

Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera*

Optimum cutting time for yield and quality of forage oats varieties

Eduardo Espitia Rangel^{1§}, Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, Rosario Tovar Gómez¹, Micaela de la O Olán¹ y Agustín Limón Ortega¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, Programa de trigo y avena. A. P. 10, C. P. 56230. Chapingo, Estado de México. Tel. 01 (595) 9212657, Fax 01(595) 9127488. (villaseñor.hector@inifap.gob.mx), (tovar.rosario@inifap.gob.mx), (olan.micaela@inifap.gob.mx), (limón.agustín@inifap.gob.mx). [§]Autor responsable: espitia.eduardo@inifap.gob.mx.

Resumen

El cultivo de la avena es importante como alternativa en la región de los Valles Altos debido a su producción de forraje y grano, requiriéndose de estudios agronómicos para optimizar su manejo. En este trabajo se plantearon como objetivos determinar el momento óptimo de corte para obtención de mayor cantidad y calidad de forraje, y comparar variedades en cuanto a rendimiento de forraje. Se evaluaron 24 genotipos (18 líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético de avena del INIFAP y 6 variedades comerciales) en ocho ambientes de secano de los Valles Altos de los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Distrito Federal y Estado de México en el ciclo primavera-verano de 2007 y 2008, empleando un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada localidad. Se realizaron seis muestreos en las etapas de embuche, inflorescencia media emergida, anthesis, grano acuoso, grano lechoso y grano masoso. Las variables medidas fueron altura de planta en cm, materia verde total en kg ha⁻¹, materia seca total en kg ha⁻¹, porcentaje de proteína, calculado por el método de Larry y Charles, proteína por hectárea y acumulación de materia seca en kg ha⁻¹ día⁻¹. Se realizó un análisis de varianza combinado y se aplicó

Abstract

Oats cultivation is an important alternative in the region of the Highlands, because of its forage and grain production, requiring agronomic studies to optimize its management. In this study the objectives were to determine the optimal cutting time for obtaining more and better forage, and compare varieties in terms of forage yield. Twenty-four genotypes were evaluated (18 advanced lines of the oats breeding program of INIFAP and 6 commercial varieties) in eight rainfed environments of the high valleys of the States of Hidalgo, Tlaxcala, Mexico City and Mexico State in the spring-summer, 2007 and 2008, using an experimental design of randomized complete block with three replicates at each location. There were six samplings in the stages of booting, half emerged inflorescence, anthesis, milk development and dough development. The variables measured were plant height in cm, total green area in kg ha⁻¹, total dry matter in kg ha⁻¹, protein percentage, calculated by the method of Larry and Charles, protein per hectare and dry matter accumulation kg ha⁻¹ day⁻¹. A combined analysis of variance was made and, Tukey test was applied at 5% for comparison of means. Highly significant differences were found in all the variables for the factors changing of locations, sampling and varieties

* Recibido: mayo de 2011
Aceptado: abril de 2012

la prueba de Tukey al 5% para comparación de medias. Se encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables para los factores de variación localidades, muestreos y variedades, así como para las interacciones localidades por muestreos y localidades por variedades. Las etapas de corte con mayor cantidad de forraje fueron el estado lechoso y masoso del grano con cosecha de hasta 19 t ha⁻¹ de materia seca, y en cuanto a calidad la mejor etapa fue la de embuche, registrando hasta 24% de proteína. El mejor rendimiento forrajero se obtuvo en Juchitepec en 2007 mientras que la variedad con mayor porcentaje de proteína fue Saia. Algunas líneas superaron a las variedades testigo en cantidad y calidad del forraje producido, lo que indica que existe potencial para aplicar esquemas de selección y a futuro ofrecer al agricultor opciones para producir forraje en mayor cantidad y calidad.

Palabras clave: *Avena sativa* L., calidad forrajera, etapas fenológicas.

Introducción

El cultivo de avena (*Avena sativa* L.) destaca en México como una fuente importante de alimento para la industria pecuaria; cerca de 80% de la producción nacional se destina para consumo como forraje verde, henificado y grano forrajero. Como forraje, la avena tiene alta digestibilidad, alta cantidad de energía metabolizable y su fibra presenta mejores cualidades que otros cereales de grano pequeño; mientras que el grano, presenta alta cantidad y calidad de proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y vitamina B (INFOAGRO, 2009). En el periodo 1980-1995 se sembraron en el país anualmente de 300 a 400 mil ha con este cereal; a partir de 1996 se ha incrementado la superficie hasta llegar a cerca de 700 mil ha en 2003 (SIAP, 2006). Una de las causas del incremento del área sembrada con avena, es su capacidad para transformar la vocación de las tierras agrícolas a aprovechamiento pecuario, amén de su calidad de forraje destinado a la alimentación de ovinos, bovinos de carne y leche y caprinos (Villaseñor *et al.*, 2003).

La avena se utiliza en cualquier etapa de crecimiento para el consumo animal; desde germinados en la alimentación de especies menores, hasta en estado lechoso-masoso de grano. Esta virtud trae consigo la necesidad de conocer la capacidad de producción de materia seca del cultivo en la región de los Valles Altos de México, sobre todo en áreas bajo temporal y evaluar su calidad nutricional, para determinar

as well as for the interactions localities by samplings and localities by varieties. Cutting stages with the highest forage quantity were the milky and dough development stages, harvesting up to 19 t ha⁻¹ of dry matter and, for quality, the best one was the booting stage, recording up to 24% protein. The best forage yield was obtained in Juchitepec in 2007, while Saia variety had the highest percentage of protein. Some lines exceeded the control varieties in quantity and quality of forage produced, indicating that there is potential to implement future selection schemes and, eventually for offering options to the farmers for greater quantity and quality of forage.

Key words: *Avena sativa* L., forage quality, phenological stages.

Introduction

The cultivation of oats (*Avena sativa* L.) stands out in Mexico as an important source of food for the livestock industry; nearly 80% of the domestic production is intended for use as green forage, hay and grain feed. As forage, oats have a high digestibility, high amount of metabolisable energy and, its fiber has better qualities than other small-grained cereals; while the grain, has high quantity and quality of proteins, carbohydrates, minerals, fats and vitamin B (INFOAGRO, 2009). In the period 1980-1995 were sown in the country annually from 300 to 400 thousand ha with this crop, since 1996 the surface has increased, reaching 700 000 ha in 2003 (SIAP, 2006). One cause of the increase in the area planted is its ability to transform the vocation of agricultural land to use for livestock, in addition to their quality of forage for feeding sheep, beef cattle and dairy goats (Villaseñor *et al.*, 2003).

