le siguen en rendimiento con un 67,1% (127 DDS), 76,7% (113 DDS), 81,5% (96 DDS), respectivamente. El menor valor de producción se registró a los 82 DDS con un 88,9% menos, respecto al corte a los 154 DDS.

En la Figura 1, se puede ver la interacción entre la especie × corte. Todas las especies presentaron un aumento en el rendimiento a medida que se fue desarrollando el cultivo (DDS). Se puede ver, que AT siempre presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto a HV en todos los cortes realizados durante el ensayo. Las diferencias destacadas entre AT y HV, fueron a los 113, 127 y 144 DDS, donde, AT produjo un 88,5%, 85,6% y 63,5% más de MS, respectivamente.

**Cuadro 2.** Rendimiento de materia seca promedio de los cortes realizados a las cinco especies evaluadas.

**Table 2.** Average dry matter yield of the cuts for the five evaluated species.

Rendimiento promedio por corte (kg MS ha <sup>-1</sup> )	
Especie	
<i>Avena sativa</i> (AS)	2.185 b
<i>Hordeum vulgare</i> (HV)	881 d
<i>Avena strigosa</i> (AT)	2.869 a
<i>Secale cereale</i> (SC)	1.804 c
<i>Lolium multiflorum</i> (LM)	1.652 c
Significancia	***
Corte (días después de siembra)	
82 DDS	533 f
96 DDS	887 e
113 DDS	1.120 d
127 DDS	1.579 c
144 DDS	2.356 b
154 DDS	4.797 a
Significancia	***
Especie × Corte <sup>1</sup>	
Significancia	***

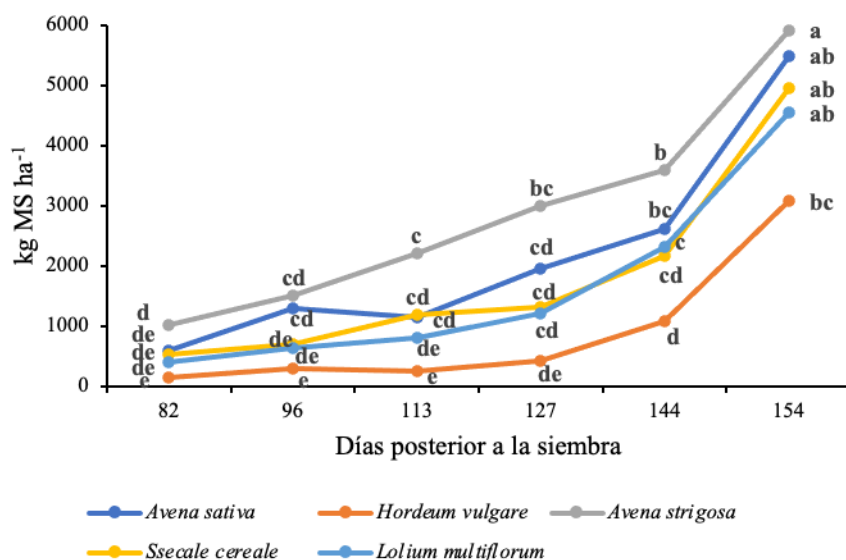
En la Figura 1, se encuentra el desglose de los valores de la interacción. Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Tukey).

### Valor nutritivo

El Cuadro 3, muestra el valor nutritivo obtenido por las diferentes especies en cada corte y rebrote. Se observa que existieron diferencias significativas entre especies ( $p \leq 0,001$ ), cortes ( $p \leq 0,001$ ) e interacción especie × corte ( $p \leq 0,001$ ).

*Hordeum vulgare* es la especie que, en promedio presentó el mayor porcentaje de MS, mientras que LM fue la de menor porcentaje con 13% menos que HV, pero sin diferencias con AS, AT y SC. Se observó una estrecha relación entre el porcentaje de MS y el desarrollo del cultivo, a medida que va pasando el tiempo (DDS) el porcentaje de MS se incrementa, siendo al término del cultivo (154 DDS), donde se presentó el mayor porcentaje de MS con un incremento de 26,4% en relación al corte anterior (144 DDS).

La mayor concentración de PC lo presentó SC, las especies más cercanas fueron HV y LM con un 11,8%



**Figura 1.** Rendimiento de materia seca de *Avena sativa* (AS), *Hordeum vulgare* (HV), *Avena strigosa* (AT), *Secale cereale* (SC) y *Lolium multiflorum* (LM) en cada uno de los cortes. Letras distintas expresan diferencias significativas (Tukey 5%).

**Figure 1.** Dry matter yield of *Avena sativa* (AS), *Hordeum vulgare* (HV), *Avena strigosa* (AT), *Secale cereale* (SC) y *Lolium multiflorum* (LM) at each defoliation time. Different letters show significant differences (Tukey 5%).

**Cuadro 3.** Valor nutritivo promedio de las especies evaluadas con cada corte.

**Table 3.** Average nutritive value of the species evaluated in each defoliation.

	MS (%)	PC (%)	EM (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	FDA (%)	FDN (%)
<b>Especie</b>					
<i>Avena sativa</i>	20,68 bc	17,06 c	3,04 b	16,70 b	35,72 b
<i>Hordeum vulgare</i>	23,20 a	18,78 b	3,07 b	14,36 c	34,20 bc
<i>Avena strigosa</i>	21,55 bc	17,08 c	2,94 d	19,23 a	38,33 a
<i>Secale cereale</i>	21,07 bc	20,96 a	2,99 c	15,56 c	34,11 bc
<i>Lolium multiflorum</i>	20,18 c	18,17 bc	3,11 a	13,49 d	30,87 c
Significancia	***	***	***	***	***
<b>Corte</b>					
82 DDS	16,13 e	29,79 a	3,14 a	14,25 c	30,24 b
96 DDS	18,94 d	25,23 b	3,11 b	14,66 c	31,51 b
113 DDS	19,17 d	15,44 c	2,94 c	16,97 b	32,51 b
127 DDS	20,60 c	15,93 c	3,15 a	14,20 c	31,47 b
144 DDS	22,55 b	14,61 d	2,94 c	16,97 b	32,29 b
154 DDS	30,65 a	9,49 e	2,89 d	18,17 a	36,86 a
Significancia	***	***	***	***	***
<b>Especie × Corte</b>					
Significancia	***	***	***	***	***

