

# Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México

## Yield and nutritive value of awnless forage barley genotypes in the Región Lagunera of Mexico

Modesto Colín Rico<sup>a</sup>, Víctor Manuel Zamora Villa<sup>a</sup>, María Alejandra Torres Tapia<sup>a</sup>, Martha Alicia Jaramillo Sánchez<sup>a</sup>

### RESUMEN

A pesar de las bondades que presenta la cebada en comparación con otros cereales, en México poco se ha estudiado el uso de la planta completa de cebada como fuente de forraje para el ganado lechero. Veintiséis (26) líneas avanzadas de cebada forrajera imberbe y las variedades comerciales: Avena cv. Cuauhtémoc, Cebada cv. Cerro Prieto, Triticale cv. Eronga-83, más una línea experimental de trigo forrajero imberbe (AN-266-99), se evaluaron durante los ciclos agrícolas de otoño-invierno 2005-2006 y 2006-2007 en Coahuila, México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones para evaluar su productividad, valor nutritivo y otras variables agronómicas por medio de dos muestreos. Los resultados mostraron que en el primer muestreo, el trigo, triticale y la avena exhibieron mayor valor nutritivo debido a su contenido de proteína y energías (ENI, ENm y Eng) combinados con menos fibras (FDN y FDA), pero con menor producción de materia seca que las cebadas; en tanto que en el segundo muestreo las cebadas mantuvieron adecuado valor nutritivo en etapas superiores al lechoso-masoso al disminuir su proporción de fibras (FDN y FDA) e incrementar energías de lactancia y mantenimiento. Lo anterior permite ampliar el rango de explotación o utilización de la cebada sin demeritar su calidad, con la ventaja adicional de que la ausencia de aristas evitará daño al animal en cosechas tardías.

**PALABRAS CLAVE:** Cebada forrajera, Valor nutritivo, Producción de materia seca, Genotipos imberbes.

### ABSTRACT

In spite of the advantages of barley when compared to other cereals, in México there are few studies on whole-plant barley used as forage and its nutritive value for dairy cows. Twenty six (26) advanced awnless forage barley lines plus commercial varieties of oat (cv. Cuauhtémoc), triticale (cv. Eronga 83), grain barley (cv. Cerro Prieto) and one awnless experimental line of bread wheat (AN-266-99), were evaluated during 2005-2006 and 2006-2007, fall/winter cycles at the "Las Vegas" Ranch located in Francisco I. Madero municipality, Coahuila, México. Dry matter production and other agronomic variables were measured on two sampling dates in each cycle using a randomized complete block design with three replications and forage nutritive value in each sampling was determined also. Results indicated that wheat, oat and triticale were the high nutritive value genotypes in the first sampling due to their energy and protein contents together with less ADF and NDF concentrations, but yielding less dry matter than awnless barley genotypes. In the second sampling awnless barley genotypes kept an adequate nutritive value at later than milky - dough stages through increased energy (NEI and NEm) and decreased fiber (ADF and NDF) contents. These data allows lengthening the period of use of awnless forage barley without losing quality, with the additional advantage that being awnless it will avoid animal damage in delayed grazing.

**KEY WORDS:** Forage barley, Nutritive value, Dry matter production, Awnless genotypes.

### INTRODUCCIÓN

El forraje constituye la mayor parte de la dieta en vacas lecheras, y en el oeste de Canadá el ensilaje

### INTRODUCTION

Forage is by far the greater constituent of diets of dairy cows and in Western Canada, barley silage

Recibido el 23 de marzo de 2008. Aceptado para su publicación el 21 de mayo de 2008.

<sup>a</sup> Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Domicilio Conocido Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila, México. Teléfono y fax: (844) 4-11-02-20. e-mail: vzaamvil@uaaan.mx. Correspondencia al segundo autor.

de cebada es el forraje más comúnmente usado en las raciones; se usan también ensilajes de avena, trigo y triticale<sup>(1)</sup>. Los cereales son populares como forrajes anuales en las grandes planicies del norte de EEUU, con avena como la especie más cultivada, seguida por cebada y en menor proporción centeno y trigo, reportándose la calidad superior del forraje de cebada sobre el de avena<sup>(2)</sup>. En Nuevo México, EUA, las sequías prolongadas, el abatimiento de acuíferos y el crecimiento urbano junto con legislación sobre especies en peligro de extinción, han limitado la disponibilidad del agua de riego, factores que crearon la necesidad por especies alternativas que produzcan forraje de calidad con menos agua<sup>(3)</sup>.

En México y en particular en la Región Lagunera el uso de cebada para producción de forraje es poco usual, a pesar de las bondades que representa. La causa más común es la ausencia de variedades diseñadas para la producción de forraje, y el desconocimiento de su valor nutritivo al momento de cosechar. Al respecto se ha reportado la etapa de grano masoso suave como la que maximiza producción y calidad de cebada y avena<sup>(4)</sup>, con cebada mostrando rendimientos de 4.9 t ha<sup>-1</sup> de materia seca, 8.1 % de proteína cruda, 48.1 y 32.8 % de fibras detergente neutro y ácido, respectivamente; para otros cereales la etapa ideal varía de embuche a lechoso.

Con base en lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron: evaluar la producción de materia seca y valor nutritivo de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera en dos muestreos en dos ciclos agrícolas, con la hipótesis de que existen cebadas forrajeras imberbes que proporcionan adecuada cantidad y calidad de materia seca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 26 líneas experimentales F<sub>7</sub> de cebada forrajera imberbe de seis hileras (*Hordeum vulgare* L), más tres variedades comerciales como testigos (cebada cv Cerro prieto, triticale cv Eronga 83 y avena cv Cuauhtémoc) y una línea experimental de trigo forrajero imberbe (AN-266-99). Las líneas de cebada y trigo fueron generadas por el Programa

is the most common forage used in rations although oat, wheat and triticale silages are also used<sup>(1)</sup>. Small grain cereals are very popular as annual forage in the Northern Great Plains of the USA, being oat the most common forage crop, followed by barley with less extent rye and wheat. Reports confirm the greater nutritional quality of barley over that of oat<sup>(2)</sup>. In New Mexico, prolonged droughts, declining aquifers and urban growth plus legislation on endangered species have limited water availability for irrigation. All this has added incentives to look for alternative species able to produce high quality forage with less water<sup>(3)</sup>.

In Mexico and especially at the Región Lagunera, use of barley as forage is unusual, in spite of its advantages. The most common cause for this is a lack of barley varieties specifically bred for forage production and also to a lack of knowledge of its nutritional value at harvest. It has been reported that at the milky dough stage, in which both barley and oat reach their greater growth and quality<sup>(4)</sup>, barley yields 4.9 t ha<sup>-1</sup> dry matter with 8.1 % crude protein and 48.1 and 32.8 % of neutral and acid detergent fiber contents, respectively, in other small grains the ideal stages ranges from booting to milky.