Oats is used at any stage of growth for animal consumption, from sprouts in the diet of small animals, even in milk and, dough stage. These virtues brings the necessity of knowing the capacity of dry matter production of the crop in the region of the high valleys of Mexico, particularly in areas under rainfed and, evaluate their nutritional quality to determine the optimum harvesting stage for increasing its profitability. Regarding the optimum harvesting stage, some researches have indicated that dough grain is the best time to achieve the higher production, but is the wrong time to achieve a higher quality, as it is during the stems formation when the highest content of protein is reached (Gutiérrez, 1999). The same author mentions that for the

el momento óptimo de corte que permita incrementar su rentabilidad. En relación con el momento óptimo de corte, algunas investigaciones indican que grano masoso es la mejor época para lograr mayor producción; sin embargo, es el momento menos oportuno para lograr mayor calidad, ya que es durante el encañe cuando se alcanza el mayor contenido de proteína (Gutiérrez, 1999). El mismo autor menciona que para la región de los Valles Altos de México menciona que las mejores variedades forrajeras de avena son: Saia, Ópalo y Cevamex, las cuales producen de 9 a 13 t ha⁻¹ de materia seca (Jiménez, 1992).

El cultivo de la avena es importante en la región de los Valles Altos por su producción de forraje y grano; tiene amplio rango de adaptación, produce en forma satisfactoria desde partes altas, frías y lluviosas hasta ambientes semiáridos. En dicha zona se siembran cerca de 100 mil hectáreas en altitudes que varían de 2 000 a 3 000 msnm y en climas semiáridos a templados húmedos, predominando las siembras tardías que se establecen a fines de julio. El 90% de las siembras se realiza bajo condiciones de temporal y su principal uso es para forraje verde o achicalado, para ensilaje y grano forrajero (Villaseñor *et al.*, 2003). De acuerdo con estudios de potencial productivo realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el área sembrada de avena en los estados de Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y el Estado de México puede ser mayor a 500 mil hectáreas, y es una buena opción para sustituir cultivos tradicionales en áreas en donde se dispone hasta de 100 días de estación de crecimiento (Villaseñor *et al.*, 2003).

En este contexto, los objetivos del presente estudio fueron determinar el momento óptimo de corte, así como comparar una serie de variedades en cuanto a rendimiento y calidad de forraje producido en ambientes de temporal de los Valles Altos de México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en ocho ambientes de secano de los estados de Hidalgo, Tlaxcala y el Distrito Federal y el Estado de México en el ciclo primavera-verano de 1999 (Chapingo, Estado de México, en Juchitepec y Nanacamilpa, Tlaxcala) y 2000 (Juchitepec y Nanacamilpa, Tlaxcala; Sta. Lucía, Estado de México, Singuilucan, Hidalgo y Topilejo, Distrito Federa), bajo condiciones de temporal. Se consideró como un ambiente a la combinación de localidad y año de evaluación.

region of the Highlands of Mexico, the best forage oats varieties are: Saia, Opal and Cevamex, producing 9 to 13 t ha⁻¹ of dry matter (Jiménez, 1992).

Oats crop is important in the Highlands region for the production of forage and grain; it has a wide range of adaptation, successfully producing from high parts, cold and rainy to semiarid environments. In the area planted, about 100 hectares at elevations ranging from 2 000-3 000 m and semiarid climates to temperate humid, predominantly late plantings established in late July. 90% of plantings were carried out under rainfed conditions and their main use is for green forage, silage and grain (Villaseñor *et al.*, 2003). According to the studies conducted by the productive potential of the Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), the area sown with oats in the States of Puebla, Hidalgo, Tlaxcala and Mexico State can be more than 500 000 hectares, and is a good choice to replace traditional crops in areas where it has up to 100 days of growing season (Villaseñor *et al.*, 2003).

In this context, the objectives of this study were to determine the optimum harvesting stage, and compare a number of varieties in yield and quality of forage produced in rainfed environments of the high valleys in Mexico.

Materials and methods

The study was conducted in eight rainfed environments of the States of Hidalgo, Tlaxcala and Mexico City and the State of Mexico in the spring-summer, 1999 (Chapingo, State of Mexico, Nanacamilpa and Juchitepec, Tlaxcala) and 2000 (Juchitepec and Nanacamilpa, Tlaxcala, Santa Lucía, Mexico State, Singuilucan, Hidalgo and Topilejo, District Federation) under rainfed conditions. The combination of location and evaluation year were considered as an environment.

Twenty-four genotypes were evaluated, out of which 18 were advanced lines of the breeding program for oats of INIFAP and 6 commercial varieties, listed in Table 1.

Planting and agronomic experiments were performed following the recommendations issued by INIFAP for each region. The experimental design was a randomized complete block with three replications. The experimental plot was four rows of 8 m long, spaced at 30 cm, equivalent to an area of 9.6 m².

Se evaluaron 24 genotipos de los cuáles 18 fueron líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético de avena del INIFAP y 6 variedades comerciales los cuáles se enlistan en el Cuadro 1.

La siembra y la conducción agronómica de los experimentos se realizaron siguiendo las recomendaciones emitidas por el INIFAP para cada región. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 8 m de largo, espaciados a 30 cm, equivalente a una superficie de 9.6 m².

Se realizaron seis muestreos en las etapas de embuche, emergencia de inflorescencia, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano masoso (intervalos de 10 a 12 días), empleando la escala de Zadoks *et al.* (1974). Las variables medidas fueron altura de planta (ALT) en cm; materia verde total (MVT) en kg ha⁻¹; materia seca total (MST) en kg ha⁻¹; porcentaje de proteína calculado por el método de Larry y Charles; proteína por hectárea (PROHA), determinada como el producto entre el porcentaje de proteína y materia seca por hectárea en kg ha⁻¹; y tasa de acumulación de materia seca (ACMSPD) en kg ha⁻¹ día⁻¹, calculada como el cociente entre la materia seca total y el número de días transcurridos desde de la siembra hasta el corte.

El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza combinado entre ambientes y la aplicación de la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias utilizando para ello el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1994).

