

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CEBADA SEMBRADA SOLA Y ASOCIADA A ESPECIES FORRAJERAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENSILAJE¹

An evaluation of the production and quality of barley sown alone or combined with forage species for the production of silage¹

Adrián Catrileo S.^{2*}, Claudio Rojas G.² y José Matus C.³

ABSTRACT

During the 1999/2000 season, the productivity and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) sown alone or in association with forage species for silage was evaluated. The study was conducted in an Ultisol in the dryland of the IX Region at the Carillanca Regional Research Center of the National Agricultural Research Institute (INIA), 38°41' S lat, 72°25' W long, 200 m.a.s.l. The treatments evaluated were: barley alone (T1); barley with red clover (*Trifolium pratense*) (T2); barley with rotational ryegrass (*Lolium multiflorum*) (T3); and barley in mixture with perennial ryegrass/white clover (*Lolium perenne*/*Trifolium repens*) (T4). The experimental design was a randomized complete block design, with three replicates, cutting each treatment at seven phenological stages of the barley crop. The height and DM content of the barley did not have significant differences ($P < 0.05$) due to effect of the treatments and phenological stages evaluated. Barley in association with the forage species did not increase DM production ($P > 0.05$) except at the anthesis and early milky stages of T3, which were higher than T1 and T2 by 36 and 30%, respectively. Crude protein, metabolizable energy and *in vitro* digestibility decreased with the increasing maturity of the association, although an influence of the species that accompanied the barley was not observed. Barley contributed between 80 and 100% of the total botanical composition. The optimal stage to cut barley to obtain silage with 70% digestibility was the early milk (T3) stage, reaching a production of 14.1 t DM ha⁻¹, a metabolizable energy content of 2.43 Mcal ME kg⁻¹ DM and 10.6 % crude protein, after approximately 113 growing days.

Key words: barley silage, red clover, beef cattle, *Hordeum vulgare* L.

RESUMEN

Durante la temporada 1999/2000, se evaluó la productividad y calidad de cebada (*Hordeum vulgare* L.) sembrada sola y en asociación con especies forrajeras para ensilaje. El ensayo se realizó en un suelo Ultisol en el seco de la IX Región, en el Centro Regional de Investigación Carillanca del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 38°41' lat. Sur, 72°25' long. Oeste, 200 m.s.n.m. Los tratamientos evaluados correspondieron a cebada sembrada sola (T1) y las asociaciones de cebada/trébol rosado (*Trifolium pratense*) (T2), cebada/ballica (*Lolium multiflorum*) de rotación (T3) y cebada/pradera ballica/trébol blanco (*Lolium perenne*/*Trifolium repens*) (T4). El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones, cortando cada tratamiento en siete estados fenológicos de la cebada. La altura y el contenido de MS de la cebada no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) por efecto de los distintos tratamientos y estados de corte evaluados. La cebada asociada con las forrajeras no aumentó la producción de materia seca, salvo en los estados de antesis en progreso y grano acuoso-lechoso ($P < 0,05$), del tratamiento T3, que superó a T1 y T2, en 36 y 30%, respectivamente. La proteína cruda, energía metabolizable y digestibilidad *in vitro* presentaron una disminución acorde con el avance en la madurez de la asociación, pero no se observó una influencia de las especies que acompañaban a la cebada. La cebada aportó entre un 80 y 100% en la composición botánica total. El estado óptimo de corte de la cebada, para obtener ensilaje con 70% de digestibilidad, fue grano acuoso-lechoso (T3), alcanzando una producción de 14,1 t MS ha⁻¹, un contenido de energía metabolizable de 2,43 Mcal kg⁻¹ MS y 10,6% de proteína cruda con aproximadamente 113 días de crecimiento.

Palabras clave: ensilaje de cebada, trébol rosado, novillos, *Hordeum vulgare* L.

¹ Recepción de originales: 23 de agosto de 2001.

Trabajo presentado a la XXVI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, el 25 y 27 de julio, Santiago, Chile.

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile.

E-mail: acatrileo@carillanca.inia.cl *Autor para correspondencia.

³ Universidad de La Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Casilla 54-D, Temuco.

INTRODUCCIÓN

La IX Región de La Araucanía se caracteriza por presentar inviernos muy fríos con exceso de humedad, y veranos secos con temperaturas moderadamente altas. Ello causa una marcada estacionalidad en la tasa de crecimiento de las praderas naturales y sembradas, lo que se traduce en que la disponibilidad de forraje para el ganado en pastoreo sea alta en algunos períodos del año y escasa en otros. Como resultado, se debe recurrir a la conservación de forraje para la alimentación del ganado en los períodos de escasez, cortando el forraje en los períodos de crecimiento activo, lo que ocurre en primavera, para conservarlo principalmente en forma de ensilaje y en menor medida como heno.

Dentro de los cultivos forrajeros, algunas alternativas alimenticias para rumiantes que pueden ser conservadas como ensilaje, la constituyen los cereales de grano pequeño como avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum*), triticale (*Triticum secale*) y centeno (*Secale cereale*), los que al ser sembrados en otoño - invierno y cosechados en un solo corte en verano, pueden rendir su máxima producción de MS y energía por hectárea. Estadísticas recientes indican que existen aproximadamente 22.000 hectáreas de cebada sembradas en nuestro país, concentrándose en las regiones IX y X aproximadamente el 52% de la superficie (INE, 1997). Según lo señala la literatura, la cebada puede ser sembrada sola para obtener un ensilaje de calidad para producción de carne o leche.