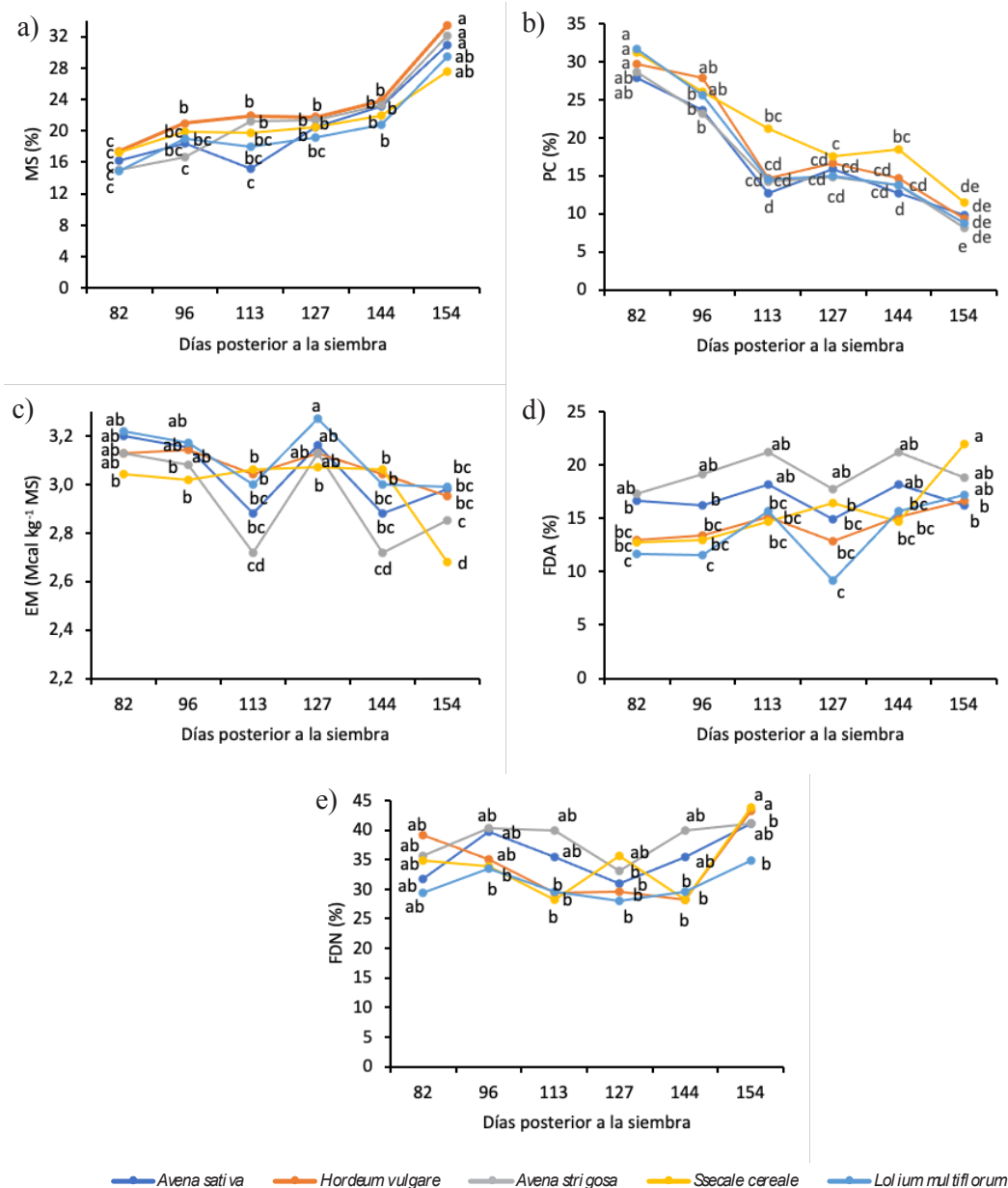
MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; EM: Energía metabolizable; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácida. Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Tukey). En la Figura 2, se muestra el desglose de los valores de la interacción.

y 13,3% menos de PC, respectivamente. El contenido de PC fue disminuyendo significativamente a través de los cortes, donde el menor valor se obtuvo a los 154 DDS con 68,1% menos de PC en comparación al primer corte a los 82 DDS.

La especie que presentó el mayor contenido promedio de EM fue LM y el menor valor fue AT con un 5,5% menos con respecto a LM. En relación con los cortes, los mayores contenidos de EM se obtuvieron a los 82 y 127 DDS, y el menor contenido se registró en el último corte a los 154 DDS.

El mayor porcentaje promedio de FDA lo presentó AT con 29,84% más que LM. En relación con los cortes, los menores valores fueron a los 82, 96 y 127 DDS con un 21,6%, 19,3% y 21,8% menos respectivamente, en comparación al mayor valor de FDA que fue a los 154 DDS. El mayor porcentaje de FDN promedio lo obtuvo AT con un 19,5% más que LM que fue la especie que presentó el menor valor. Con respecto a los cortes a los 154 DDS se presentó el mayor porcentaje de FDN.

En la Figura 2, se muestran las interacciones entre la especie × corte las cuales fueron significativas ( $p \leq 0,001$ ).



**Figura 2.** Valor nutritivo por especie en diferentes días después de la siembra. a) MS: materia seca, b) PC: proteína cruda, c) EM: energía metabolizable, d) FDA: fibra detergente ácido y e) FDN: fibra detergente neutro.

**Figure 2.** Nutritive value by species on different days after seeding. a) MS: dry matter, b) PC: crude protein, c) EM: metabolisable energy, d) FDA: acid detergent fibre and e) FDN: neutral detergent fibre.

## Rendimiento de las especies en el rebrote

El Cuadro 4, muestra los resultados de producción de MS de las especies en las diferentes fechas de cortes. Existió diferencias significativas para las especies ( $p \leq 0,001$ ), cortes ( $p \leq 0,001$ ) e interacción especie  $\times$  corte ( $p \leq 0,001$ ). *Lolium multiflorum* fue la que obtuvo el mayor rendimiento, seguido de SC con un 11,2% menos de producción, y finalmente la menos productiva fue HV con 85,2% menos con respecto a LM.