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza combinado para las variables en estudio. Se detectaron diferencias altamente significativas para los factores principales de variación ambientes, etapas de muestreo y genotipos, así como para las interacciones de primer orden ambientes por etapas y ambientes por genotipos. En la interacción etapas por genotipos hubo diferencias altamente significativas solamente para altura de planta, materia verde total y porcentaje de proteína. Para la interacción de tres factores, localidades por muestreos por variedades, las variables altura de planta y porcentaje de proteína resultaron altamente significativas. Los

Cuadro 1. Genotipos de avena evaluados en ocho ambientes de la Mesa Central. Primavera-verano 2007 y 2008.

Table 1. Oats genotypes evaluated in eight environments in the Central Plateau. Spring-summer, 2007 and 2008.

Núm. genotipo	Genealogía
1	Saia
2	Papigochi
3	Cevamex
4	Chihuahua
5	Ópalo
6	Karma
7	8232-CI-9291-Cross/Colli
8	MLIII-R-77-78-CV-78-CV79/HUA"s"
9	MLIII-R-77-78-CV-78-CV80/11630-Nufrime/
10	(BABI/I-1856AF2/Pampa/I-1856-AF2)F2/3/PAM/V-154F2/Babi/
11	F2-CV-81(7-0C)19C/V-154
12	F2-CV-81(6-0C)1C/IORN-S97-CV84
13	(GUE/DIA"s"F2//V-154/ColliF2)F2/3/Babi/I-1856AF2//Babi/85R-4020F2)F2
14	CUSI/HUA"s"F2//Babi/HUA"s"F2
15	CV-82(6-0C)1C-OC/815 ^a 129-72-CI-648/SR-CPX
16	F2CV-83(5-0C)85-0C/Karma
17	F2CV-83(5-0C)85-0C/Karma
18	Karma/875-A-20(CORON)GTZ/PENDEK-ME-1563//TAMO386-90-AB-6769
19	Karma/875-A-20(CORON)GTZ/PENDEK-ME-1563//TAMO386-90-AB-6769
20	V-154/IORN-S-97-CV-84
21	F2CV83(5-OC)8C-OC/Karma
22	F2CV83(5-OC)8C-OC/Karma
23	F2CV83(5-OC)8C-OC/Karma
24	F2CV83(5-OC)8C-OC/Karma

Six samplings were made in the stages of booting, inflorescence emergence, anthesis, grain watery, milky and dough grain (every 10 to 12 days), using the scale of Zadoks *et al.* (1974). The variables measured were plant height (ALT) in cm, total green matter (MVT) in kg ha⁻¹, total dry matter (MST) in kg ha⁻¹, protein percentage calculated by the method of Larry and Charles, protein per hectare (PROHA), determined as the product of the percentage of protein, dry matter per hectare in kg ha⁻¹, and rate of accumulation of

coeficientes de variación para las variables bajo estudio no rebasaron 25% (Cuadro 2), confirmando con ello un nivel aceptable de confiabilidad a los resultados obtenidos.

dry matter (ACMSPD) in kg ha⁻¹ day⁻¹, calculated as the ratio of the total dry matter and the number of days from planting to cutting.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado en la evaluación de variedades de avena en diferentes muestreos en ocho ambientes de temporal de los Valles Altos de México. Primavera-verano 2007 y 2008.

Table 2. Mean squares of combined analysis of variance in the evaluation of oats varieties at different sampling times in eight environments in the high valleys of Mexico. Spring-summer, 2007 and 2008.

Factor de Variación	GL	ALT	MVT	MST	ACMSPD	PROHA	PPOR
Ambientes	7	70063.3**	49118739878**	1837608733**	329881**	24290206**	8.01**
Reps (ambientes)	16	753.27	669910846	23793431	2808	394842	0.064
Etapas	5	411168.3**	38240600101**	7172286145**	225119**	15986824**	50.85**
Ambientes*Etapas	35	1993.3**	2080215430**	112224278**	10055**	876638**	0.28**
Reps*Etapas(ambientes)	80	98.22	210997196	9403480	1147	109278	0.017
Genotipos	23	4134.6**	819790068**	19671455**	2516**	75688**	0.26**
Ambientes*Genotipos	149	241.1**	136887012**	7563376**	782**	72284**	0.04**
Etapas*Genotipos	115	851.8**	165320156**	3396480ns	347ns	35790ns	0.03**
Ambientes*Etapas*Genotipos	745	71.9**	50528121ns	3123302ns	292ns	36322ns	0.01**
Error	2064	55.35	47202529	3141305	320	35355	0.009
CV		7.41	20.9	22.8	21.8	23.6	4.1

Ns= no significativo, *significativo ($\alpha \leq 0.05$), **altamente significativo ($\alpha \leq 0.01$); ALT= altura de planta (cm); MVT= materia verde total al momento del corte (kg ha⁻¹); MST= materia seca total al momento del corte (kg ha⁻¹); ACMSPD= acumulación de materia seca por día (kg ha día); PROHA= proteína por hectárea (kg ha⁻¹); PPOR= porcentaje de proteína (%); CV= coeficiente de variación (%).

En el Cuadro 3, se observa la comparación de medias entre localidades en cada uno de los muestreos. En la altura de planta alcanzó el máximo valor, en Santa Lucía en 2007 en estado lechoso seguido por el mismo ambiente y año pero en estado masoso, mientras que los menores valores correspondieron a la etapa de embuche en las localidades de Juchitepec, Nanacamilpa, Singuilucan y Topilejo en 2008. En materia verde total las etapas de grano acuoso y antesis arrojaron los mayores valores, alcanzando hasta 69 439 y 63 214 kg ha⁻¹, respectivamente (Santa Lucía, 2007), mientras que la menor producción correspondió a la etapa inicial (embuche) en Juchitepec en 2008. El comportamiento en las localidades restantes fue semejante, notándose una tendencia general en las localidades de incrementar la materia verde total hasta la etapa de grano acuoso y para luego acusar una disminución.

La producción de materia seca total a través de las etapas fenológicas fue en aumento hasta grano lechoso resultados que concuerdan con Dumont *et al.*, (2005) y Teubert *et al.*, (2002), quienes mencionan que la producción de forraje en etapas más tardías es normalmente más alta. Para dicha variable la mejor localidad fue Juchitepec en 2007 en estado masoso y lechoso de grano principalmente, mientras que los menores rendimientos se obtuvieron en Juchitepec, Topilejo y Singuilucan en 2008 en etapa de embuche. Si el destino de la cosecha es el ensilaje,

The statistical analysis consisted of a combined analysis of variance between the environments and the application of Tukey test at 5% for comparison of means using the Statistical Analysis System (SAS Institute, 1994).