Based on that, the objectives of the present study were: evaluate dry matter production and nutritive value of new awnless forage barley genotypes in two samplings carried out in two production cycles, following the hypothesis that awnless forage barley genotypes exists and provides adequate dry matter amounts and quality.

## MATERIALS AND METHODS

Twenty six (26) awnless barley (*Hordeum vulgare* L) F<sub>7</sub> experimental lines plus three commercial varieties as control (barley cv. Cerro Prieto, triticale cv. Eronga 83 and oat cv. Cuauhtémoc) and one awnless forage wheat experimental line (AN-266-99) were used. The experimental lines of both barley and wheat were developed in the Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), and oat, barley and triticale commercial varieties were liberated by the

de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); Eronga 83, Cerro prieto y Cuauhtémoc son variedades liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La evaluación se llevó a cabo durante los ciclos agrícolas otoño-invierno 2005-2006 y 2006-2007 en el rancho “Las Vegas” municipio de Francisco I. Madero, Coahuila, localizada a los 25°46' N y 103°16' O.

La preparación del terreno consistió de barbecho, rastreo y nivelación. La siembra se realizó en seco, manualmente, a chorrillo, con una densidad de 85 kg de semilla por hectárea. La fertilización fue de 82-46-00 usando como fuentes sulfato de amonio y superfosfato triple, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra, y el resto del nitrógeno en el primer auxilio. El riego se dió por gravedad, con sifones, aplicando cuatro riegos, incluyendo el de siembra, con una lámina total aproximada de 40 cm, estimada mediante el gasto conocido y el tiempo de riego de la superficie.

El ensayo de rendimiento se estableció con el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de parcela experimental fue de 6.3 m<sup>2</sup> (seis surcos de 3 m de longitud espaciados a 0.35 m), en tanto que la parcela útil consistió de 0.35 m<sup>2</sup>. Justo antes de los muestreos se registró la etapa fenológica de los genotipos (Etapa) de acuerdo a la escala de Zadoks<sup>(5)</sup>. El forraje de la parcela útil se cosechó manualmente en ambos ciclos, a una altura aproximada de 5 cm sobre la superficie del suelo, en el ciclo 2005-2006 el primer muestreo se realizó a los 86 días después de la siembra (dds) y el segundo muestreo a los 112 dds. Para el 2006-2007 los muestreos se realizaron a los 89 y 112 dds.

El forraje fresco se pesó y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C por 48 h para determinar el rendimiento de materia seca (MS). En el ciclo 2005-2006 dos repeticiones de campo del primer muestreo se utilizaron para la determinación de valor nutritivo, en tanto que del segundo muestreo se realizó sólo una determinación a partir de una

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

The evaluation was carried out at “Las Vegas” ranch located in the Francisco I. Madero Municipality, Coahuila State, Mexico, 25° 46' N, 103° 16' W in the fall-winter cycles of 2005-06 and 2006-07.

The land was prepared by plowing, raking and leveling. Sowing was done dry, manually and directly at 85 kg seed ha<sup>-1</sup> density. Fertilization was 82-46-00 using ammonia sulfate and triple superphosphate as sources, applying all the phosphorous and half the nitrogen at sowing and the remaining nitrogen at first irrigation. Plots were irrigated by gravity flow using siphons. A total approximate depth of 40 cm was applied in four irrigations.

The experiment was established in a randomized complete block design with three replications. Experimental plot size was 6.3 m<sup>2</sup> (six, 3 m long rows, spaced at 0.35 m), and effective plot size was 0.35 m<sup>2</sup>. Before sampling, the phenological stage was recorded according to the Zadoks *et al.*<sup>(5)</sup> decimal code. Forage was manually harvested at 5 cm above soil surface. In 2005-06 the first sampling was carried out 86 d after sowing and the second, 112 d after sowing. In 2006-07 samplings were performed at 89 and 112 d after sowing.

Fresh forage was weighted and dried in a forced air stove at 55 °C for 48 h to determine dry matter (DM). In the 2005-06 f-w cycle two field replications of the first sampling were used and a homogenous sample of all replications in the second sampling was used to determine its nutritive value. In the 2006-07 f-w cycle a homogenous sample of all replications was used in the first sampling and two field replications of the second sampling were used to determine nutritive value characteristics. All the analyses were carried out in a certified laboratory (AgroLab de Mexico SA de CV, Gómez Palacio, Durango). Percentages for crude protein (CP), ash free acid detergent fiber (ADF), ash free neutral detergent fiber (NDF),

muestra homogénea de las repeticiones. Para el 2006-2007 se usó una muestra homogénea de las repeticiones en el primer muestreo y dos repeticiones del segundo muestreo para determinar el valor nutritivo. Todos los análisis se realizaron en un laboratorio certificado (AgroLab de México SA de CV, Gómez Palacio, Durango) obteniéndose los valores de: porcentaje de proteína cruda (PC), fibra detergente ácido libre de cenizas (FDA), fibra detergente neutro libre de cenizas (FDN), cenizas (Czas), valor relativo del forraje (RFV), total de nutrientes digestibles (TND), energía neta de lactancia (ENL), energía neta de mantenimiento (ENM), energía neta de ganancia (ENG), lignina y máxima digestibilidad de la fibra detergente neutro (MDFDN). La proteína cruda (N\*6.25), se determinó por combustión a partir de una muestra de aproximadamente 150-160 mg, usando un determinador de nitrógeno Leco FP-528 (St. Joseph, MI). La materia seca se determinó de una muestra de 2 g secada a 110 °C por 2 h en un horno de convección. El contenido de cenizas se determinó de la misma muestra de 2 g secada y seguida por su ignición a 525 °C por 5 h. Las fracciones de fibras (FDA y FDN) fueron determinadas usando los procedimientos de Van Soest<sup>(6,7)</sup> con las modificaciones siguientes: muestras de 0.75 y 0.50 g se extrajeron con 75 y 50 ml de soluciones detergente ácido y detergente neutro, respectivamente, para la determinación de FDA y FDN. Adicionalmente, los residuos se filtraron mediante un filtro de fibra de vidrio Whatman 934-AH en lugar de un crisol Gooch. El valor de FDN libre de cenizas se obtuvo quemando el residuo FDN a 525 °C por 5 h. La determinación de lignina ácido sulfúrica<sup>(8)</sup> se realizó sobre el residuo FDA usando un segundo filtro Whatman 934-AH como el medio filtrante después de la extracción con ácido sulfúrico al 72 %. El cálculo de la máxima digestibilidad de la FDN se realizó con la ecuación exponencial para lignina ácido sulfúrica<sup>(9)</sup>, el TND se calculó de acuerdo con la fórmula del NRC<sup>(10)</sup> para ganado lechero.