El ensilaje de la planta entera (follaje y grano en estado inmaduro) de cereales de grano pequeño, y en especial de cebada, ha sido estudiado por algunos investigadores nacionales (Hargreaves y Leaver, 1994; Rojas *et al.*, 1997; Rojas y Catrileo, 1998; Elizalde, 1998; Cofré *et al.*, 1998; Rojas y Manríquez, 2001). El material obtenido posee un excelente contenido energético, sin embargo, el contenido de proteína cruda es relativamente bajo, inferior a 9% (Romero *et al.*, 1999). Un mejor aporte proteico podría ser conseguido a través de la asociación de la cebada con especies forrajeras, con lo cual, además, se podría obtener en teoría una mayor producción de MS, mayor contenido

de proteína, y una disminución de los costos de establecimiento de la pradera, ya que ésta podría quedar como un subproducto de la cebada, una vez que ésta es cosechada para ensilaje.

En atención a lo anterior se realizó el presente estudio, cuyos objetivos fueron: 1) evaluar la producción y parámetros de calidad de la cebada para ensilaje cosechada en distintos estados de desarrollo, establecida sola y en asociación con especies forrajeras, y 2) evaluar la posibilidad del establecimiento de estas forrajeras asociadas a cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Centro Regional de Investigación (CRI) Carillanca, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ubicado 10 km al oriente de Cajón en el camino a Vilcún, IX Región (38°44' lat. Sur, 72°25' long. Oeste, 200 m.s.n.m). El estudio se ubicó en un suelo transicional con características de Ultisol, en un terreno con topografía plana a ligeramente ondulada y textura franco-arcillosa. La temperatura media anual de cobertura en el sector es de 11,2°C en primavera y de 15,5°C en verano, con una precipitación media anual de 1.300 mm, según los registros del laboratorio de agrometeorología de INIA Carillanca. Las especies utilizadas correspondieron a cebada (*Hordeum vulgare* L.), ballica perenne (*Lolium perenne*), ballica italiana (*Lolium multiflorum*), trébol rosado (*Trifolium pratense*), y trébol blanco (*Trifolium repens*).

El ensayo fue establecido sobre una pradera degradada de ballica y tréboles; previamente se aplicó glifosato en dosis de 1,44 L i.a. ha⁻¹ (Roundup 3 L ha⁻¹) + MCPA 360 g i.a. ha⁻¹ (MCPA 0,5 L ha⁻¹) + dicamba 144 g i.a. ha⁻¹ (Banvel 480 SI 0,3 L ha⁻¹). Veinte días después de la aplicación de la mezcla herbicida, se procedió a preparar el suelo mediante labranza convencional, con la aplicación de 1 rastraje offset, 2 rastrajes tandem, vibrocultivador, rodón y siembra. La siembra fue realizada el 17 de agosto de 1999.

Los tratamientos que se evaluaron en el ensayo fueron: T1: cebada establecida sola como testigo;

T2: cebada establecida asociada a trébol rosado;
T3: cebada establecida asociada a ballica italiana;
y T4: cebada establecida asociada a ballica perenne y trébol blanco.

Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales fue de 3,0 x 2,0 m. Los resultados de altura de planta, contenido y producción de MS se analizaron a través del análisis de varianza, y las diferencias fueron estudiadas mediante las pruebas de comparación de medias utilizando la prueba de rango múltiple de Dunnett o Tukey (Cochran y Cox, 1974), según el parámetro estudiado.

Las dosis de semilla utilizadas fueron cebada var. Alteza INIA 180 kg ha⁻¹; ballica perenne var. Nui 20 kg ha⁻¹; ballica italiana var. Tetrone 10 kg ha⁻¹; trébol rosado var. Quiñequeli INIA 8 kg ha⁻¹ y trébol blanco var. Huia 3 kg ha⁻¹. Previo al establecimiento del ensayo se realizó un encalado, con 750 kg ha⁻¹ de cal (Soprocal). La fertilización fue: N 25 kg ha⁻¹ (salitre sódico), P₂O₅ 147 kg ha⁻¹ (superfosfato triple), K₂O 50 kg ha⁻¹ (muriato de potasio). La fertilización nitrogenada de complemento consistió en 146 kg ha⁻¹ de N en total, aplicada en 2 parcialidades.

El control de especies residentes se realizó con MCPA en dosis de 504 g i.a ha⁻¹ (0,7 L ha⁻¹ de MCPA) a los 60 días post-establecimiento. En cada tratamiento, según las especies presentes, se realizó el control de malezas según la siguiente forma:

- T1. En este tratamiento con la cebada establecida sola como testigo, siete días después de la aplicación del MCPA se aplicó diclofop metil en dosis de 568 g i.a. ha⁻¹ (2 L ha⁻¹ de Iloxan 28 EC) y una semana más tarde se aplicó dicamba en dosis de 144 g i.a. ha⁻¹ (0,3 L ha⁻¹ de Banvel 480 SL).

- T2. En este caso y posterior a la aplicación de MCPA, se aplicó diclofop metil en dosis de 568 g i.a. ha⁻¹ (2 L ha⁻¹ de Iloxan 28 EC).

- T3. Además del control de malezas con MCPA se hizo un control con dicamba en dosis de 144 g i.a. ha⁻¹ (0,3 L ha⁻¹ de Banvel 480 SL).