En relación con la producción de MS para los rebrotes (Cuadro 5), 72 DDC, fue el que produjo el mayor rendimiento y así fue disminuyendo en el tiempo hasta llegar a los 10 DDC, con el más bajo rendimiento promedio, con una diferencia del 85,2% menos.

En la Figura 3, se puede ver la interacción entre la especie  $\times$  corte. Se observa que a los 72 DDC las espe-

cies LM, SC y AS, seguido a AT obtuvieron los mayores rendimientos. *Hordeum vulgare* produjo un 48,9% menos que LM. A los 58 DDC, LM obtuvo una mayor producción con respecto a las otras especies, con una diferencia en promedio de 44,3% más de producción. Finalmente, existe una tendencia a mayor producción de rebrote en el tiempo de LM (72, 58 y 41 DDC).

## Valor nutritivo del rebrote

En el Cuadro 5, se puede observar el valor nutritivo obtenido de las especies, en sus respectivas fechas de rebrote, mostrando que, existen diferencias estadísticas para las especies ( $p \leq 0,001$ ), cortes ( $p \leq 0,001$ ) e interacción especie  $\times$  corte ( $p \leq 0,001$ ).

El mayor porcentaje de MS lo presentó HV y el menor LM, con una diferencia entre ellos de un 57,1% como promedio. En relación con los DDC, los mayores valores se presentaron a los 10 y 27 DDC.

La especie con mayor contenido promedio de PC fue AS y la menor fue HV con una diferencia de un 19,6% entre ambas. El mayor contenido promedio de PC en los rebrotes fue a los 10 y 27 DDC.

El mayor valor de EM promedio lo obtuvo HV y los menores valores fueron para AT y SC con una diferencia promedio de un 3,5%. En los rebrotes, los dos primeros (72 y 58 DDC) fueron los que obtuvieron los mayores contenidos de EM promedio y así fue disminuyendo en el tiempo hasta llegar al rebrote de 10 DDC con el menor valor. La diferencia promedio entre los 72 y 10 DDC fue de un 4,6%.

*Secale cereale* obtuvo como promedio el mayor valor de FDA con un 32,3% más que HV, que fue la especie con el menor contenido de FDA. Con respecto a los rebrotes, el mayor valor fue a los 10 DDC y a su vez, el menor fue a los 58 DDC, con una diferencia de un 26,1% menos respectivamente.

El mayor porcentaje promedio de FDN lo obtuvo SC y el menor LM, con diferencia entre ellos de un 55,4%. El mayor porcentaje de FDN para los rebrotes correspondió a los 10 DDC, mientras que, el menor con una diferencia de un 48,3% fue a los 58 DDC.

## Rendimiento total considerando corte más rebrote

En la Figura 5, se muestra la producción total de MS correspondiente al corte más el rebrote de cada especie. En la suma para el primer corte y rebrote (C+R1) AS, AT SC y LM obtuvieron mayores rendimientos con respecto a HV. Cabe destacar AT (C+R5) y LM en (C+R2) obtuvieron valores de rendimiento sin diferencias en el primer corte más rebrote (C+R1). Finalmente, no se presentaron diferencias estadísticas en el último corte para AS, AT, SC y LM ( $p > 0,05$ ).

**Cuadro 4.** Rendimiento promedio de las especies evaluadas en cada rebrote.

**Table 4.** Average yield of the species evaluated in each regrowth.

Especie	Rendimiento promedio rebrote (kg MS ha <sup>-1</sup> )
	<i>Avena sativa</i> (AS)
<i>Hordeum vulgare</i> (HV)	1.356 d
<i>Avena strigosa</i> (AT)	1.671 c
<i>Secale cereale</i> (SC)	2.210 b
<i>Lolium multiflorum</i> (LM)	2.489 a
Significancia	***
Corte (días después del corte)	
72 DDC	3.935 a
58 DDC	2.562 b
41 DDC	1.594 c
27 DDC	742 d
10 DDC	583 e
Significancia	***
Especie $\times$ Corte	
Significancia	***

Valores seguidos de diferente letra en la columna difieren estadísticamente (5% Tukey).

En la Figura 3 se encuentra el desglose de los valores de la interacción.

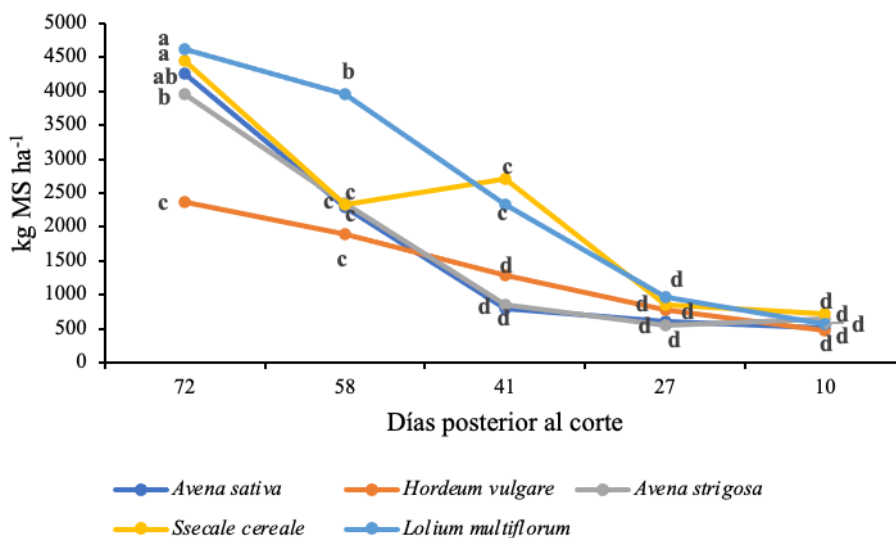
**Cuadro 5.** Valor nutritivo promedio de las especies evaluadas en cada rebrote.