Los datos de producción se analizaron como parcelas divididas con arreglo en bloques al azar mediante el PROC MIXED del SAS<sup>(11)</sup>, considerando ciclos y repeticiones como efectos

total digestible nutrient (TDN), ash content (Ash), relative feed value (RFV), net energy for lactation (NEL), net energy for gain (NEg), net energy for maintenance (NEM), lignin and maximum digestibility of neutral detergent fiber (MDNDF) were obtained. Crude protein (N\*6.25) was determined by combustion of a sample weighing approximately 150 – 160 mg in an FP-528 nitrogen/protein determinator (LECO Corporation, 3000 Lakeview Avenue, St. Joseph, Michigan 49085, USA). Dry matter was determined on a 2.0 g sample dried at 110 °C for 2 h in a convection oven. Ash content were determined from the same 2.0 g sample, following ignition at 525 °C for approximately 5 h. Fiber (ADF and NDF) fractions were determined using the procedures of Van Soest<sup>(6,7)</sup> with the following modifications: a 0.75 and 0.50 g sample were extracted with 75 and 50 ml of acid detergent and neutral detergent solutions, respectively, for the determination of ADF and NDF. Additionally, the residues were filtered onto a Whatman 934-AH glass fiber filter disc rather than a Gooch crucible. The ash free NDF value was obtained by ashing the NDF residues at 525 °C for 5 h. Sulfuric acid lignin<sup>(8)</sup> was performed on the ADF residue using a second Whatman 934-AH filter disc as the filtering media following the 72 % sulfuric acid extraction. Calculation of maximum extent of cell wall (NDF) digestion utilized the exponential equation for sulfuric acid lignin<sup>(9)</sup>, and TDN was estimated in accordance with the dairy cattle formula suggested by the NRC<sup>(10)</sup>.

Production data were analyzed as split-plot design using the PROC MIXED procedure of SAS<sup>(11)</sup>, considering cycles and replications as random effects, keeping samplings and genotypes as fixed effects; nutritional values were analyzed as completely randomized design. Orthogonal contrasts were used to compare means of awnless barley with controls and mean comparisons were performed using Tukey's test at 0.05 probability. Covariance analyses were performed considering the phenological stage as a covariant. Principal components analysis were carried out on the genotype means in each sampling of both cycles



aleatorios, manteniendo muestreos y genotipos como efectos fijos; los de valor nutritivo se analizaron como completamente al azar; se contrastó en cada análisis los testigos de diferente especie contra las cebadas imberbes, y las medias de todos los genotipos se compararon mediante la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Se realizaron análisis de covarianza considerando la etapa fenológica como variable calibradora. Con las medias de cada muestreo de los dos ciclos de estudio se realizaron análisis de componentes principales mediante el paquete STATISTICA<sup>(12)</sup> a fin de detectar relaciones entre variables y clasificar parcialmente los genotipos<sup>(13,14)</sup>.

## RESULTADOS

El análisis de varianza mostró que entre ciclos, muestreos, muestreos\*ciclo y genotipos hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en la producción de materia seca, mientras que la interacción ciclo\*genotipo fue significativa ( $P < 0.05$ ); no registrando diferencias en las interacciones muestreo\*genotipo y ciclo\*muestreo\*genotipo.

El primer y segundo muestreo del ciclo 05-06 registraron rendimientos de 8.36 y 11.98 t ha<sup>-1</sup> respectivamente; en tanto que para el ciclo 06-07 alcanzaron producciones de 9.26 y 15.38 t. Este comportamiento resultó en una producción promedio de 9.81 y 12.32 t para los ciclos 05-06 y 06-07 respectivamente, con superioridad del segundo muestreo sobre el primero en cada ciclo y a través de ciclos (Cuadro 1), de tal forma que por la magnitud de sus cuadrados medios, muestreos fue la fuente de variación más importante. En la interacción ciclo\*genotipo sólo el trigo y el triticale Eronga 83 disminuyeron su producción al pasar del ciclo 05-06 al 06-07, en tanto que el resto de genotipos incrementaron su producción.

En el primer muestreo del ciclo 05-06 se detectaron diferencias ( $P < 0.01$ ) entre genotipos para contenidos de FDA y FDN, mientras que en el resto de variables de valor nutritivo (PC, Czas, RFV, TND, ENL, ENM, ENG, MDFDN y lignina) también hubo diferencias significativa ( $P < 0.05$ ),

using the STATISTICA<sup>(12)</sup> software to establish the relationships between variables and for classifying genotypes partially<sup>(13,14)</sup>.

## RESULTS

The variance analysis showed highly significant differences ( $P < 0.01$ ) between cycles, samplings, samplings\*cycle and genotypes for dry matter production, while the cycle\*genotype interaction was significant ( $P < 0.05$ ). No differences were found in the sampling\*genotype and cycle\*sampling\*genotype interactions.

In the first and second samplings of the 05-06 fall-winter cycle differences ( $P < 0.01$ ) were detected between genotypes for ADF and NDF, while for all the other variables of nutritive value (CP, Ash, RFV, TDN, NEL, NEM, NEG, MDNDF and lignin) only significant differences ( $P < 0.05$ ) were found. Covariance analysis did not detect influences of phenological stages on nutritional variables and on dry matter production. Orthogonal contrasts showed highly significant differences between controls and awnless barley genotypes for all variables in study. In the second 06-07 sampling no differences were found for CP content in genotypes, while all the other variables showed highly significant differences. Once again the covariance analysis did not show any effects of phenological stages on either nutritional variables or dry matter production. In this sampling no differences were found in ash content between controls and barley genotypes, while CP content showed significant differences ( $P < 0.05$ ), and differences ( $P < 0.01$ ) were found in all the other variables.

In both cycles, sampling 1 showed higher protein content (Table 1), being wheat the one that showed the higher CP content (20.0 %), followed by triticale and oat, 18.3 and 17.8 %, respectively meanwhile awnless barleys ranges from 12.7 to 17.2 %. Overall mean for CP content was 15.2 %. This sampling showed also a higher mineral and fibers contents (Figures 1 and 2) providing more digestible forage (71.6 %), with 4.2 % lignin on average.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca y porcentaje de proteína cruda por muestreo, promedio de materia seca y agrupamiento mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los genotipos evaluadosTable 1. Dry matter yield (t ha<sup>-1</sup>) and crude protein percentage per sampling, dry matter average and grouping through Tukey's Test of evaluated genotypes