- T4. En este tratamiento, dada su composición botánica, sólo se aplicó MCPA en la dosis y momento antes mencionados.

La cosecha de forraje se realizó por corte manual desde el día 23 de noviembre de 1999, transcurridos 99 días desde la siembra del ensayo, y las mediciones se realizaron semanalmente a partir de este día. El corte se efectuó con tijerones, cortando 0,1 m² de las hileras centrales de cada parcela experimental mediante un marco metálico, dejando un residuo de 4 cm. En ese momento la cebada se encontraba en el estado de bota abriéndose (BA) equivalente a Z47 (Zadoks *et al.*, 1974). Los estados fenológicos evaluados posteriormente fueron antésis en progreso (AP) Z65; grano acuoso – lechoso (GA-L) Z73; grano lechoso – harinoso (GL-H) Z83; grano harinoso – suave (GH-S) Z85; grano harinoso – duro (GH-D) Z87 y finalmente cariopsis dura (difícil de partir) (CD) Z91.

Muestras simples de cada tratamiento se utilizaron para medir altura de plantas (cm), contenido de MS (%) y producción de forraje (t MS ha⁻¹), y muestras compuestas para la determinación de la composición botánica (%), energía metabolizable (Mcal kg⁻¹ MS) (Givens, 1986), proteína cruda (%), fibra cruda (%) (AOAC, 1970), digestibilidad *in vitro* de la MS (DMS %) (Tilley y Terry, 1963) y el valor “D”(%), estimado según la siguiente relación:

$$\text{Valor D} = \frac{\text{MO inicial} - \text{MO residual} \times 100}{\text{MS inicial}}$$

donde MO: materia orgánica.

Los análisis de energía metabolizable fueron realizados en el laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal del INIA; CRI Remehue. Todo el material fue cosechado para ensilaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Las alturas promedio alcanzadas por las plantas de cebada en los distintos tratamientos y estados fenológicos, a igual fecha de corte, fluctuaron entre

74,9 y 86,6 cm, para T1; 73,7 y 85,5 cm para T2; 76,4 y 85,6 cm para T3 y entre 76,3 y 84,6 cm en T4, para los estados de BA y CD, respectivamente (Cuadro 1). Sin embargo, el análisis reveló que en los distintos cortes, la cebada asociada y sola en ningún estado fenológico presentó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$), según la prueba de comparación múltiple de Dunnett (Visauta, 1998).

Contenido de materia seca

Los contenidos de MS del forraje fluctuaron entre 20,6 y 70,9% para T1; 20,9 y 66,5% para T2; 21,2 y 64,0% para T3 y 22,4 y 68,5% para T4, desde el estado de BA a CD. Considerando que el contenido óptimo de MS del forraje de cebada para ser

ensilado debe ser superior a 25% (Balocchi y López; 1991), en la presente investigación este valor se obtuvo a partir del segundo corte, en estado AP, en el cual T3 fue levemente inferior a 25% de MS. Esta situación puede haber ocurrido dada la falta de madurez de la planta de ballica al momento de la cosecha.

Al realizar el corte cuando la cebada se encontraba en el estado de GL-H fue posible observar que el T1, obtuvo el mayor contenido de MS, siendo superior al resto ($P < 0,05$), pero similar al tratamiento T2. Estos tratamientos superaron en 4,5 y 2,7% el contenido de MS de T4 y en 5,27 y 3,47% el contenido de MS de T3 (Cuadro 2).

Cuadro 1. Altura (cm) de cebada sembrada sola (T1) o en asociación con trébol rosado (T2), ballica de rotación (T3) y una pradera mixta (T4) como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada. Carillanca, IX Región. Temporada 1999/2000.

Table 1. Height (cm) of barley sown alone (T1) or in association with red clover (T2), short rotation ryegrass (T3) and mixed pasture (T4) as forage for silage at different phenological stages of the barley crop. Carillanca, IX Region. 1999/2000 season.

Tratamiento	Bota abriéndose	Antésis en progreso	Grano acuoso lechoso	Grano lechoso harinoso	Grano harinoso suave	Grano harinoso duro	Cariopsis dura
T1	74,9 a	80,3 a	86,6 a	78,3 a	77,0 a	77,0 a	77,3 a
T2	73,7 a	85,5 a	79,3 a	79,0 a	77,0 a	76,3 a	75,6 a
T3	76,4 a	85,6 a	83,0 a	81,6 a	81,0 a	76,6 a	79,3 a
T4	78,4 a	84,6 a	84,3 a	76,3 a	80,0 a	80,0 a	78,6 a

Cifras con diferentes letras en columnas indican diferencias estadísticas significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tukey ($P < 0,05$).

Cuadro 2. Contenido de materia seca (%) de cebada sembrada sola (T1) o en asociación con trébol rosado (T2), ballica de rotación (T3) y una pradera mixta (T4) como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada. Carillanca, IX Región. Temporada 1999/2000.

Table 2. Dry matter content (%) of barley sown alone (T1) or in association with red clover (T2), short rotation ryegrass (T3) and mixed pasture (T4) harvested for silage at different phenological stages of the barley crop. Carillanca, IX Region. 1999/2000 season.