Results and discussion

The Table 2 shows the mean squares of combined analysis of variance for the variables under study. Highly significant differences were detected for the main factors environments variation, sampling stages and genotypes, as well as first-order interactions staged environments and environments for genotypes. In the interaction stage by genotypes there were highly significant differences only for plant height, total green area and percentage of protein. For the interaction of three factors, sampling localities by varieties, plant height and protein content were highly significant. The coefficients of variation for all the variables did not exceed 25% (Table 2), thereby conferring an acceptable level of reliability to the results.

In Table 3, the comparison of means between locations in each of the samples is shown. At the height of plant reached a maximum value, in Santa Lucia in 2007 in the

los mejores resultados se obtuvieron en Juchitepec 1999 en estado masoso del grano, en virtud de que ahí se obtuvo la máxima producción de materia seca; sin embargo, para otras localidades como Santa Lucía y Nanacamilpa, es conveniente cosechar desde el estado lechoso del grano.

milk development stage followed by the same environment and year but at dough development stage, while the lowest values corresponded to the stage of booting in Juchitepec, Nanacamilpa, Singuilucan and Topilejo in 2008. In the total green matter, the stage aqueous, anthesis, presented

Cuadro 3. Medias de las variables evaluadas a través de localidades y muestreos en variedades de avena en ocho ambientes de Valles Altos. Primavera-verano 2007 y 2008.

Table 3. Means of the variables evaluated across locations and sampling varieties of oats in eight environments of the Highlands. Spring-summer, 2007 and 2008.

Localidad	Muestreo	ALT	MVT	MST	PROHA	PPOR	ACMSPD
Chapingo 99	Embuche (1)	57.3	19075.5	3175.4	615.4	19.7	52.9
Chapingo 99	Inflorescencia (2)	89.9	33310.4	4633.0	719.0	15.8	62.6
Chapingo 99	Antesis (3)	104.9	33203.6	6049.2	803.8	13.4	70.3
Chapingo 99	Acuoso (4)	121.0	37936.8	8407.3	921.5	10.8	85.8
Chapingo 99	Lechoso (5)	116.3	29201.7	10442.7	1016.3	9.8	93.2
Chapingo 99	Masoso (6)	123.4	28315.3	11216.8	978.2	8.8	89.7
Juchitepec 00	Embuche (1)	36.8	8336.8	1540.7	.	.	30.2
Juchitepec 00	Inflorescencia (2)	60.4	13878.5	2671.2	395.3	15.1	43.1
Juchitepec 00	Antesis (3)	77.9	20424.3	4454.4	571.9	13.0	58.6
Juchitepec 00	Acuoso (4)	83.3	25541.6	6354.4	677.3	10.7	70.6
Juchitepec 00	Lechoso (5)	93.2	28892.4	9085.2	767.2	8.5	86.5
Juchitepec 00	Masoso (6)	95.7	28462.4	10218.8	837.7	8.2	86.6
Juchitepec 99	Embuche (1)	69.3	31853.2	4705.1	968.1	20.8	84.0
Juchitepec 99	Inflorescencia (2)	100.3	48924.9	7054.2	868.0	12.3	103.7
Juchitepec 99	Antesis (3)	126.5	61391.7	9935.4	1086.9	11.0	121.2
Juchitepec 99	Acuoso (4)	136.8	56742.6	13643.4	1369.2	10.0	143.6
Juchitepec 99	Lechoso (5)	136.8	50066.8	16750.5	1415.6	8.5	152.3
Juchitepec 99	Masoso (6)	136.8	46416.7	19454.4	1403.4	7.3	156.9
Sta.Lucía 00	Embuche (1)	54.4	19644.2	2300.7	559.0	24.6	50.0
Sta.Lucía 00	Inflorescencia (2)	94.1	45033.6	5742.9	993.9	17.4	95.7
Sta.Lucía 00	Antesis (3)	117.7	63214.1	8982.5	1310.2	14.7	128.3
Sta.Lucía 00	Acuoso (4)	130.0	69439.2	11173.1	1263.1	11.3	139.7
Sta.Lucía 00	Lechoso (5)	141.3	60386.0	14490.7	1449.3	10.0	154.2
Sta.Lucía 00	Masoso (6)	138.8	46798.1	13949.6	1357.9	9.8	130.4
Nanacamilpa 00	Embuche (1)	48.1	19548.6	4131.3	554.1	13.4	72.5
Nanacamilpa 00	Inflorescencia (2)	87.4	26541.3	5689.9	646.8	11.4	83.7
Nanacamilpa 00	Antesis (3)	106.7	34095.0	7968.3	679.2	8.6	102.2
Nanacamilpa 00	Acuoso (4)	113.3	37932.6	10525.2	866.0	8.3	113.2
Nanacamilpa 00	Lechoso (5)	118.8	36280.6	11275.0	753.1	6.6	105.4
Nanacamilpa 00	Masoso (6)	120.5	30358.0	11048.7	725.0	6.5	90.6
Nanacamilpa 99	Embuche (1)	57.8	19116.6	3352.8	577.6	17.3	59.9
Nanacamilpa 99	Inflorescencia (2)	84.3	26800.0	4071.7	580.5	14.4	58.2
Nanacamilpa 99	Antesis (3)	111.4	35612.6	6477.2	695.6	10.8	77.1
Nanacamilpa 99	Acuoso (4)	122.5	42167.4	12233.0	894.8	7.3	119.9
Nanacamilpa 99	Lechoso (5)	128.3	38095.1	.	711.5	7.3	83.7
Nanacamilpa 99	Masoso (6)	128.3	24256.3	12950.7	984.7	7.6	97.4
Singuilucan 00	Embuche (1)	48.5	14478.4	1811.6	308.7	17.3	27.9

ALT= altura de planta (cm); MVT= materia verde total al momento del corte (kg ha⁻¹); MST= materia seca total al momento del corte (kg ha⁻¹); ACMSPD= acumulación de materia seca por día (kg ha día); PROHA= proteína por hectárea (kg ha⁻¹); PPOR= porcentaje de proteína (%).