Genotype	Sampling 1	CP 1(%)	Sampling 2	CP 2(%)	DM average
Narro-94	7.93 abcd	16.1	14.05 a	10.9	10.71 abcd
Narro-95	11.12 a	14.6	15.65 a	10.7	13.18 a
Narro-110	8.50 abcd	14.3	12.59 a	9.1	10.36 abcd
Narro-147	7.54 abcd	13.4	15.82 a	8.3	11.30 abcd
Narro-154	9.45 abcd	16.2	16.33 a	7.7	12.57 abc
Narro-175	8.56 abcd	16.3	13.31 a	9.1	10.72 abcd
Narro-178	9.23 abcd	14.4	14.59 a	9.0	11.66 abcd
Narro-210	9.36 abcd	14.6	16.16 a	10.3	12.45 abc
Narro-218	9.33 abcd	13.9	13.17 a	8.9	11.07 abcd
Narro-221	8.25 abcd	15.9	15.33 a	10.5	11.47 abcd
Narro-251	8.89 abcd	13.8	12.80 a	10.0	10.66 abcd
Narro-274	9.35 abcd	13.9	16.94 a	10.7	12.80 abc
Narro-305	8.45 abcd	15.8	15.93 a	8.8	11.85 abcd
Narro-310	8.55 abcd	15.9	13.38 a	11.2	10.75 abcd
Narro-313	9.54 abcd	14.9	14.12 a	10.6	11.62 abcd
Narro-339	9.53 abcd	12.7	12.46 a	10.1	10.86 abcd
Narro-396	8.32 abcd	14.3	13.72 a	8.4	10.77 abcd
Narro-406	8.03 abcd	14.2	12.07 a	9.1	9.86 abcd
Narro-428	10.06 abc	13.8	12.25 a	9.6	11.06 abcd
Narro-477	8.92 abcd	15.0	15.03 a	10.1	11.70 abcd
Narro-482	9.90 abcd	15.0	16.58 a	10.9	12.94 ab
Narro-507	9.20 abcd	17.2	12.68 a	12.2	10.78 abcd
Narro-520	10.57 ab	15.4	14.32 a	10.3	12.27 abcd
Narro-59	8.69 abcd	15.1	14.15 a	10.9	11.17 abcd
Narro-116	9.28 abcd	14.5	15.30 a	10.5	12.02 abcd
Narro-522	7.95 abcd	13.7	12.46 a	8.4	10.00 abcd
Oats	6.47 cd	17.8	12.26 a	8.8	9.10 cd
Cerro Prieto	10.28 abc	13.4	13.49 a	8.3	11.74 abcd
Wheat	6.01 d	20.0	11.69 a	9.9	8.59 d
Triticale	7.07 bcd	18.35	11.97 a	9.4	9.30 bcd

abcd Genotypes with the same letter in columns are statistically equal.

CP 1 and 2 (%)= crude protein percentage in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> samplings.

el análisis de covarianza no detectó influencia de la etapa fenológica sobre las variables de valor nutritivo y producción de materia seca. El contraste ortogonal indicó diferencias altamente significativas entre los testigos y las cebadas en todas las variables. En el segundo muestreo del 06-07, solamente en el contenido de PC no se detectaron

The second sampling showed a slight increase in lignin content registering 4.7 %, more total digestible nutrients and relative feed value, but digestibility diminished to 65.9 %, thus providing more energetic forage (Figure 3). Crude protein decreased in all genotypes recording overall mean of 9.8 %, oat CP content was 8.8 %, 9.45 % in triticale

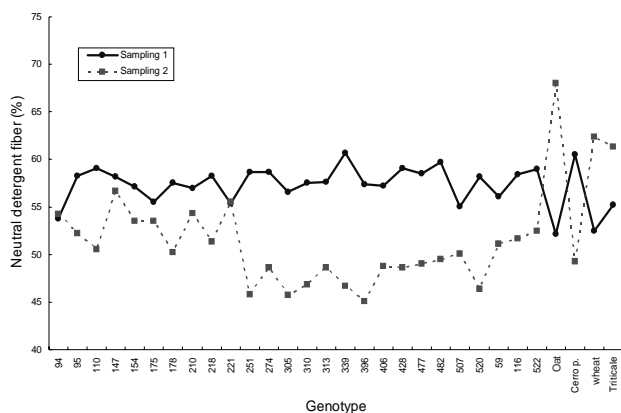
PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRITIVO DE CEBADA FORRAJERA

diferencias entre genotipos, mientras el resto de variables exhibió alta significancia ( $P < 0.01$ ); de nuevo el análisis de covarianza no mostró el efecto de la etapa fenológica sobre las variables de valor nutritivo y producción de materia seca. En este muestreo no se encontró diferencia en el contenido de cenizas de los testigos y las cebadas, existiendo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el contenido de PC, mientras que en el resto de variables de valor nutritivo hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ).

Durante los dos ciclos de estudio, el muestreo 1 fue más proteico (Cuadro 1), con el trigo mostrando el mayor contenido de PC (20.0 %), seguido por el triticale y avena con 18.3 y 17.8 % respectivamente, en tanto las cebadas imberbes variaron del 12.7 a 17.2 % de PC, con una media general de 15.2 %. Este muestreo tuvo también mayor contenido de minerales y fibras (Figuras 1 y 2) proporcionando un forraje más digestible (71.6 %), con un promedio de 4.2 % de lignina. El segundo muestreo reportó un ligero incremento en el contenido de lignina alcanzando el 4.7 %, pero disminuyó su digestibilidad hasta 65.9 %, mostró mayor total de nutrientes digestibles y valor relativo del forraje, proporcionando un forraje más energético (Figura 3), con disminución de la PC

Figura 2. Fibra neutro detergente por muestreo durante los dos ciclos evaluados

Figure 2. Neutral detergent fiber in each sampling across the two evaluated cycles



and 9.9 % in wheat, whereas in awnless barley genotypes values ranged from 7.7 to 12.2 %.

Principal Components Analysis (PCA) performed on the first cycle explained 88.2 % of total variance with the first two components. The first of them contained 64.0 % of this variance and detected a positive relationship among them and negative with the component of variables CP, RFV, TDN, NEL,

Figura 1. Fibra ácido detergente por muestreo durante los dos ciclos evaluados

Figure 1. Acid detergent fiber in each sampling across the two evaluated cycles

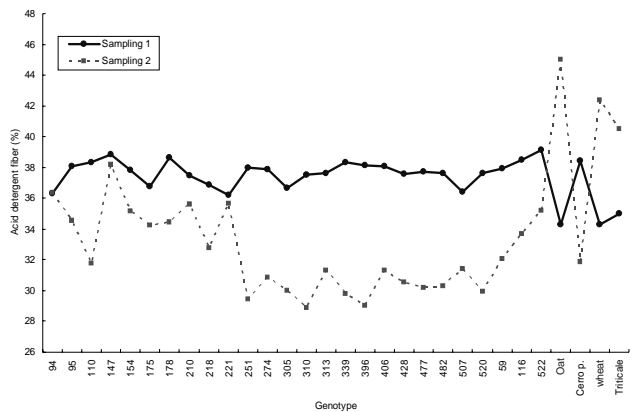
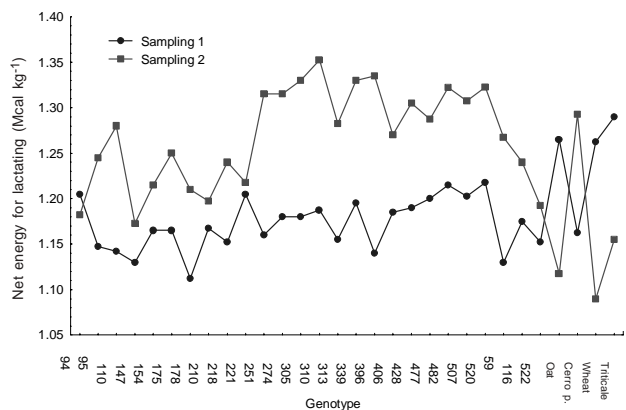