Tratamiento	Bota abriéndose	Antésis en progreso	Grano acuoso lechoso	Grano lechoso harinoso	Grano harinoso suave	Grano harinoso duro	Cariopsis dura
T1	20,6 a	27,0 a	29,7 a	42,0 a	48,0 a	62,3 a	70,9 a
T2	20,9 a	25,8 a	30,3 a	40,2 a	45,7 a	56,2 a	66,5 a
T3	21,2 a	24,5 a	29,4 a	36,7 a	42,9 a	53,0 a	64,0 a
T4	22,4 a	26,3 a	30,4 a	37,4 a	45,8 a	59,1 a	68,5 a

Cifras con diferentes letras en columnas indican diferencias estadísticas significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tukey ($P < 0,05$).

Los valores obtenidos en este estado fenológico de la cebada, aunque fueron levemente superiores a los obtenidos por Romero *et al.* (1999) para cebada sembrada sola, siguieron una tendencia similar, lo cual también puede ser válido para T2, ya que el aporte de esta leguminosa fue prácticamente cero en este corte. El menor contenido de MS de los tratamientos T3 y T4, pudo deberse al estado de desarrollo temprano que presentaban las ballicas, principalmente al momento del corte, con activa división y crecimiento celular, teniendo un alto contenido de agua en su estructura.

Al comparar los contenidos de MS de la cebada cosechada en diferentes estados fenológicos de este estudio con los resultados obtenidos en investigaciones anteriores, se pudo observar, que en general, se obtuvieron contenidos de MS superiores. Esto pudo ser producto de las bajas precipitaciones que se presentaron durante los meses de cosecha del forraje, siendo un 45 y 80% inferiores al promedio del período de 25 años de control de precipitaciones en los meses de noviembre y diciembre, respectivamente (Registro Agrometeorológico INIA Carillanca, 1999).

Rendimiento de materia seca

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos de MS promedio obtenidos por los diferentes tratamientos y los distintos estados fenológicos de la cebada al momento de realizar el corte para ensilaje. Se observa que las producciones de MS fluctuaron entre 7,1

y 17,1 t ha⁻¹ para el tratamiento T1; entre 7,4 y 14,2 t ha⁻¹ para T2; entre 7,2 y 14,6 t ha⁻¹ para T3; y entre 8,1 y 15,4 t ha⁻¹ para T4, valores obtenidos desde el estado BA a CD, respectivamente.

Como se observa en el Cuadro 3, existió un claro aumento de la producción de MS con el avance de los estados de desarrollo de los cultivos, destacando el T3 entre los estados BA y GA-L, que duplicó la producción de MS. En el segundo estado de desarrollo, T3 obtuvo la mayor producción de forraje, siendo superior a T1 ($P < 0,05$).

Cuando el ensayo se cosechó en el estado GA-L, T3 también obtuvo el mayor rendimiento de MS para ser ensilado, siendo estadísticamente superior a T2 ($P < 0,05$), a excepción de los tratamientos T4 y T1, que superaron en 30 y 18% el rendimiento de forraje de T2, respectivamente. En términos generales, la producción de MS del T3 fue superior ($P < 0,05$) a la obtenida por T1 en el segundo y tercer estado de desarrollo.

Al relacionar el hábito de crecimiento de la ballica y el rendimiento, fue posible apreciar que la ballica italiana, de crecimiento erecto y agresivo (T3), presentó la mejor tendencia productiva en los estados AP y GL-H como forraje para ensilaje. De acuerdo a estos resultados la asociación de cebada con esta pradera permitiría alcanzar la mayor producción al estado de GA-L de la cebada.

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca (t ha⁻¹) de cebada sembrada sola (T1) o en asociación con trébol rosado (T2), ballica de rotación (T3) y una pradera mixta (T4) como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada. Carillanca, IX Región. Temporada 1999/2000.

Table 3. Dry matter yield (t ha⁻¹) of barley sown alone (T1) or in association with red clover (T2), short rotation ryegrass (T3) and mixed pasture (T4) as forage for silage at different phenological stages of the barley crop. Carillanca, IX Region. 1999/2000 season.

Tratamiento	Bota abriéndose	Antésis en progreso	Grano acuoso lechoso	Grano lechoso harinoso	Grano harinoso suave	Grano harinoso duro	Cariopsis dura
T1	7,0 a	8,5 a	12,0 a	13,7 a	15,9 a	14,1 a	17,1 a
T2	7,4 a	10,4 a	9,8 a	13,2 a	13,8 a	13,2 a	14,2 a
T3	7,2 a	13,3 a	14,1 a	14,7 a	14,2 a	15,0 a	14,6 a
T4	8,1 a	11,7 a	12,0 a	12,3 a	14,6 a	14,3 a	15,4 a

Cifras con diferentes letras en columnas indican diferencias estadísticas significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tukey ($P < 0,05$).

Con esto sería posible realizar la cosecha de forraje 7 a 14 días más temprano, antes del estado GH-S, que representa la fase más recomendada para realizar el corte en la cebada, permitiendo con ello anticipar la elaboración del ensilaje, con el fin de disminuir la competencia del cereal sobre las especies forrajeras. Luego existiría un período de recuperación para la ballica de rotación para un próximo corte o pastoreo.

Desde el cuarto estado de desarrollo en adelante no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$), entre los tratamientos estudiados. En el corte realizado en el estado GL-H, el rendimiento de MS promedio fue muy parecido al informado por Cofré *et al.* (1998) en la VIII Región, donde cebada sola tuvo una producción de 13,2 t MS ha⁻¹. Por otro lado, el rendimiento de cebada sola fue inferior al alcanzado por Soto *et al.* (1999), quienes obtuvieron 11 t MS ha⁻¹.