Cuadro 3. Medias de las variables evaluadas a través de localidades y muestreos en variedades de avena en ocho ambientes de Valles Altos. Primavera-verano 2007 y 2008 (Continuación).**Table 3. Means of the variables evaluated across locations and sampling varieties of oats in eight environments of the Highlands. Spring-summer, 2007 and 2008 (Continuation).**

Localidad	Muestreo	ALT	MVT	MST	PROHA	PPOR	ACMSPD
Singuilucan 00	Inflorescencia (2)	78.3	29340.6	4802.7	596.5	12.5	61.6
Singuilucan 00	Antesis (3)	108.8	35034.4	6484.7	718.8	11.1	71.3
Singuilucan 00	Acuoso (4)	119.3	35555.8	7931.3	776.8	9.8	74.1
Singuilucan 00	Lechoso (5)	128.4	27607.9	8534.8	692.6	8.2	68.8
Singuilucan 00	Masoso (6)	131.5	21671.3	9222.8	679.4	7.5	68.8
Topilejo 00	Embuche (1)	49.2	10878.8	1613.7	270.8	16.9	20.2
Topilejo 00	Inflorescencia (2)	66.3	17367.0	3176.3	433.4	13.5	33.4
Topilejo 00	Antesis (3)	88.3	26222.1	2643.5	281.1	10.7	24.9
Topilejo 00	Acuoso (4)	106.6	29635.8	6621.2	641.7	9.5	54.3
Topilejo 00	Lechoso (5)	120.3	31351.6	8276.7	701.8	8.4	60.4
Topilejo00	Masoso(6)	123.0	31848.1	9461.1	706.1	7.5	63.9

ALT= altura de planta (cm); MVT= materia verde total al momento del corte (kg ha⁻¹); MST= materia seca total al momento del corte (kg ha⁻¹); ACMSPD= acumulación de materia seca por día (kg ha día); PROHA= proteína por hectárea (kg ha⁻¹); PPOR= porcentaje de proteína (%).

En la acumulación de materia seca por día y cantidad de proteína por hectárea los menores valores correspondieron a la etapa de embuche en todos los ambientes. En general, los valores de ambas variables tendieron a incrementarse a medida que avanzó el ciclo del cultivo, hasta el estado lechoso del grano en algunas localidades y estado masoso para otras. La máxima acumulación de materia seca por día se obtuvo en Juchitepec en 1999 en la última etapa de muestreo y el menor valor para Topilejo en 2007 en la etapa inicial. La máxima producción de proteína por hectárea se presentó en Santa Lucía 2008 en estado lechoso y el menor rendimiento de ésta en Topilejo 2007 en etapa de embuche. Esta información confirma lo indicado por Villaseñor *et al.* (2003) en relación a lo cambiante que pueden ser las áreas de temporal a través del tiempo, y plantea la necesidad de evaluar los ensayos destinados a generar tecnología de producción para temporal en un número elevado de localidades o por varios años a fin de disminuir la estimación del componente de varianza de la interacción de las localidades con otros factores. En el porcentaje de proteína en las localidades fue disminuyendo conforme avanzó la etapa fenológica del cultivo, presentando el mayor valor en etapa de embuche en Santa Lucía 2007, y el menor en Nanacamilpa 2008 en la etapa de grano masoso. Por lo anterior, es importante señalar que cuando el forraje se destina a la alimentación del ganado en crecimiento, el momento óptimo de corte es en etapa de embuche, ya que en esa etapa se obtiene el máximo contenido de proteína.

the highest values, reaching up to 69 439 and 63 214 kg ha⁻¹, respectively (Santa Lucía, 2007), while the lowest production corresponded to the initial stage (booting) in Juchitepec in 2008. The remaining localities behavior was indeed similar, noticing a general trend in the localities to increase the total green area to the aqueous phase grain and then accuse a decrease.

The total dry matter production through phenological stages increased until reaching milk development, results that agree with Dumont *et al.* (2005) and Teubert *et al.* (2002), who mentioned that, the forage production in late stages is normally higher. For this variable the best location in 2007 was in Juchitepec, primarily at milk and dough development stages, whereas the lowest yields were obtained in Juchitepec, Topilejo and Singuilucan in 2008 at booting stage. If the destination is the silage harvest, the best results were obtained in 1999 in Juchitepec at dough stage, with the highest dry matter production, but for other places, such as Santa Lucía and Nanacamilpa, it's convenient to harvest at the milk development stage.

The accumulation of dry matter per day and the amount of protein per hectare lower values corresponded to the stage of booting in all the environments. In general, the values of both variables tended to increase as the season of the crop progressed, until the milk stage in some localities and at dough stage for others. The maximum dry matter accumulation per day was obtained in Juchitepec in 1999, in the last stage of sampling and the lowest value for Topilejo

En el Cuadro 4a y 4b, se muestra la comparación de medias para materia seca total, porcentaje de proteína y acumulación de materia seca por día de los genotipos en las diferentes localidades, observándose el mayor valor en materia seca total en Juchitepec 2007 destacando las líneas 10 y 11 donde superaron a las variedades testigo, el ambiente con el segundo mayor rendimiento fue Santa Lucía 2008 donde los mejores genotipos fueron las líneas 10 y 22, superando también a las variedades testigo, en cada uno de los ambientes restantes también fue posible encontrar líneas experimentales con rendimiento superior al de los testigos comerciales. En la comparación de medias para porcentaje de proteína a través de ambientes, el forraje con mayor calidad se obtuvo en Santa Lucía 2007 seguida por Chapingo 2008, en todos los ambientes la variedad Saia presentó los mayores porcentajes de proteína.

in 2007 in the initial stage. The maximum protein yield per hectare was introduced in 2008 in Santa Lucía, milk stage and the lowest yield of the latter in 2007 in Topilejo at booting stage. This information confirms that indicated by Villaseñor *et al.* (2003) in relation to changing that can be in rainfed areas through time, and a need to evaluate the tests to generate production technology for rainfed conditions in a large number of locations or for several years to reduce estimating the variance component of the interaction of the locations to other factors. The percentage of protein in the localities was decreasing as the phenological stage of the crop advanced, showing the highest value at booting stage in Santa Lucía 2007, and the lowest in 2008 in Nanacamilpa at dough stage. Therefore, it is important to note that when the crop is used to feed cattle in growth, the optimum harvesting stage is booting, since at that stage we have the highest protein content.