Figura 3. Energía neta de lactancia por muestreo durante los dos ciclos evaluados

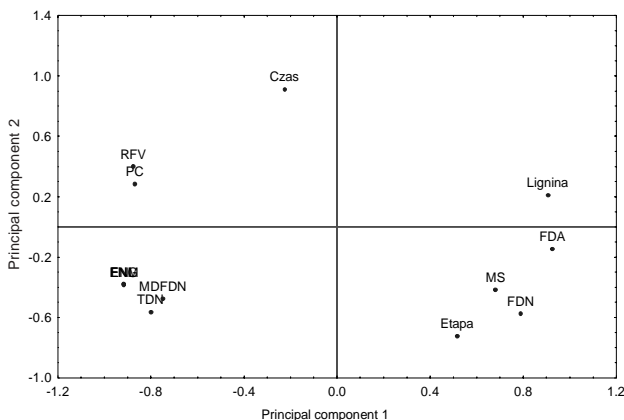
Figure 3. Net energy for lactation in each sampling across the two evaluated cycles



en todos los genotipos, registrando una media de 9.8 %, con avena mostrando 8.8 %, triticale 9.45 y trigo 9.9 %, mientras las cebadas imberbes se ubicaron en el rango de 7.7 al 12.2 % de PC.

El análisis de componentes principales (ACP) del primer muestreo explicó un 88.2 % de la varianza total con los dos primeros componentes. El primero de ellos contuvo un 64.0% de dicha varianza y detectó la relación positiva entre sí y negativa con el componente de las variables PC, RFV, TND, ENL, ENM, ENG y MDFDN; mientras la etapa fenológica, las fibras (FDA y FDN), lignina y MS se relacionaron positivamente entre ellas y con el componente (Figura 4), lo cual indica que hubo un grupo de genotipos de mayor rendimiento de materia seca, precoces, con mayor contenido de fibras y lignina. El segundo componente detectó principalmente la relación negativa entre la etapa fenológica y el contenido de minerales (cenizas), explicando un 24.2 % de la varianza total. En este muestreo la avena se comportó como la más tardía (32.5 en la escala de Zadoks= 2º nudo visible), seguida por el trigo (33= 3er nudo visible), triticale (47= embuche) y cebadas imberbes (etapas 39 al 56.5); Cerro prieto (64.5= 50 % de floración) fue la más precoz.

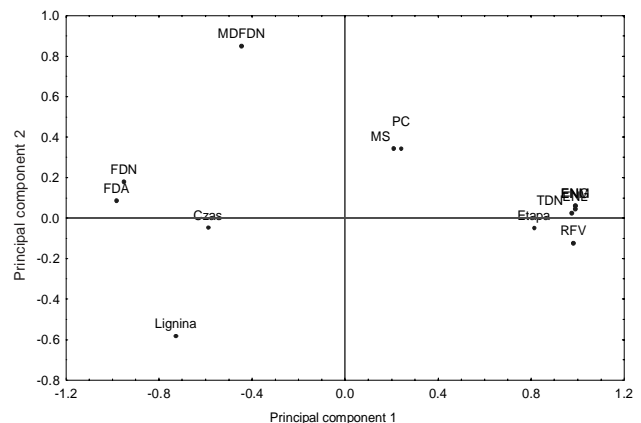
Figura 4. Distribución de las variables y su relación con los componentes principales 1 y 2 en el primer muestreo  
Figure 4. Distribution of variables and their relationship with principal components 1 and 2 in the first sampling



NEM, NEg and MDFDN; while the phenological stage, fibers (ADF and NDF), lignin and DM showed a positive relationship among them and with the component (Figure 4), which shows that a group of genotypes yields more dry matter, shows earliness and has higher lignin and fibers content. The second component detected mainly a negative relationship between phenological stage and mineral content (ash), explaining 24.2 % of total variance. In this sampling, oat behaved as less early (32.5 in Zadoks' scale = visible 2<sup>nd</sup> node), followed by wheat (33.0 = 3<sup>rd</sup> node visible), triticale (47.0 = booting) and awnless barleys (39.0 to 56.5) while Cerro Prieto barley (64.5 = 50 % heading) was the more precocious..

For the second sampling, PCA reported that with the first three components 85.6 % of variance could be explained. The first component contained 65.8 % of variance and explained a positive association among them and negative with the component of ADF, NDF and lignin, as well as a positive relationship among itself and with the component of: Stage, RFV, TDN, NEI, NEg and NEm, indicating the existence of early genotypes, of higher energy value, TDN and RFV. The second principal component explained 10.5 % of variance and detected mainly a negative association between

Figura 5. Distribución de las variables y su relación con los componentes principales 1 y 2 en el segundo muestreo  
Figure 5. Distribution of variables and their relationship with principal components 1 and 2 in the second sampling





Para el segundo muestreo el ACP reportó que con los tres primeros componentes se explicó un 85.6 % de la varianza. El primero de ellos contuvo el 65.8 % de la varianza y explicó la relación positiva entre sí y negativa con el componente de las FDA, FDN y lignina, así como la relación positiva entre sí y con el componente de: Etapa, RFV, TND, ENL, ENG y ENM, indicando la existencia de genotipos precoces, de mayor valor energético, TND y valor relativo del forraje. El segundo componente principal explicó un 10.5 % de la varianza y detectó principalmente la relación negativa entre el contenido de lignina y la digestibilidad (Figura 5). La relación positiva entre la producción de materia seca y contenido de cenizas fue detectada por el tercer componente que explicó un 9.3 % de la varianza. Para este muestreo avena y trigo se encontraban en floración (etapa 69), triticale en grano lechoso (etapa 70.5), Cerro prieto en grano masoso suave (etapa 86) y las cebadas imberbes en etapas desde grano lechoso medio hasta masoso suave (etapas 76 a 86.5).