En la cosecha realizada en el estado GH-S, que ha sido el estado más recomendado para corte de la cebada para ensilaje (McCartney y Vaage, 1994), no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos estudiados.

Composición botánica

Al realizar el corte en el estado de BA, el aporte de la cebada a la producción total en los distintos tratamientos evaluados fluctuó entre 80 y 100%, registrándose la mayor contribución de la especie sembrada en mezcla con la cebada en T3, la cual alcanzó un aporte de 11,4%, seguida de 10% de ballica en T4 (Figura 1), valores considerados bajos en la producción total de MS en este corte. Con respecto a la presencia de especies residentes en los diferentes tratamientos, el aporte de éstas fue insignificante debido al control de malezas realizado post-emergencia. La contribución del trébol rosado en este corte fluctuó entre 0,55 y 1,17% para T4 y T2, respectivamente, los cuales representan un aporte muy bajo para la producción total de MS, y confirmando la alta capacidad de competencia de la cebada.

En cuanto al rendimiento de MS en los tratamientos evaluados, en especial en T2, se observó que dentro de las mezclas estudiadas, la especie forrajera más fuertemente afectada fue el trébol rosado, especialmente por la fuerte competencia del cereal.

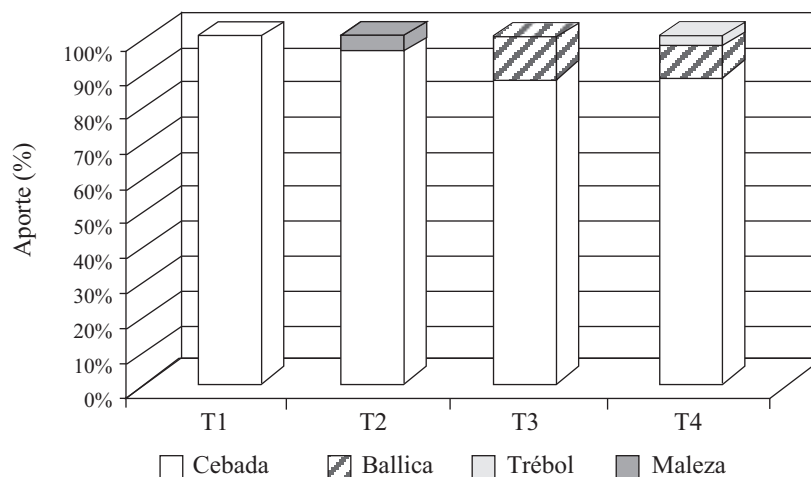


Figura 1. Composición botánica (%) de cebada sembrada sola (T1) y en asociación a trébol rosado (T2), ballica de rotación (T3) o pradera mixta (T4) cosechada en el estado de bota abriéndose.

Figure 1. Botanical composition (%) of barley sown alone (T1) and in association with red clover (T2), short rotation ryegrass (T3) and mixed pasture (T4) harvested for silage at the opening boot stage.

Cuando se realizó la cosecha de forraje en el estado AP de la cebada, se observó que el aporte de ésta a la producción total en los distintos tratamientos evaluados fluctuó entre 89,2 y 100%, y al igual que en el corte en el estado anterior, la mayor contribución de la especie sembrada, en T3, alcanzó un aporte de 11%, seguida de 8,6% de ballica en T4 de la producción total de MS (Figura 1). Se observó además en este corte una leve disminución en el aporte de la ballica establecida en asociación con la cebada, pero por otro lado, se obtuvo un mayor aporte en la producción de MS de trébol rosado sembrado en mezcla con cebada, alcanzando una contribución de 3,3%, pero ello estuvo asociado a una mayor infestación de malezas, cifra que alcanzó 1,37% del rendimiento total de forraje.

Digestibilidad *in vitro* de la MS (DMS, %)

La calidad del forraje para ser ensilado, expresada en base a la digestibilidad de la MS de los diferentes tratamientos y estados fenológicos evaluados,

se presenta en la Figura 2. Algunos autores (Elizalde *et al.*, 1996) han sostenido que la digestibilidad de los forrajes ensilados depende fundamentalmente de la digestibilidad del cultivo original; también depende del estado fenológico al momento del corte, de la especie y del manejo, ya que la digestibilidad afecta la respuesta animal al consumir ensilaje. La digestibilidad fue similar ($P > 0,05$) entre los tratamientos para todos los estados fenológicos de corte, lo cual es consecuente con la baja participación de las especies forrajeras acompañantes de la cebada.

Por su parte, Allen (1992), señaló que para obtener un forraje conservado de alta calidad como ensilaje, la digestibilidad del forraje debe ser de 70%. De acuerdo con lo anterior, en el presente estudio se observó que la época de corte más apropiada sería hasta el estado de GA-L, ya que en los estados fenológicos posteriores, la digestibilidad tendió a disminuir en los distintos tratamientos evaluados (Figura 2).