**Table 5.** Average nutritive value of the species evaluated at each regrowth.

	MS (%)	PC (%)	EM (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	FDA (%)	FDN (%)
<b>Especie</b>					
<i>Avena sativa</i>	46,51 c	18,73 a	2,81 b	23,90 b	31,70 b
<i>Hordeum vulgare</i>	53,10 a	15,05 d	2,85 a	18,70 e	27,57 d
<i>Avena strigosa</i>	51,41 b	16,31 c	2,75 c	22,34 c	29,53 c
<i>Secale cereale</i>	51,48 b	16,02 c	2,74 c	27,63 a	35,18 a
<i>Lolium multiflorum</i>	22,81 d	17,50 b	2,81 b	20,74 d	15,68 e
Significancia	***	***	***	***	***
<b>Corte</b>					
72 DDC	37,76 d	15,33 c	2,84 a	23,58 b	24,77 c
58 DDC	44,51 c	14,15 d	2,83 ab	19,63 e	21,05 d
41 DDC	46,11 b	16,85 b	2,82 b	22,15 c	26,36 b
27 DDC	48,39 a	18,71 a	2,76 c	21,41 d	26,78 b
10 DDC	48,52 a	18,58 a	2,71 d	26,54 a	40,71 a
Significancia	***	***	***	***	***
<b>Especie × Corte</b>					
Significancia	***	***	***	***	***

Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Tukey).

En la Figura 4, se encuentra el desglose de los valores de la interacción.



**Figura 3.** Rendimiento de materia seca en cada rebrote (kg MS ha<sup>-1</sup>) por especie en diferentes días después del corte. Letras distintas expresan diferencias significativas (Tukey 5%).

**Figure 3.** Dry matter yield at each regrowth (kg DM ha<sup>-1</sup>) per species on different days after cutting. Different letters show significant differences (Tukey 5%).

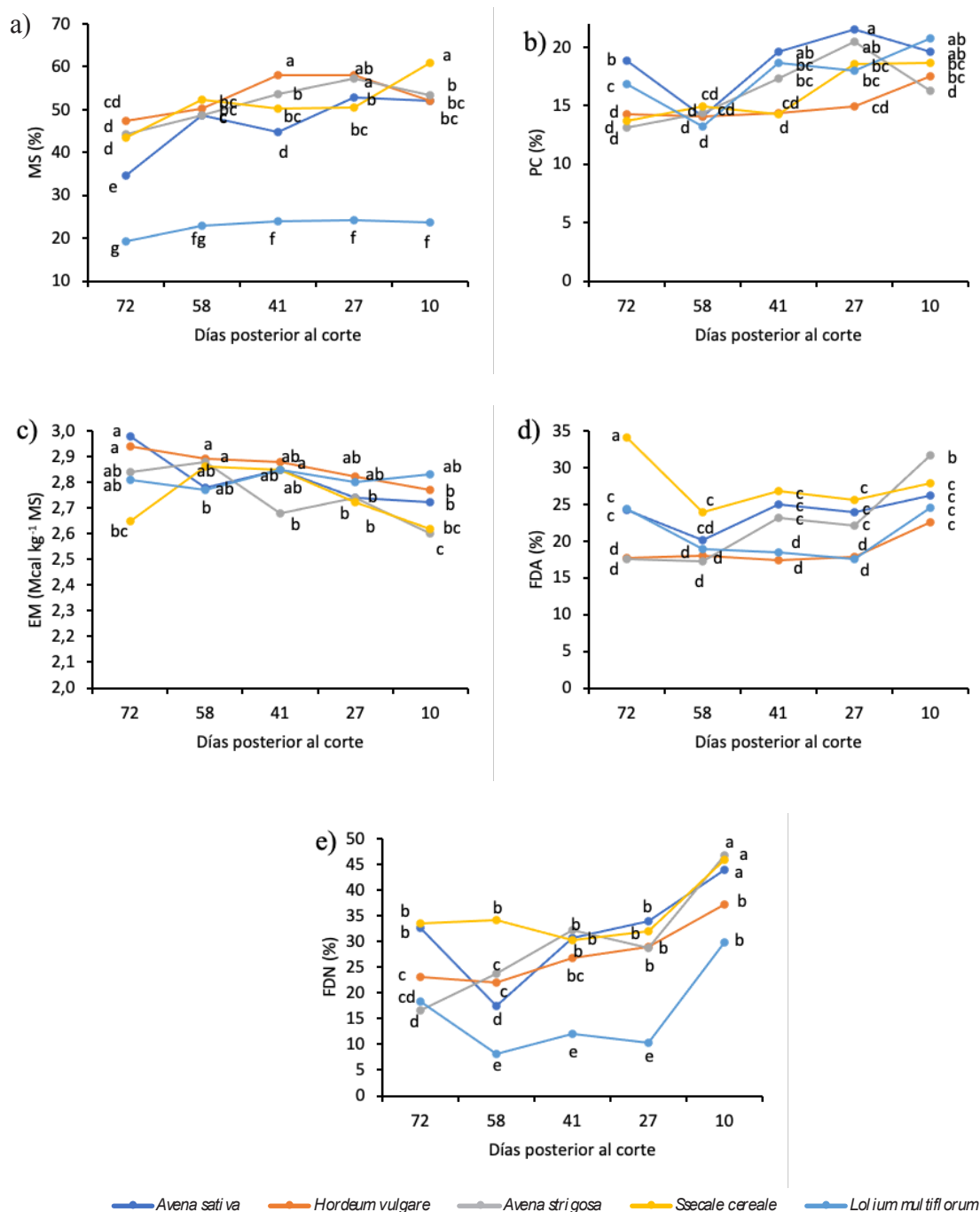


### Rendimiento de vaina, lámina y tallo y escala Zadoks en las diferentes especies y en sus respectivos cortes

El Cuadro 6, muestra el rendimiento de vaina, lámina y tallo, además del valor en la escala de Zadoks. Se encontró diferencias estadísticas significativas para las

especies ( $p \leq 0,001$ ), cortes ( $p \leq 0,001$ ) e interacción especie  $\times$  corte ( $p \leq 0,001$ ).

El mayor rendimiento de vaina, lámina y tallo lo obtuvo AT. Lo contrario sucedió con HV que obtuvo los menores valores de vaina, lámina y tallo, con un 60,2%, 62,9% y 89,2% menos que AT. *Secale cereale* fue la espe-



**Figura 4.** Valor nutritivo de las especies durante el rebrote en días después del corte (DDC). a) MS: materia seca, b) PC: proteína cruda, c) EM: energía metabolizable, d) FDA: fibra detergente ácido y e) FDN: fibra detergente neutro.

**Figure 4.** Nutritive value of the species on different days after cutting (DDC). a) MS: dry matter, b) PC: crude protein, c) EM: metabolizable energy d) FDA: acid detergent fibre and e) FDN: neutral detergent fibre.