Al graficar los genotipos en el plano generado por los dos primeros componentes principales de los análisis anteriores, fue evidente que en el primer muestreo existieron grandes diferencias entre las

lignin content and digestibility (Figure 5). The third component detected a positive association between dry matter production and ash content. This component explained 9.3 % of variance. At this sampling both oat and wheat were at the bloom stage (69.0), triticale at the milky grain stage (70.5), Cerro Prieto at the soft dough stage (86.0) and awnless barley genotypes from milky to soft dough (76.0 to 86.5).

When graphing genotypes in a plane generated by the first two principal components, it became evident that in the first sampling great differences existed among the species involved in the present study (Figure 6), so barley was earlier, yielding more dry matter, more fibrous and lignified, with less protein, energy, minerals, therefore with lower digestibility than controls, these were grouped to the right side of principal component 1. In contrast, wheat, oat and triticale, behaved as less early, less productive, less fibrous and lignified, characteristics which allowed to show higher values for crude protein, ash and digestibility.

In the second sampling differences between species became smaller (Figure 7). However, wheat, oat and triticale remained being the less early, with

Figura 6. Distribución de los genotipos en el plano generado por los componentes principales 1 y 2 en el primer muestreo

Figure 6. Distribution of genotypes in the plane generated by principal components 1 and 2 in the first sampling

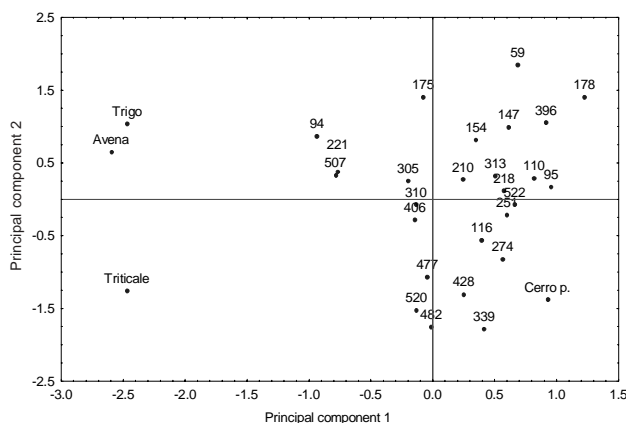
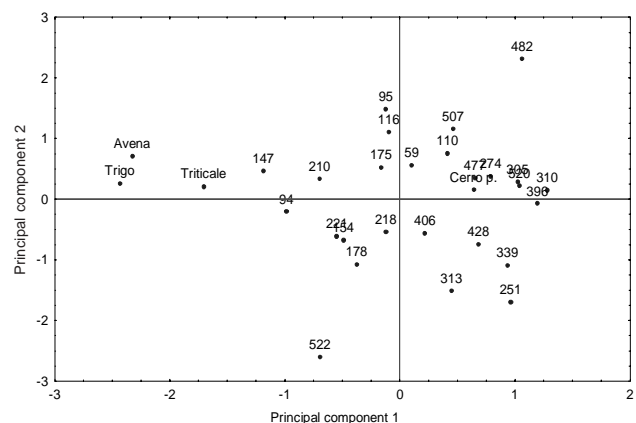


Figura 7. Distribución de los genotipos en el plano generado por los componentes principales 1 y 2 en el segundo muestreo

Figure 7. Distribution of genotypes in the plane generated by principal components 1 and 2 in the second sampling



especies involucradas en el estudio (Figura 6), así del lado derecho del componente principal 1 se agruparon las cebadas, más precoces, con mayor producción de materia seca, más fibrosas y lignificadas, con menos proteína, energía, minerales y por lo mismo menor digestibilidad que los testigos. Por el contrario trigo, avena y triticale se comportaron como los genotipos más tardíos, menos productivos, menos fibrosos y lignificados, características que les permitieron mostrar los mayores valores de proteína cruda, cenizas y digestibilidad.

En el segundo muestreo las diferencias entre especies se redujeron (Figura 7), sin embargo el trigo, avena y triticale continuaron como los más tardíos, con mayor contenido de fibras y cenizas (aunque en esta última no se diferenciaron significativamente de las cebadas), menos energía, proteína cruda y materia seca, pero de buena digestibilidad (69.2 %); la gran mayoría de las cebadas incluyendo al cv. Cerro prieto se comportaron como las de mayor MS, PC, Etapa, TND, RFV y energías (ENL, ENM, y ENG), mostrando una digestibilidad de 65.9 %.

## DISCUSIÓN

Se ha establecido que la producción de MS de los cereales es influenciada por las condiciones de los años o ciclos de cultivo<sup>(3,15)</sup>, muestreos o etapas fenológicas<sup>(15,16)</sup> y genotipos utilizados<sup>(15)</sup>, de tal forma que en el presente estudio se esperaba encontrar dichas diferencias, máxime si se considera el número de genotipos evaluados y que el 2006-2007 fue más fresco que el ciclo anterior.

Dado el efecto de los muestreos y su relación con el posible uso del forraje en el área de estudio, se infiere que mediante la utilización de algunas cebadas forrajeras imberbes se pueden obtener más de 9.0 t ha<sup>-1</sup> de materia seca a los 88 dds (promedio al que se realizó el primer muestreo), en tanto que con avena, trigo y triticale se obtendría en el rango de 6.0 a 7.0 t ha<sup>-1</sup>; diferencia explicada principalmente por la mayor precocidad de la cebada<sup>(17)</sup>, ventaja que desaparece si el corte de forraje se realiza a los 112 dds (promedio al que se realizó el segundo muestreo), donde, si bien

higher fiber and ash contents (although ash content was not significantly different from barleys), and with less energy, crude protein and dry matter, but showing good digestibility (69.2 %). Most of the barleys including Cerro Prieto variety behaved as higher DM, CP, Stage, TDN, RFV and energy (NEI, NEm and NEg), showing a 65.9 % digestibility.

## DISCUSSION

Dry matter production in cereals is influenced by conditions prevailing during the year or crop cycle<sup>(3,15)</sup>, samplings, phenological stages<sup>(15,16)</sup> and genotypes<sup>(15)</sup>, for that reasons in the present study it was expected to find those differences, especially considering the greater number of genotypes being evaluated and also that 2006-07 was cooler than the preceding cycle. Given the effect of samplings and their relationships with the possible use as forage in the area adjoining the location in which the present study was carried out, it can be inferred that using some of the awnless barleys more than 9.0 t ha<sup>-1</sup> DM can be obtained at 88 days after sowing (average date for the first sampling), while 6.0 – 7.0 t ha<sup>-1</sup> DM could be obtained using either wheat, triticale or oat at the same date, this difference can be explained mainly by the greater earliness showed by barley<sup>(17)</sup>, advantage that disappears if forage is cut 112 d after sowing (average date for the second sampling), where differences were statistically similar, although numerically different. Yields obtained in the second sampling are similar to those reported in Canada<sup>(15)</sup> and at least 60 % higher than those reported in other regions<sup>(2,3,19)</sup>.