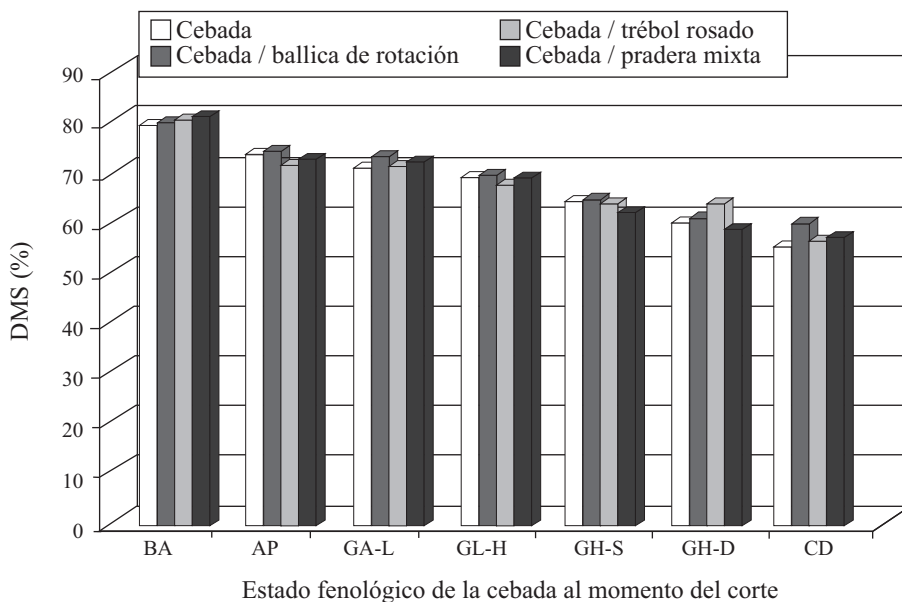


Figura 2. Variaciones de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DMS, %) de cebada sembrada sola y en asociación con trébol rosado; ballica de rotación o pradera mixta como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada.

Figure 2. Variation of *in vitro* dry matter digestibility (DMS, %) in barley sown alone and in association with red clover, short rotation ryegrass and mixed pasture as forage for silage, harvested at different phenological stages of the barley.

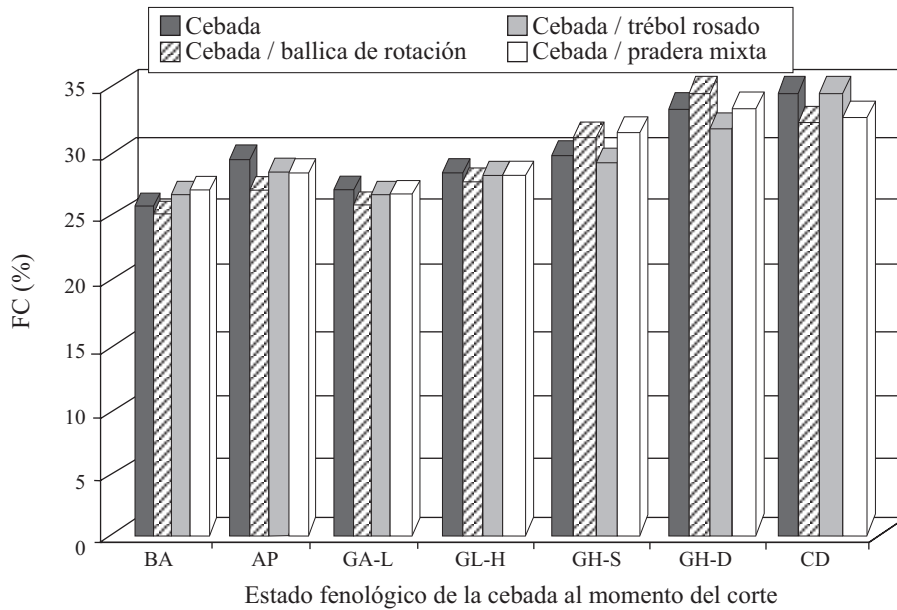


Figura 3. Variaciones en el contenido de fibra cruda (FC, %) de cebada sembrada sola y en asociación a trébol rosado; ballica de rotación o pradera mixta como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada.

Figure 3. Variation in the crude fiber content (CF, %) of barley sown alone and in mixture with red clover; short rotation ryegrass and perennial pasture harvested for silage at different development stage of barley.

Acosta *et al.* (1991) reportaron una DMS de 74,7% para cebada cosechada en el estado de bota, valor inferior a los obtenidos en este estudio, que en los distintos tratamientos superaron 78% de digestibilidad. Por otro lado, Hargreaves (1993) reportó una digestibilidad de 61% de la MO de cebada sola cosechada en la fase de grano harinoso, valor que presenta una tendencia similar a los resultados obtenidos en este trabajo en el tratamiento que incluía cebada sola, cosechada en el mismo estado fenológico.

Fibra cruda (%)

En relación al contenido de fibra cruda, los valores más bajos se encontraron cuando los distintos tratamientos fueron cosechados en el estado GA-L, situación que concuerda con los índices de digestibilidad mínimos para obtener un ensilaje de alta calidad (Figura 3). En los distintos tratamientos y según el momento del corte, se observaron mayores niveles de fibra cruda en la medida que avanzó la madurez del cultivo, lo que coincide con otros estudios (Rojas *et al.*, 1997; Rojas y Catrileo, 2000).

Energía metabolizable (EM, Mcal kg⁻¹ MS)

La calidad del forraje para la elaboración de ensilaje de los distintos tratamientos cosechados en diferentes estados fenológicos de la cebada, expresados en base a su contenido de EM, se presenta en el Cuadro 3.