Cuadro 4a. Producción de materia seca total ($t\ ha^{-1}$), porcentaje de proteína (%) y Acumulación de materia seca por día ($kg\ ha^{-1}\ día^{-1}$) de 24 genotipos de avena en ocho ambientes de temporal de Valles Altos. Primavera-verano 2007 y 2008.
Table 4a. Total dry matter production ($t\ ha^{-1}$), protein percentage (%) and dry matter accumulation per day ($kg\ ha^{-1}\ day^{-1}$) of 24 oats genotypes in eight rainfed environments in the Highlands. Spring-summer, 2007 and 2008.

Gen	Chapingo 1999			Juchitepec 2000			Juhitepec 1999			Santa Lucía 2000		
	MST	PPOR	ACMSPD	MST	PPOR	ACMSPD	MST	PPOR	ACMSPD	MST	PPOR	ACMSPD
Saia	6673.5	17.4	67.6	5147.2	12.4	52.8	9701.7	13.8	102.8	8008.5	18.0	96.2
Papigochi	8116.8	12.4	85.6	5874.6	11.5	64.4	12138.6	11.0	128.9	8885.1	14.7	111.0
Cevamex	8130.4	12.9	84.8	5603.3	11.1	60.0	11449.0	11.9	122.0	9650.4	14.2	118.5
Chihuahua	5663.2	13.5	61.2	6329.2	10.8	68.8	13022.9	11.5	139.7	9615.3	14.6	120.6
Ópalo	6602.9	15.0	70.2	5413.9	11.7	59.5	12133.9	12.7	125.4	7928.1	15.8	97.5
Karma	7538.6	13.3	78.0	6047.4	11.5	64.0	11177.9	12.3	118.6	9947.4	14.2	120.0
7	6730.4	12.4	68.6	4730.8	11.5	51.0	12272.4	12.1	131.3	9887.2	14.8	121.6
8	7466.6	12.3	77.9	5524.5	11.2	60.1	11595.8	12.0	124.1	9086.0	14.1	111.2
9	6750.8	13.5	70.6	5488.9	12.4	58.8	11530.1	12.9	121.9	8415.6	16.1	103.2
10	7233.6	12.8	72.3	5150.1	11.3	57.2	13440.2	11.1	142.5	9905.6	14.2	122.8
11	6963.5	12.9	71.4	5856.7	11.1	65.7	13414.6	11.3	144.3	8256.9	14.5	104.0
12	5866.4	13.1	59.0	5852.9	11.0	63.5	12390.7	10.9	131.9	9542.2	14.4	116.1
13	8369.6	13.1	86.1	5414.9	11.3	59.5	12366.7	11.1	131.1	9774.9	14.2	120.8
14	7004.2	13.1	71.3	5647.1	11.3	61.1	11113.8	11.2	119.3	9394.2	15.5	118.9
15	7323.3	13.2	74.4	5206.3	11.3	57.3	11391.7	10.9	121.9	8732.9	15.0	106.7
16	7578.8	11.6	78.7	6983.2	9.6	77.7	12410.9	11.4	132.2	10440.8	13.8	131.0
17	8630.7	11.8	90.4	6115.0	10.4	67.7	12597.4	11.6	132.5	10069.4	14.7	123.1
18	7105.4	12.6	73.4	5500.5	10.3	61.8	12213.6	11.1	130.8	9550.3	14.3	115.5
19	7962.6	12.1	82.2	6281.3	10.4	69.6	11178.9	11.7	120.8	9551.6	14.9	117.7
20	8703.1	11.7	91.7	5621.5	10.5	62.8	10935.7	10.8	117.1	9559.1	13.8	120.9
21	.	.	.	5721.9	11.9	62.3	.	.	.	9203.7	14.5	114.4
22	.	.	.	5614.9	10.5	62.4	.	.	.	10696.8	13.9	131.5
23	.	.	.	5968.6	10.3	66.5	.	.	.	9912.7	13.4	121.9
24	.	.	.	6203.7	10.6	68.3	.	.	.	10290.6	13.8	127.4

Cuadro 4b. Producción de materia seca total ($t\ ha^{-1}$), porcentaje de proteína (%) y Acumulación de materia seca por día ($kg\ ha^{-1}\ día^{-1}$) de 24 genotipos de avena en ocho ambientes de temporal de Valles Altos. Primavera-verano 2007 y 2008.
Table 4b. Total dry matter production ($t\ ha^{-1}$), protein percentage (%) and dry matter accumulation per day ($kg\ ha^{-1}\ day^{-1}$) of 24 oats genotypes in eight rainfed environments in the Highlands. Spring-summer, 2007 and 2008.

Gen	Nanacamilpa 2000			Nanacamilpa 1999			Singuilucan 2000			Topilejo 2000		
	MST	PPOR	ACMSPD	MST	PPOR	ACMSPD	MST	PPOR	ACMSPD	MST	PPOR	ACMSPD
Saia	7886.2	9.4	86.9	8308.2	10.9	83.4	7043.1	10.6	65.3	5618.6	14.4	46.6
Papigochi	8919.2	8.4	99.2	8848.2	10.6	89.8	6182.0	10.1	60.2	5750.6	10.3	47.3
Cevamex	7977.0	9.1	88.7	8766.8	11.8	88.5	6801.4	11.7	63.6	5207.6	11.6	41.4
Chihuahua	8620.1	8.7	97.1	7856.9	11.4	79.4	5025.5	10.7	50.5	5515.9	10.6	45.5
Ópalo	8426.0	9.1	95.4	7386.1	11.1	75.0	4710.1	12.1	47.3	5819.5	12.2	46.8
Karma	8601.9	9.5	94.9	7468.6	11.0	77.4	6902.9	11.5	66.0	5426.7	12.1	42.8
7	8540.9	9.4	94.7	7893.5	11.6	80.9	6760.2	11.9	63.7	4448.7	11.1	36.9
8	8959.4	9.1	100.5	8325.1	10.2	84.6	6826.7	11.6	65.2	4950.9	11.4	39.3
9	7576.9	9.4	84.9	8655.4	10.6	87.2	5773.4	12.5	55.8	4903.3	12.0	39.2
10	9267.8	9.3	104.6	8666.7	10.4	87.4	7218.8	10.9	68.6	4917.7	10.8	39.6
11	7044.7	8.8	79.6	7756.9	11.7	79.3	5679.9	10.8	55.2	5421.9	11.2	43.0
12	8338.2	9.3	92.9	7455.8	10.5	75.1	6111.7	11.2	58.9	5279.2	11.0	42.4
13	8802.9	9.3	98.8	8924.1	10.4	92.8	6134.8	11.0	60.5	7396.7	11.1	60.1
14	8029.6	9.5	89.1	7204.5	12.3	72.6	6573.7	11.6	63.4	5661.6	12.1	44.8
15	8841.8	9.5	99.0	7365.7	10.3	75.7	5894.2	11.5	56.4	4044.8	10.8	32.2
16		9.2	112.5	8682.6	10.3	88.8	6840.6	10.5	68.7	6266.2	9.7	51.6
17	8056.6	9.7	91.1	8847.7	9.8	89.8	8023.9	10.5	75.7	4762.6	11.3	38.6
18	8263.5	8.6	92.5	8321.6	10.2	84.8	7117.4	10.8	67.0	4819.8	9.7	39.8
19	8718.9	8.7	97.7	7935.7	10.1	79.8	6413.9	10.5	62.0	4394.4	9.9	36.3
20	7509.8	9.5	85.1	8084.8	10.3	81.9	5197.8	11.0	51.3	5672.8	10.0	45.0
21	8546.3	9.9	96.0	.	.	.	6499.3	11.0	60.9	4908.1	11.4	39.1
22	8683.8	9.1	98.2	.	.	.	6623.2	10.7	62.2	5824.2	10.2	48.4
23	8539.0	8.3	97.7	.	.	.	7208.9	10.4	69.2	4788.4	10.2	38.8
24	8271.8	8.7	92.8	.	.	.	7588.0	11.0	72.3	5494.5	10.8	45.0