Besides the production perspective, in forages is very important to consider the nutritive value<sup>(3,15)</sup>, which usually decline as plants mature<sup>(15,16)</sup>. So, ADF and NDF increases have been reported in small grain cereals as a response to maturity<sup>(18,19)</sup>, performance of wheat, oat and triticale in this study when passing from the first to the second sampling (Figures 1 and 2). Barleys did not show this behavior, showing a lower fiber proportion in advanced stages, as well as higher energy values in the second sampling when compared to controls

existen diferencias numéricamente interesantes, estadísticamente se consideraron similares. Los rendimientos alcanzados en el segundo muestreo son similares a los reportados para Canadá<sup>(15)</sup> y sobrepasan por lo menos con 60 % más los alcanzados en otras regiones<sup>(2,3,19)</sup>.

Además del aspecto productivo, en los forrajes es de vital importancia considerar el valor nutritivo<sup>(3,15)</sup>, reportándose en general una disminución del mismo conforme la planta madura<sup>(15,16)</sup>. Así, el incremento de FDA y FDN se ha reportado en cereales como respuesta al avance en madurez<sup>(18,19)</sup>, tendencia que mantuvieron en el presente estudio el trigo, la avena y el triticale al pasar del primer al segundo muestreo, no así las cebadas que mostraron menor proporción de fibras en etapas más avanzadas, así como mayor valor energético en el segundo muestreo cuando se comparan contra los testigos de distinta especie, quienes en el segundo muestreo disminuyeron su contenido de ENL. El incremento del valor energético en cebada se ha relacionado con una mayor proporción de grano, que favorece también el contenido de proteína e incrementa los indicadores de calidad debido a la dilución de la fibra indigestible por el grano<sup>(3,15,20)</sup>. Un incremento en energía digestible también es benéfico para la fermentación y provee más energía para el ganado<sup>(3)</sup>. Las hojas y espigas presentan por lo general mayor digestibilidad y proteína que los tallos<sup>(21)</sup> y por lo tanto pueden contener mayor calidad forrajera, fracciones que en los genotipos estudiados ocurren en alrededor de un tercio cada una<sup>(22)</sup>, lo cual no ocurre en los testigos de otras especies.

La acumulación de lignina siguió un patrón similar en la mayoría de los genotipos, con valores medios inferiores a los reportados<sup>(19)</sup> para embuche (5.7 %) y masoso suave (6.9 %) en ensilaje de cebada; las líneas Narro 95, 110 y 396 mostraron mayores contenidos de lignina en el primer muestreo (posiblemente por error de muestreo), que no se reflejaron en la digestibilidad de la fibra neutro detergente, la cual siguió un patrón normal al disminuir de un muestreo a otro<sup>(3,23)</sup>, con genotipos como el 522, 313 y 251 que disminuyeron drásticamente su digestibilidad al pasar de un muestreo a otro.

of other species, which showed a drop in NEI content in the second sampling. Increase in energy value of barley has been associated to a higher grain proportion which favors also protein content and increases quality indicators due to dilution of indigestible fiber by the grain<sup>(3,15,20)</sup>. An increase in digestible energy is also beneficial to fermentation and provides more energy for cattle<sup>(3)</sup>. Leaves and heads show generally greater digestibility and protein content than stems<sup>(21)</sup> and therefore could show greater forage quality, fractions that in the genotypes studied account for a third each<sup>(22)</sup>, which does not happen in controls belonging to other species.

Lignin accumulation followed a similar pattern in most genotypes, showing average values lower than those reported<sup>(19)</sup> for boot (5.7 %) and soft dough (6.9 %) stages in barley silage. The lines Narro 95, 110 and 396 showed a greater lignin content in the first sampling (possibly due to a sampling error), that did not reflect on NDF digestibility, which followed a normal pattern dropping between samplings<sup>(3,23)</sup>, while genotypes 522, 313 and 251 showed a very sharp drop in digestibility between samplings.

PCA for the first sampling confirmed with the principal component 1, earliness of barley when compared to other small grain cereals<sup>(19)</sup>, and the relationship of phenological stage with DM accumulation, greater fiber and lignin content, that entails a drop in energy, protein and digestibility of genotypes<sup>(15,16,19,24)</sup>, which was reflected in a lower RFV and in a drop in TDN, thus confirming other reports<sup>(2)</sup>. The second principal component confirmed that in early stages higher minerals content is found<sup>(19)</sup>. In this first sampling wheat, oat and triticale were the genotypes with less phenological stage and lower forage production, showing a low fiber and lignin contents, with higher CP, NEI, NEm, NEg and ash content, providing more digestible forage with high TDN and RFV values, so they are placed at the left side in Figure 6.

For the second sampling the greater DM production is associated to higher CP<sup>(2)</sup>, energy (NEI, NEm, NEg), more advanced stages and greater TDN and

El ACP del primer muestreo confirmó con el componente principal 1, la precocidad de la cebada en comparación con otros cereales<sup>(19)</sup> y la relación de la etapa fenológica con la acumulación de MS, mayor contenido de fibras y lignina, lo cual conlleva una reducción en la energía, proteína y digestibilidad de los genotipos<sup>(15,16,19,24)</sup>, y que se refleja en menor valor relativo del forraje (RFV) y disminución del total de nutrientes digestibles (TND), confirmando reportes al respecto<sup>(2)</sup>. El segundo componente confirmó que en las etapas más juveniles se presentan mayores contenidos de minerales<sup>(19)</sup>. En este primer muestreo, trigo, avena y triticale fueron los genotipos con menor etapa fenológica y menor producción de forraje, con bajo contenido de fibras y lignina, pero con mayores contenidos de PC, ENL, ENM, ENG y cenizas, proporcionando un forraje más digestible y valores altos de TND y RFV; razones por las cuales aparecen del lado izquierdo de la Figura 6.

Para el segundo muestreo la mayor producción de MS se asoció con mayores contenidos de PC<sup>(2)</sup>, energía (ENL, ENM, ENG), etapas más avanzadas y mayores TND y RFV, pero menores contenidos de fibras, minerales, lignina y menor digestibilidad, características que presentan la mayoría de las cebadas imberbes y que al parecer es característico de esta especie<sup>(2)</sup>. De los genotipos imberbes resalta la Narro-482 como la de mejor valor nutritivo y digestibilidad, así como el grupo en el que aparecen la 95, 507, 110, 477, 274 y 396 entre otras, cuyos menores contenidos de lignina se reflejaron en mayor digestibilidad de FDN, acompañada de adecuados contenidos de PC, TND, ENL, ENM, ENG y RFV en etapas avanzadas y altas producciones de MS. Respecto a la digestibilidad de la FDN, el ACP detectó con el componente principal 2 a los genotipos 522, 251 y 313 como los de menor digestibilidad, corroborando lo asentado en párrafos anteriores respecto a la drástica disminución mostrada en el segundo muestreo.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Estas evidencias permiten concluir que la cebada posee un potencial productivo que supera o iguala a otras especies como la avena, trigo y triticale.