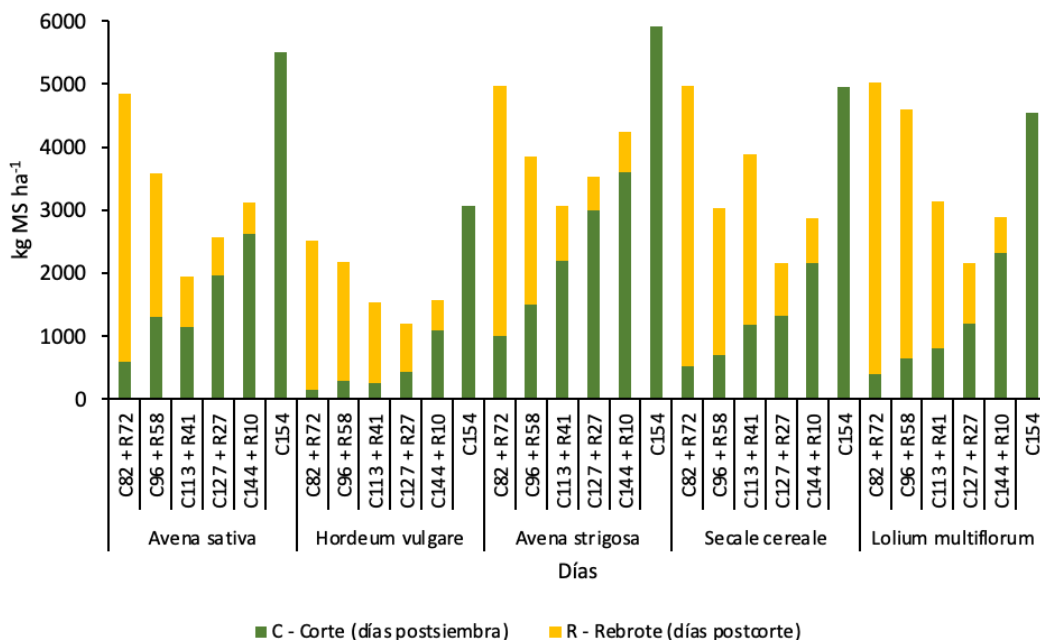


Figura 5. Rendimiento del corte más rebrote (kg MS ha<sup>-1</sup>) para cada especie.

Figure 5. Cutting yield plus regrowth (kg DM ha<sup>-1</sup>) per species.

Cuadro 6. Promedio de los componentes de rendimiento de las especies evaluadas (vaina, lámina y tallo) y la valoración según la escala Zadoks.

Table 6. Average of the yield components of evaluated species (sheath, laminae and stem) and the Zadoks scale.

	Vaina (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Lámina (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Tallo (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Zadoks
<b>Especie</b>				
<i>Avena sativa</i> (AS)	505,11 b	1.359,89 b	361,78 b	26,67
<i>Hordeum vulgare</i> (HV)	260,50 d	587,17 e	78,94 c	26,94
<i>Avena strigosa</i> (AS)	655,33 a	1.585,33 a	731,94 a	30,22
<i>Secale cereale</i> (SC)	440,89 c	1.007,56 c	357,44 b	31,17
<i>L. multiflorum</i> (LM)	481,28 bc	901,89 d	321,67 b	28,22
Significancia	***	***	***	
<b>Corte (DDS)</b>				
82 DDS	62,73 e	547,67 e	0 d	23,66
96 DDS	132,73 d	874,00 d	0 d	24,20
113 DDS	182,00 d	1.126,67 c	0 d	26,27
127 DDS	423,07 c	1.206,00 b	148,20 c	29,20
144 DDS	782,33 b	1.151,87 b	496,60 b	32,53
154 DDS	1228,87 a	1.624,00 a	1.577,33 a	36,00
Significancia	***	***	***	
<b>Especie × Corte</b>				
Significancia	***	***	***	

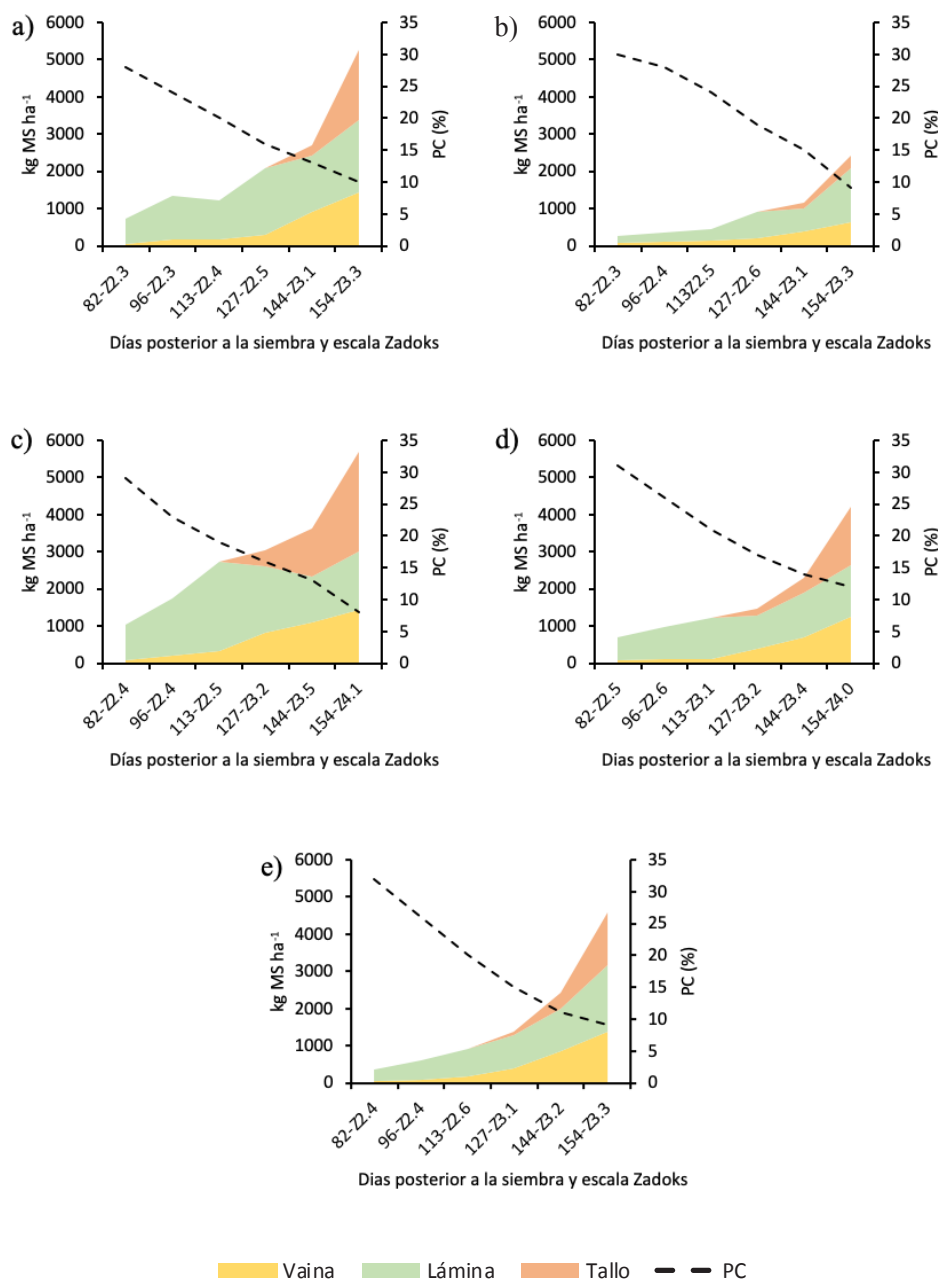
Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Tukey).