En la acumulación de materia seca por día, los mayores valores se obtuvieron en Juchitepec 2007, y los genotipos con mejor comportamiento fueron las líneas 10 y 11. Santa Lucía 2008 fue otro de los ambientes con alta acumulación de materia seca por día, sobresaliendo ahí la línea 16 con un comportamiento superior a las variedades testigo. En general para dicha variable el comportamiento de los genotipos fue muy inestable, y la menor acumulación de materia seca obtuvo en Topilejo 2008.

En el Cuadro 5 se presenta la comparación de medias para altura de planta de los genotipos a través de las etapas de muestreo. En etapa de embuche mejores líneas fueron 16, 20 y 11, superando a la variedad Papigochi, seguida por la línea

In the Table 4a and 4b the comparison of means for total dry matter percentage of protein and dry matter accumulation per day of genotypes in different localities is shown, with the greatest value in total dry matter in 2007, highlighting the lines Juchitepec 10 and 11 which exceeded the control varieties, the environment with the second highest yield was Santa Lucía 2008, where the best genotypes were 10 and 22 lines, also exceeding the control varieties in each of the remaining environments that could also be found in the experimental lines with higher yield than the commercials. In the comparison of means for protein percentage across environments, with higher quality forage obtained in Santa Lucía, Chapingo, 2007 followed by 2008 in all the environments, Saia variety had the highest percentages of protein.

10 que superó a la variedad Chihuahua. El menor lo presentó la variedad Saia. En etapa de inflorescencia las mayores alturas se presentaron en las líneas 16 y 10, que de igual manera superaron a Papigochi, mientras que el menor valor fue para Saia. En antesis la línea 16 siguió predominando con una mayor altura que Cevamex, mientras que la línea 10 superó a Papigochi y Ópalo. En la etapa de grano acuoso las variedades testigo Cevamex y Ópalo alcanzaron las mayores alturas. En grano lechoso Saia, Ópalo y Cevamex alcanzaron las mayores alturas superando a las líneas 10 y 16. Por último, en grano masoso la variedad Saia obtuvo una buena recuperación en altura de planta.

In the accumulation of dry matter per day, the highest values were obtained in Juchitepec 2007, and the best yielding genotypes were lines 10 and 11. Santa Lucía 2008 was another of the environments with high accumulation of dry matter per day, standing around line 16 with a performance superior to the control varieties. Overall, the variable behavior of the genotypes was highly unstable, and lower dry matter accumulation was obtained in Topilejo, 2008.

The Table 5 shows the comparison of means for plant height of genotypes across sampling stages. At booting stage, the best lines were 16, 20 and 11, superior to Papigochic,

Cuadro 5. Altura de planta de 24 genotipos en diferentes etapas fenológicas de variedades de avena en ocho ambientes de temporal de Valles Altos. Primavera-verano 2007 y 2008.

Table 5. Plant height of 24 genotypes in different phenological stages of oat varieties in eight rainfed environments in the Highlands. Spring-summer, 2007 and 2008.

Genotipo	Etapa de muestreo					
	Embuche	Inflorescencia	Antesis	Acuoso	Lechoso	Masoso
1 (Saia)	38.89	66.8	89.8	120.0	147.9	159.6
2 (Papigochi)	57.0	88.8	113.1	122.9	129.2	129.2
3 (Cevamex)	52.5	84.1	114.8	131.7	136.3	140.6
4 (Chihuahua)	56.2	82.4	102.7	114.8	121.0	122.7
5 (Ópalo)	54.7	79.8	112.1	129.8	139.8	140.4
6 (Karma)	46.8	76.5	99.5	111.7	118.8	119.8
7	49.2	80.1	98.8	108.3	114.2	113.8
8	50.5	80.5	104.6	119.2	125.0	125.6
9	50.3	79.3	98.8	113.8	117.3	119.6
10	56.3	91.3	114.6	125.2	130.2	133.6
11	57.8	86.4	111.3	121.3	123.5	124.6
12	48.5	79.4	100.9	110.4	114.2	116.9
13	55.9	85.5	110.6	115.6	121.9	124.8
14	52.3	78.1	99.4	111.7	119.4	118.8
15	47.6	79.8	100.6	109.6	115.6	116.3
16	61.3	96.1	120.2	126.0	129.8	129.0
17	50.8	83.0	106.0	113.8	117.7	122.8
18	55.3	83.8	102.3	110.8	115.0	118.8
19	51.7	81.5	97.9	105.6	108.5	109.8
20	59.0	88.3	108.1	116.3	123.3	123.1
21	45.7	72.7	102.3	115.0	126.3	129.3
22	50.0	79.7	99.3	106.3	113.0	111.7
23	48.7	81.0	99.0	106.7	112.0	111.0
24	46.0	78.0	98.0	103.7	113.5	111.7