RFV, but lower fiber, minerals and lignin contents and less digestibility, characteristics shown by most awnless barleys and it seems to be characteristic of this specie<sup>(2)</sup>. Narro-482 stands out as the genotype having better nutritive value and digestibility, as well as the group in which genotypes 95, 507, 110, 477, 274 and 396 among others are found, whose lower lignin content can be associated with a greater NDF digestibility, together with adequate CP, TDN, NEI, NEm, NEg and RFV contents in advanced maturity stages and high DM yield. With reference to TDN digestibility, PCA detected with the second principal component genotypes 522, 251 and 313 as those with fewer digestibilities, corroborating what was pointed in previous paragraphs about the drastic drop in digestibility showed by them in the second sampling.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

These evidences allow concluding that barley has a production potential that surpasses or is equal to that of other small grain cereal species as wheat, oat and triticale. Awnless barleys, after boot stage increase their DM, energy and lignin content while showing a drop in CP, ADF, NDF and ash contents as well as of digestibility, keeping an adequate nutritional value which allows to increase their range of exploitation without greatly diminishing quality. In addition, the absence of awns is an advantage when fed to animals in the dough stage. Use of small grains cereals as wheat, oats and triticale from 3<sup>rd</sup> node to boot provides forage with more protein and minerals with greater digestibility, less fibrous and lignified. There are awnless barley genotypes that provide an adequate amount of dry matter and represent a good forage option for the area surrounding the location where the present study was carried out.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank the Fondo Sectorial SAGARPA - CONACYT for funding this study through the project "Generación de Variedades de cebada forrajera imberbe para la Comarca



Las cebadas imberbes, conforme superan la etapa de embuche incrementan su MS, energía y contenido de lignina en tanto que disminuyen sus contenidos de PC, FAD, FND, cenizas y digestibilidad, manteniendo un adecuado valor nutritivo, lo cual permite ampliar su rango de explotación o utilización sin demeritar fuertemente su calidad, con la ventaja adicional de que la ausencia de aristas evitará daño al animal si se utiliza en estado masoso. La utilización de cereales como el trigo, avena y triticale en el rango de encañe a embuche proporciona un forraje más proteico, con mayor contenido de minerales y mayor digestibilidad, menos fibroso y lignificado. Existen genotipos imberbes de cebada forrajera que proporcionan adecuada cantidad y calidad de materia seca y que representan una buena opción forrajera para el área de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al fondo sectorial SAGARPA-CONACYT por el apoyo financiero brindado mediante el proyecto “Generación de variedades de cebada forrajera imberbe para la Comarca Lagunera” SAGARPA-2004-C01-18, así como las facilidades y apoyo brindado por el Grupo “Ampuero” S.P.R. de R.L. para la realización del presente trabajo, en especial al Ingeniero Jesús Timoteo Santana Rodríguez.

## LITERATURA CITADA

1. Mustafa AF, Christensen DA, McKinnon JJ. Effects of pea, barley, and alfalfa silage on ruminal nutrient degradability and performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 2000;83:2859-2865.
2. Carr PM, Horsley RD, Poland WW. Barley, oat and cereal-pea mixtures as dryland forages in the Northern Great Plains. *Agron J* 2004;96:677-684.
3. Lauriault LM, Kirksey RE. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern High Plains, USA. *Agron J* 2004;96:352-358.
4. Bergen WG, Byrem TM, Grant AL. Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages. *J Anim Sci* 1991;69:1766-1774.
5. Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. A decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bulletin* 1974;7:42-52.

Lagunera” SAGARPA-2004-C01-18. They also wish to acknowledge the support provided to this study by Grupo Ampuero S.P.R. de R.L. and most especially Ingeniero Jesús Timoteo Santana-Rodríguez.

*End of english version*

6. Van Soest PJ. Collaborative study of acid detergent fiber and lignin. *J Assoc Off Anal Chem* 1973;56:781.
7. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:3583-3597.
8. Van Soest PJ, Robertson JB. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Pidegen WJ, Balch CC, Graham M editors. Standardization of analytical methodology for feeds. Int Dev Res Center, Ottawa, Canada. 1980.
9. Traxler MJ, Fox DG, Van Soest PJ, Pell AN, Lascano CE, Lanna DPD, Moore JE, Lana RP, Vélez M, Flores A. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. *J Anim Sci* 1998;76:1469-1480.
10. NRC. National Research Council. Nutritional requirements of dairy cattle. 6<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 2001.
11. SAS Institute Inc. SAS/STAT User's guide. Versión 6. Fourth edition. SAS Institute Inc., Cary, NC; 1989.
12. Statistica. Statistica for windows (ver. 4.5) Tulsa Ok, USA: StatSoft, Inc. 1994.
13. Manly BFJ. Multivariate statistical methods: A primer. London: Chapman and Hall; 1986.
14. Jhonson RA, Wichern DW. Applied multivariate statistical analysis. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall; 1988.
15. Juskiw PE, Helm JH, Salmon DF. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci* 2000;40:138-147.
16. Cherney JH, Marten GC. Cereal crop forage potential: II. Interrelationships among biological, chemical, morphological and anatomical determinants of quality and yield. *Crop Sci* 1982;22:240-245.
17. Royo C, Serra J, Puigdomench A, Aragay M. Yield and quality of triticale cv. Trujillo and barley cv. Flika grown for different end-uses in a Mediterranean environment. *Cereal Res Comm* 1998;26(2):169-176.
18. Cherney JH, Marten GC, Goodrich RD. Rate and extent of cell wall digestion of total forage and morphological components of oats and barley. *Crop Sci* 1983;23:213-216.
19. Acosta YM, Stallings CC, Polan CE, Miller CN. Evaluation of barley silage harvested at boot and soft dough stages. *J Dairy Sci* 1991;74:167-176.
20. Ben-Ghedalia DA, Kabala A, Miron J. Composition and in-vitro digestibility of carbohydrates of wheat plant harvested at bloom and soft-dough stages. *J Sci Food Agric* 1995;68:111-116.



21. Baron VS, Kibite S. Relationships of maturity. Height and morphological traits with whole-plant yield and digestibility of barley cultivars. *Can J Plant Sci* 1987;67:1009-1017.
22. Colín RM, Zamora VVM, Lozano del RAJ, Martínez ZG, Torres TMA. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Téc Pecu Méx* 2007;45(3):249-262.
23. Rao SC, Coleman SW, Volesky JD. Yield and quality of wheat, triticale and elytricum forage in the Southern Plains. *Crop Sci* 2000;40:1308-1312.
24. Khorasani GR, Jedel PE, Helm JH, Kennelly JJ. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can J Anim Sci* 1997; 77:259-267.