En general, no se apreció una disminución sostenida del nivel de EM con el avance del estado fenológico del cultivo, no observándose diferencias importantes por efecto de los tratamientos. Sin embargo, fue notoria una disminución de la EM a partir del estado GA-L. En el T1, cosechado en estado GH-S, se obtuvo un contenido de EM por debajo del rango de valores obtenidos por Rojas *et al.* (1997).

El contenido de EM mostró una clara tendencia a bajar con el avance del estado fenológico de las especies (Cuadro 4), encontrándose que los valores obtenidos en T1 fueron inferiores a los reportados por otros estudios (Rojas y Catrileo, 2000), especialmente en el estado de grano harinoso. La explicación podría atribuirse al déficit hídrico

que se presentó en el momento en que se realizaron los cortes, lo que provocó que las plantas se secaran antes de tiempo, no permitiendo la acumulación de energía en forma normal.

En el presente estudio la EM mínima para obtener respuestas productivas en el ganado se obtuvo sólo en el estado BA; sin embargo, en los estados fenológicos AP y GA-L, la EM promedio fue 2,45 Mcal kg⁻¹ MS, valor considerado adecuado para que el cultivo pueda ser ensilado para la engorda de novillos. En los cortes de madurez más avanzada la EM cayó a niveles limitantes para ser usados como ensilajes de buena calidad.

Contenido de proteína cruda (%)

Los cereales en general son bajos en proteína, sin embargo, en cebada los valores de proteína pueden llegar a 19% antes de espigadura, disminu-

yendo rápidamente hacia la madurez, hasta alcanzar valores de alrededor de 8% (base MS). Se ha estimado que en cebada la proteína puede decaer a una tasa de 0,145% por día (Hargreaves, 1994), pero esto puede ser variable dependiendo de la especie, variedad y condiciones climáticas.

La calidad del forraje para ensilaje, en los tratamientos y estados fenológicos evaluados en esta investigación se presentan en el Cuadro 5, expresada en base a su contenido de proteína cruda.

El mayor contenido de proteína cruda lo obtuvo T2, cosechada la cebada en el estado BA, lo cual se atribuye probablemente al estado tierno que presentaba la cebada al momento del corte; estos resultados fueron levemente inferiores a los obtenidos por Acosta *et al.* (1991), quienes reportaron un contenido de proteína cruda de 16,6% en

Cuadro 4. Contenido de energía metabolizable (Mcal kg⁻¹ MS⁻¹) de cebada sembrada sola (T1) o en asociación con trébol rosado (T2), ballica de rotación (T3) y una pradera mixta (T4) como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada. Carillanca, IX Región. Temporada 1999/2000.

Table 4. Metabolizable energy (Mcal kg⁻¹ DM⁻¹) of barley sown alone (T1) or in association with red clover (T2), short rotation ryegrass (T3) and mixed pasture (T4) harvested for silage at different phenological stages of the barley crop. Carillanca, IX Region. 1999/2000 season.

Tratamiento	Bota abriéndose	Antésis en progreso	Grano acuoso lechoso	Grano lechoso harinoso	Grano harinoso suave	Grano harinoso duro	Cariopsis dura
T1	2,62	2,48	2,44	2,38	2,26	2,09	1,93
T2	2,60	2,48	2,51	2,38	2,22	2,10	2,05
T3	2,66	2,37	2,43	2,33	2,23	2,20	1,93
T4	2,66	2,43	2,46	2,36	2,13	2,07	1,95

Cuadro 5. Contenido de proteína cruda (%) de cebada sembrada sola (T1) o en asociación con trébol rosado (T2), ballica de rotación (T3) y una pradera mixta (T4) como forraje para ensilaje, cosechado en diferentes estados fenológicos de la cebada. Carillanca, IX Región. Temporada 1999/2000.

Table 5. Crude protein content (%) of barley sown alone (T1) or in association with red clover (T2), short rotation ryegrass (T3) and mixed pasture (T4) as forage for silage at different phenological stages of the barley crop. Carillanca, IX Region. 1999/2000 season.

Tratamiento	Bota abriéndose	Antésis en progreso	Grano acuoso lechoso	Grano lechoso harinoso	Grano harinoso suave	Grano harinoso duro	Cariopsis dura
T1	13,2	10,5	10,1	8,2	6,5	5,5	5,8
T2	15,6	10,7	10,2	7,5	7,3	5,9	5,3
T3	15,0	12,1	10,6	7,5	6,4	6,1	4,6
T4	14,6	10,0	10,3	7,8	6,5	6,5	4,8

este estado fenológico. Desde el estado de GA-L en adelante, se observó que los tenores proteicos de los distintos tratamientos, presentaron valores relativamente similares, todos inferiores a 10%.

Con respecto a las condiciones climáticas, al parecer las bajas precipitaciones primaverales que se presentaron durante el desarrollo del ensayo, contribuyeron a aumentar el contenido de MS en los distintos estados fenológicos, aun cuando esto no afectó el tenor proteico de los diferentes tratamientos (Cuadro 5). La proteína obtenida en los diferentes tratamientos y cortes evaluados, se encontraba dentro del rango reportado en la literatura, sugiriendo que el corte para ensilaje más recomendado se realiza hasta el estado de GA-L, lo cual es consistente con los valores de energía metabolizable obtenidos al mismo estado.

CONCLUSIONES

La altura de la planta y el contenido de materia seca de la cebada no presentaron diferencias significativas por efecto de los tratamientos.