En la Figura 6 se encuentra el desglose de los valores de la interacción.

cie con el mayor avance fenológico según escala Zadoks y LM el menor avance fenológico. Únicamente para los cortes (DDS) sin rebrote, el último de ellos (154 DDS) presentó el mayor rendimiento de vaina, lámina y tallo. El mismo comportamiento se observó con los estados fenológicos que según la escala Zadoks, a los 154 DDS se encuentra el mayor desarrollo.

### Relación entre estado fenológico (Zadoks), componentes de rendimiento y contenido de proteína cruda.

Dado que la PC es una de las variables más importantes en el valor nutritivo, en la Figura 6 se muestra la evolución de los componentes del rendimiento de las



**Figura 6.** Dinámica de acumulación de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) y proteína cruda (PC, %) en función a la escala Zadoks para cada especie: a) *Avena sativa*, b) *Hordeum vulgare*, c) *Avena strigosa*, d) *Secale cereale* y e) *Lolium multiflorum*. En el eje X el primer número significa días después de la siembra y, el número seguido de la letra Z es la escala Zadocks.

**Figure 6.** Dynamics of dry matter accumulation (kg DM ha<sup>-1</sup>) and crude protein (CP, %) according to the Zadoks scale for each species: a) *Avena sativa*, b) *Hordeum vulgare*, c) *Avena strigosa*, d) *Secale cereale* and e) *Lolium multiflorum*. The first number on the X-axis indicates the number of days after seeding, followed by the corresponding Zadoks' code scale value.

diferentes especies a través de su desarrollo fenológico y la relación con el contenido de PC del forraje.

En todas las especies se observa que, a medida que avanza en el estado fenológico medido por la escala Zadoks, la concentración de PC se reduce, variando de aproximadamente en promedio 30% para todas las especies, a los 82 DDS y Z2.3, hasta un 10% de PC a los 154 DDS con Z3.8, bajo las mismas condiciones, demostrando que la reducción en la concentración de PC es progresiva e inversa al incremento del estado fenológico.

## DISCUSIÓN

### Rendimiento y valor nutritivo de los cortes

Los cereales forrajeros de crecimiento invernal constituyen una alternativa viable para extender la temporada de pastoreo, ya que estos forrajes contienen un buen valor nutritivo en condiciones climáticas adversas, con buenas producciones de MS (Campbell et al., 2021). La estacionalidad en el crecimiento de las praderas justifica utilizar cultivos forrajeros invernales (Soto, 1996). De las especies evaluadas en este estudio, AT mostró el mayor rendimiento. Además, presentó la mayor producción en todos los cortes, constituyéndose en una alternativa de siembra durante esta época (Vega et al., 2020). Según Floss (1988), AT se destaca por un buen crecimiento invernal, resistente al pisoteo y bajo costo de producción. Otra ventaja de AT es la temprana disponibilidad de forraje, pero con menor calidad nutritiva con respecto a LM (Formoso, 2010). Según Amigone (2012), HV y AS presentan producciones similares durante los meses de junio a septiembre, situación que no ocurrió en este estudio, donde AS superó a HV. Hargreaves et al. (2009), menciona que HV es un cultivo más sensible a la fertilidad de suelo que otros cereales, lo que puede afectar notoriamente su rendimiento de forraje. Por otra parte, (Flores et al., 2014), menciona que LM es un cultivo invernal altamente productivo, destacándose por lo vigoroso de sus rebrotes.

Todas las especies disminuyeron su valor nutritivo con el avance de su madurez fisiológica, aumentando la concentración de fibra (FDN y FDA) y disminuyendo su concentración energética, lo cual coincide con lo reportado por Anrique et al. (2014). La PC fue la que disminuyó más rápidamente en el tiempo, relacionado con la madurez fisiológica de las especies (Catrileo et al., 2003), donde, AT presentó los menores valores y SC el mayor porcentaje con respecto a las otras especies.

Lo anterior influyó en que AT tenga las mayores concentraciones de FDA y FDN; y LM por contrario, las menores. En relación con la EM, LM fue la especie con el mayor contenido (expresado en Mcal kg<sup>-1</sup> MS) y AT con el menor valor como promedio de los cortes.

### Rendimiento y valor nutritivo de los rebrotes

El rebrote es un factor importante de considerar, permite evaluar las especies que tienen una mejor recuperación posterior al corte. Según Vega et al. (2020), LM tiene un rebrote muy similar a AT, por lo tanto, es una especie importante de considerar en épocas invernales como forraje. *Lolium multiflorum* presentó los mejores rebrotes como promedio en el ensayo, por otra parte, HV fue la especie con las menores producciones en sus rebrotes. Según Demanet et al. (1996), LM presenta muy buenos rebrotes invernales y de primavera, siendo una muy buena opción para ser considerada junto a AS y AT. Además, LM es una especie mejor adaptada a los cortes, en relación con los cereales forrajeros, ya que tiene una mayor resiliencia (Campbell et al., 2021). Según Keles et al. (2020), los cereales forrajeros de invierno se pueden pastorear, sin presentar grandes reducciones en la producción de MS hasta la etapa de elongación del tallo y, los cortes durante el macollamiento no afectan el rendimiento total (Ates et al., 2017). Esto permite buenos rebrotes en los estados más tempranos del cultivo, donde, LM y SC destacan por su rendimiento de MS, especialmente a los 72 y 58 DDC.

El contenido de EM fue menor en los rebrotes de SC y AT, teniendo los menores valores entre las especies evaluadas, esta disminución se debe a que estas especies presentaron un acelerado crecimiento y por ende un estado fenológico más avanzado (Khorasani et al., 1993; Catrileo et al., 2003). Lo mismo sucedió con el contenido de FDN y FDA, donde SC presentó la mayor concentración entre las especies; y LM presentó el porcentaje de FDN más bajo en el promedio, mostrando la misma tendencia en todos los rebrotes (Edmisten et al., 1998). *Lolium multiflorum* destacó tanto en su producción de MS, como en su valor nutritivo, donde presentó una tendencia a tener mejor calidad en todos los rebrotes. Según Flores et al. (2014), LM presenta altas concentraciones de EM y PC, pero cuando la cosecha es tardía estas concentraciones se reducen notoriamente.

### Rendimiento total, corte más rebrote

En la sumatoria de los cortes más rebrotes se destacan AT y LM con los mayores rendimientos, por el contrario, HV presentó las menores producciones en los seis cortes más rebrotes. Los rebrotes son función de la tasa de desarrollo del área foliar de las especies, durante el periodo de crecimiento invernal, donde las plantas se encuentran en estado vegetativo, y esto determina su velocidad de recuperación (Winter et al., 1990).

*Avena strigosa* presentó una buena recuperación en el rebrote. Vega et al. (2020), indican que es una alternativa invernal, permitiendo el pastoreo durante esta época. *Lolium multiflorum* mostró que después de un

corte tiene una buena tasa de crecimiento, logrando una buena producción de MS y valor nutritivo en el siguiente corte, lo que también es reportado por Hodgson *et al.* (1981).

### Relación entre estado fenológico y componentes de rendimiento

El estado fenológico y los componentes de la planta se relacionan con el rendimiento, y a su vez todas las especies presentan estados fenológicos diferentes en una misma fecha de corte. *Avena strigosa* obtuvo la mayor producción de los componentes del rendimiento (vaina, lámina y tallo), en forma similar al desarrollo de SC y seguido de AT mostraron los estados fenológicos más avanzados en comparación al resto de las especies evaluadas. La escala de Zadoks permite conocer en qué estado fenológico está el cultivo y poder estimar las proporciones que existe entre vaina, lámina y tallo; siendo estos últimos un parámetro indicador del valor nutritivo (Lamb *et al.*, 2007).

Miralles *et al.* (2014), mencionan que cada especie presenta estados fenológicos diferentes, los cuales pueden durar dependiendo de factores ambientales o manejo. El valor nutritivo de la planta disminuye con el avance de los diferentes estados fenológicos, especialmente aumentado la concentración de FDA y FDN en contraposición a la reducción en la concentración de PC (Reeves *et al.*, 1996; Castro-Hernández *et al.*, 2017). De igual forma, la proporción de tallo aumenta con el desarrollo fenológico, lo cual se relaciona a su vez con el incremento en la concentración de fibra (Khorasani *et al.*, 1997). Según Calvache *et al.* (2020), la PC y EM de las especies forrajeras disminuye en la medida que avanza el desarrollo fenológico de las especies.

### CONCLUSIONES

Como alternativa para ser utilizada en el período inter-maíces, AT se muestra como la mejor opción en términos de producción de MS y valor nutritivo, en comparación a la especie más utilizada por los agricultores, que es AS. Por el contrario, HV mostró ser la especie menos atractiva como opción para considerar en cultivo inter-maíces, por su baja producción de forraje invernal.

*Lolium multiflorum* fue la especie que mostró la mejor capacidad de rebrote después de los cortes, lo que resulta en un aspecto relevante a ser considerado, si se contempla una utilización bajo un sistema de pastoreo.

La suma de la producción de cortes más rebrotes de LM, fue similar a AT, por lo que se convierte en una especie para considerar dependiendo del momento que se necesita disponer del forraje. Si se requiere de una disponibilidad más temprana AT es una mejor opción.

En relación con el valor nutritivo, LM es la especie que presentó las mejores concentraciones, tanto en los

cortes como en los rebrotes. Esto debido, a que sus estados fenológicos en todos los cortes eran menos avanzados que las otras especies. Por el contrario, SC y AT fueron las dos especies que presentaron estados fenológicos más avanzados, con una mayor producción de tallos y consecuentemente mayores niveles de FDN y FDA, obteniendo un forraje de menor calidad.

### REFERENCIAS

- Amigone, M., 2005. Principales características de especies y cultivares de verdes invernales. Informativo Extensión N° 96. INTA, Marcos Juárez, Argentina. 11 p.
- Amigone, M., 2012. Verdes de invierno. Producción de forraje de avena, cebada forrajera, triticale y raigrás anual. Informativo Extensión N° 139. INTA, Marcos Juárez, Argentina. 9 p.
- Anrique, R., Molina, X., Alfaro, M., Saldaña, R., 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. Cuarta edición. Valdivia, Chile. 91 p.
- Arelovich, H.M., Arzadun, M.J., Laborde, H.E., Vásquez, M.G., 2003. Performance of beef cattle grazing oats supplemented with energy, escape protein or high-quality hay. *Animal Feed Science and Technology* 105, 29–42.
- Ates, S., Keles, G., Demirci, U., Dogan, S., Ben Salem, H., 2017. Biomass yield and feeding value of rye, triticale, and wheat straw produce under a dual-purpose management system. *Journal of Animal Sciences* 95 (11), 4893–4903.
- Bakhtavar, M.A., Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, A.U.H., Noor, M.A., 2015. Physiological strategies to improve the performance of spring maize (*Zea mays* L.) planted under early and optimum sowing conditions. *PloS one* 10 (4), e0124441.
- Brandt, I., 2018. Efecto de la suplementación con brásicas forrajeras de invierno (*Brassica oleracea* L. spp. *Acephala* y *Brassica napus* L. spp. *Napobrassica*) sobre la producción, composición láctea y consumo en vacas lecheras. Tesis Universidad Austral de Chile. 29 p.
- Calvache, I., Balocchi, O., Alonso, M., Keim, J.P., López, I., 2020. Thermal time as a parameter to determine optimal defoliation frequency of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and pasture brome (*Bromus valdivianus* Phil.). *Agronomy* 10 (5), 620.
- Campbell, B.J., Gelley, C.H., McCutcheon, J.S., Fluharty, F.L., Parker, A.J., 2021. A comparison of annual forages and stockpiled pasture on the growth and health parameters of grazing fall-born lambs. *Small Ruminant Research* 196, 106335.
- Carrillo, B., González, J., Brito, C., Báez, A., Moreira, V., Pinar-gote, C., 2014. Caracterización de sistemas productivos lecheros en el Sur de Chile con distintos sistemas de manejo y su relación con el recuento total bacteriano de la leche producida: un análisis multivariable. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46 (2), 207–216.
- Catrileo, A.S., Rojas, C.G., Matus, J.C., 2003. An evaluation of the production and quality of barley sown alone or combined with forage species for the production of silage. *Agricultura Técnica* 63 (2), 135–145.
- Castro-Hernández, H., Domínguez-Vara, I.A., Morales-Almaráz, E., Huerta-Bravo, M., 2017. Composición química,