Las asociaciones de cebada con especies forrajeras no aumentaron el rendimiento de MS, excepto en el tratamiento de cebada asociada a ballica cosechado en los estados de antésis en progreso y grano acuoso-lechoso, que superó a los tratamientos de cebada sola y cebada asociada a trébol rosado.

La asociación de cebada con especies forrajeras no mejoró los niveles de proteína, energía metabolizable y digestibilidad de la materia seca del sustrato para ensilaje, debido al bajo aporte de las especies forrajeras en la composición botánica.

En la asociación, la especie forrajera más afectada por la competencia con cebada fue el trébol rosado, cuyo aporte no superó el 3,3%.

Con el avance de la madurez de la cebada sembrada sola y sus asociaciones, aumentó el contenido de materia seca, el rendimiento, y la fibra cruda, disminuyendo el contenido energético, la digestibilidad y la proteína cruda.

El estado fenológico límite de corte de la cebada para obtener ensilajes de alta calidad con 70% de digestibilidad, se logra en la fase de grano acuoso-lechoso (Z73), con aproximadamente 113 días de crecimiento, o antes.

En el estado óptimo de corte con 70% de digestibilidad, se alcanzó con grano acuoso-lechoso, con un nivel de energía metabolizable de 2,43 Mcal kg⁻¹ MS⁻¹, 10,6% de proteína cruda, y una producción de materia seca de 14,1 t ha⁻¹, para el tratamiento de cebada asociada a ballica.

De acuerdo a las condiciones en que se realizó este estudio, la cebada no permitió un buen establecimiento de las forrajeras asociadas.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1970. Official methods. 1015 p. 11th ed. William Horwitz (ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C., USA.
- Acosta, Y.M., C.C. Stallings, C.E. Pollan, and C.N. Miller. 1991. Evaluation of barley silage harvested at boot and soft dough stages. *J. Dairy Sci.* 74:167-176.
- Allen, D. 1992. Rationing Beef Cattle. 79 p. Chalcombe Publications, Church Lane, Kingston, UK.
- Balocchi, O., e I. López. 1991. Aptitud fermentativa de recursos forrajeros. p.1-24. *In* Latrille, L. (ed.) Avances en Producción Animal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal, Valdivia, Chile.
- Cochran, W., y G. Cox. 1974. Diseños experimentales. 661 p. Editorial Trillas, México.
- Cofré, P., P. Soto, y E. Jahn. 1998. Comportamiento agronómico y en ensilaje en microsilos de cereales pequeños. p. 69-70. XXIII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Chillán, Chile. 21-23 de Octubre.
- Elizalde, H.F. 1998. Evaluación de ensilajes de grano pequeño en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento. p. 13-18. XXIII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), 21-23 de Octubre, Chillán, Chile.
- Elizalde, H.F., A. Hargreaves, y C. Wernli. 1996. Conservación de forrajes. p. 396-428. *In* Ruiz, I. (ed.) Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.

- Givens, D.I. 1986. New methods for predicting the nutritive value for silage. p. 66-71. *In* Stark, B.A. and Wilkinson, J.P.L. (eds.). Development in silage. Chalcombe Publications, Marlow, Great Britain.
- Hargreaves, A. 1993. Whole-crop barley as a supplementary feed for grazing dairy cows. 297 p. Ph.D. Thesis. University of London, London, England.
- Hargreaves, A. 1994. Uso de cereales de grano pequeño como planta completa en producción animal. p. 1-13. Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción Animal, Valdivia, Chile.
- Hargreaves, A., y J.D. Leaver. 1994. Efecto del tiempo de acceso al ensilaje de planta completa de cebada sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. p. 65-66. XIX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), 19-21 de Octubre, Temuco, Chile.
- INE. 1997. VI Censo Nacional Agropecuario. 443 p. Instituto Nacional de Estadística (INE), Santiago, Chile.
- Mc Cartney, D.H., and A.S. Vaage. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Can. J. Anim. Sci.* 74: 91-96.
- Rojas, C., A. Catrileo, y O. Romero. 1997. Ensilaje de cebada en la engorda invernada de novillos Hereford. *Agro Sur* 24: 227-234.
- Rojas, C. y A. Catrileo. 1998. Ensilaje de triticale en la engorda invernada de novillos Hereford. p. 19-20. XXIII Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Chillán, Chile. 21-23 de Octubre.
- Rojas, C., y A. Catrileo. 2000. Evaluación de ensilaje de cebada en tres estados de corte en la engorda invernada de novillos. *Agricultura Técnica (Chile)* 60:370-378.
- Rojas, C., y M. Manríquez. 2001. Comparación de ensilajes de trigo y de maíz en la engorda invernada de novillos. *Agricultura Técnica (Chile)* 61:444-451.
- Romero, O., C. Rojas, N. Butendieck, y S. Hazard. 1999. Producción de materia seca y calidad nutritiva de tres especies de cereales: avena, cebada y triticale para ensilaje. p. 49-50. XXIV Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), 27-29 de Octubre, Temuco, Chile.
- Soto, P., P. Cofré, y E. Jahn. 1999. Rendimiento y calidad de cereales de grano pequeño y ballica para ensilaje. p. 53-54. XXIV Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), 27-29 de Octubre, Temuco, Chile.
- Tilley, J.M., and R.A. Terry. 1963. A two technique for the *in vitro* digestion of forages crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104-111.
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante. 304 p. Mc Graw Hill, Madrid, España.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang, and C.F. Kozak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415.