- contenido mineral y digestibilidad in vitro de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. Revista mexicana de ciencias pecuarias 8 (2), 201–210.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), 2000. Estudio de suelos de la provincia de Osorno. Santiago, Chile. 134 p.
- Demagnet, R., Mora, M., Sandoval, N., 1996. Efecto de seis fuentes de fertilizantes nitrogenados sobre la producción y calidad de una pastura de *Lolium multiflorum* cv concord. XXI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal 12–14.
- Edmisten, K.L., Green, J.T., Mueller, J.P., Burns, J.C., 1998. Winter annual small grain forage potential. Dry matter yield in relation to morphological characteristics of four small grain species at six growth stages. Communications in Soil Science and Plant Analysis 29 (7-9), 867–879.
- Flores, G., Díaz, N., Díaz, D., Valladares, J., Pereira-Crespo, S., Fernández-Lorenzo, B., Piñeiro, J., 2014. Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. Pastos 43 (1), 20–34.
- Floss, E.L., 1988. Manejo forrageiro de aveia (*Avena sp.*) e azevém (*Lolium sp.*). Simposio sobre Manejo da Pastagem 9, 231–268.
- Formoso, F., 2010. Producción de forraje y calidad de verdeos de invierno y otras alternativas de producción otoño-invernales. INIA Serie Técnica N° 184, Montevideo, Uruguay. 120 p.
- Hargreaves, A., Hill, J., Leaver, J.D., 2009. Effect of stage of growth on the chemical composition, nutritive value and ensilability of whole-crop barley. Animal Feed Science and Technology 152 (1-2), 50–61.
- Hodgson, J., Baker, R.D., Davies, A., Laidlaw, A.S., Leaver, J.D., 1981. Sward measurement handbook. British Grassland Society, Hurley, Maidenhead. UK. 266 p.
- Keles, G., Ates, S., Coskun, B., Koc, S., 2020. Re-growth yield and nutritive of winter cereals. 22<sup>nd</sup> international Grassland Congress. 951–953 p.
- Khorasani, G.R., Jedel, P.E., Helm, J.H., Kennelly, J.J., 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. Canadian Journal of Animal Science 77 (2), 259–267.
- Khorasani, G.R., Okine, E.K., Kennelly, J.J., Helm, J.H., 1993. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 76, 3536–3546
- Lamb, J.F., Jung, H.J.G., Sheaffer, C.C., Samac, D.A., 2007. Alfalfa leaf protein and stem cell wall polysaccharide yields under hay and biomass management systems. Crop Science 47 (4), 1407–1415.
- Mena, F., 2010. Evaluación de 4 híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la comuna de Futrono. Tesis Universidad Austral de Chile. 44 p.
- Miralles, D.J., González, F.G., Abeledo, L.G., Serrago, R.A., Alzueta, I., García, G.A., Lo Valvo, P., 2014. Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo. 1a ed. Buenos Aires, Orientación Gráfica Editora. 56 p.
- Paine, J., 2007. Efecto de la época de cosecha en el rendimiento y calidad de cinco cultivares cebada (*Hordeum vulgare* L.) para ensilaje. Tesis Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. 42 p.
- Reberg-Horton, S.C., Burton, J.D., Danehower, D.A., Ma, G., Monks, D.W., Murphy, J., Creamer, N.G., 2005. Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). Journal of chemical ecology 31 (1), 179–193.
- Redmon, L.A., McCollum III, F.T., Horn, G.W., Cravey, M.D., Gunter, S.A., Beck, P.A., Saulian, R., 1995. Forage intake by beef steers grazing winter wheat with varied herbage allowances. Journal of Range Management 48, 198–201.
- Reeves, M., Fulkerson, W.J., Kellaway, R.C., 1996. Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): the effect of time of defoliation and nitrogen fertilizer application and in comparison, with perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Australian Journal of Agricultural Research 47, 1349–1359.
- Schroeder, G.F., Couderc, J.J., Bargo, F., Rearte, D.H., 2005. Milk production and fatty acid profile of milkfat by dairy cows fed a winter oats (*Avena sativa* L.) pasture only or a total mixed ration. New Zealand Journal of Agricultural Research 48 (2), 187–195.
- Soto, P., 1996. Forrajes suplementarios de invierno y verano, in: Ruiz, I. (Ed.), Praderas para Chile, 2ª edición. Santiago, Chile, pp. 111–136.
- Teuber, N., 2009. Pradera permanentes en las zonas lecheras de Chile. Curvas de crecimiento, distribución y producción. INIA Remehue. Osorno, Chile. 61 p.
- Vega, J., Morales, E., López, F., Estrada, J., Arriaga, C., 2020. Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) grazing or silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. Part I. Crop and dairy cow performance. Chilean Journal of Agricultural Research 80 (4), 515–525.
- Winter, S.R., Thompson, E.K., Musick, J.T., 1990. Grazing winter wheat. II. Height effects on response to production systems. Agronomy Journal 82 (1), 37–41.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14, 415–421.