En el Cuadro 6 se presenta la comparación de medias de los genotipos a través de etapas de muestreo para porcentaje de proteína. En embuche las variedades comerciales Saia, Ópalo y Cevamex obtuvieron la mejor calidad de forraje, en virtud de un mayor porcentaje de proteína; en esta etapa las líneas más sobresalientes fueron la 16, 20 y 11 que superaron a la variedad Papigochi. El menor valor encontrado correspondió a la variedad Saia. En inflorescencia los testigos comerciales fueron los mejores en calidad forrajera, junto con las líneas 14 y la 9. Las dos primeras etapas de muestreo fueron las mejores para cantidad de proteína, lo que está de acuerdo con lo reportado por (Espitia *et al.*, 2002). En etapas más avanzadas del ciclo del cultivo las variedades comerciales tuvieron una leve disminución en contenido de proteína. Todo lo anterior concuerda con Dumont *et al.*, 2005, donde mencionan que el estado fenológico de las plantas es un buen indicador de su calidad nutricional, ya que existe una relación de éste parámetro con los contenidos de proteína, energía, fibra y minerales.

followed by line 10 which exceeded the Chihuahua. The lowest was presented by the variety Saia. At inflorescence stage showed the highest points on lines 16 and 10, which likewise exceeded Papigochic while the lowest value was for Saia. At anthesis, line 16 continued to dominate with a greater height than Cevamex, while edged line 10 Papigochic and Opal. At the aqueous phase, varieties Cevamex and Opal reached greater heights. In the milk development stage Saia, Opal and Cevamex reached the greatest heights, beating lines 10 and 16. Finally, at the dough development, Saia earned a good recovery in plant height.

The Table 6 shows the comparison of means of genotypes across sampling stages for protein percentage. In the booting development stage, commercial varieties Saia, Opal and Cevamex obtained the best quality forage under a higher percentage of protein, at this stage were the most outstanding lines 16, 20 and 11 that exceeded the

Cuadro 6. Porcentaje de proteína en 24 genotipos avena en diferentes etapas fenológicas en ocho ambientes de temporal de la Mesa Central. Primavera-verano 2007 y 2008.

Table 6. Percentage of protein in 24 oats genotypes in different phenological stages in eight rainfed environments of the Central Plateau. Spring-summer, 2007 and 2008.

Genotipo	Etapas de mustreo					
	Embuche	Inflorescencia	Antesis	Acuoso	Lechoso	Masoso
1 (Saia)	23.7	17.8	14.0	10.0	8.8	8.1
2 (Papigochi)	17.7	13.7	11.0	9.6	8.3	7.3
3 (Cevamex)	19.7	14.7	11.9	9.5	8.6	7.4
4 (Chihuahua)	17.8	13.8	11.6	9.7	9.0	7.9
5 (Ópalo)	19.8	15.2	12.3	10.4	9.4	8.6
6 (Karma)	19.4	15.0	12.6	9.6	8.6	7.6
7	19.3	14.2	12.2	9.8	8.5	8.0
8	18.6	13.9	11.7	9.7	8.5	7.8
9	19.6	14.9	12.3	10.7	9.2	8.6
10	17.7	14.1	11.3	9.9	8.3	7.8
11	17.8	13.6	11.8	10.1	8.4	8.4
12	18.3	13.7	11.8	9.7	8.3	8.0
13	18.5	14.0	11.6	9.8	8.1	7.8
14	19.0	14.6	12.5	10.2	8.9	8.3
15	18.6	14.0	11.5	9.7	8.8	8.2
16	16.7	12.9	10.8	9.3	8.1	7.5
17	18.6	13.6	11.4	9.4	8.0	7.6
18	16.7	13.1	11.1	9.7	8.2	7.6
19	17.5	13.2	11.2	9.3	7.9	7.9
20	17.2	12.7	10.9	9.7	8.2	7.9
21	18.5	14.8	11.7	10.4	8.2	8.1
22	17.6	13.0	11.0	9.5	8.0	7.5
23	16.8	12.4	10.3	9.5	7.6	7.8
24	18.4	13.3	10.7	9.2	7.8	8.1

La Figura 1 muestra las curvas generales de producción de materia seca y porcentaje de proteína, parámetros que son útiles para definir el momento óptimo de corte, pues la principal característica para definir el potencial productivo de una variedad es la acumulación de materia seca, la cual se incrementa con la madurez, aunque el contenido de proteína disminuye, información que confirma lo reportado por Klebesadel (1969), quien indica que en los diferentes estadios de crecimiento de la avena se presentan cambios en su arquitectura que se manifiestan en la producción de materia seca y en su calidad. Los contenidos de materia seca aumentaron con el avance de la madurez esto se encuentra dentro de lo esperado (Khorasani *et al.*, 1997; Dumont *et al.*, 2005), el momento óptimo de corte depende principalmente del uso que se dará al forraje, lo que está influenciado por el balance entre proteína y materia seca.

Conclusiones

La mejor etapa fenológica de corte para maximizar cantidad de forraje son los estados lechoso y masoso del grano, donde se alcanzan producciones de hasta 19 t ha⁻¹ de materia seca; sin embargo, si el propósito es calidad, la mejor etapa de corte es embuche, ya que se llega a obtener hasta 24% de proteína. El rendimiento y calidad de avena forrajera se encuentran altamente influenciados por la interacción genotipo-ambiente, no solamente en el espacio también a través del tiempo. La variedad con mejor calidad de forraje es Saia, conservando dicho atributo a través de ambientes. Existen líneas experimentales superiores a las variedades testigo en cantidad y calidad de forraje producido, que pueden mejorar a futuro la producción de forraje en cantidad y calidad. La avena es un cereal que demuestra un gran potencial para producir altos volúmenes de materia seca y alta calidad nutricional.

Literatura citada

Dumont, L. J. C.; R. Anrique, G. y Alomar, C. D. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agríc. Téc.* 65(4):388-396.

range Papigochic. The lowest value corresponded to the variety Saia. In the inflorescence, commercial controls were the best quality forage along the lines 14 and 9. The first two stages of sampling were the best for amount of protein, which is in agreement with those reported by Espitia *et al.*, 2002. In more advanced stages of the crop cycle, commercial varieties had a slight decrease in protein content. All this agrees with Dumont *et al.*, 2005, which stated that, the phenological stage of the plants is a good indicator of its nutritional quality, as there is a relationship of this parameter with the contents of protein, energy, minerals and fiber.

The Figure 1 shows the general curves of dry matter yield and protein percentage, parameters that are useful to define the optimum harvesting stage, since the main feature to define the productive potential of a variety is the accumulation of dry matter, which increases with maturity, although the protein content decreases, confirming information reported by Klebesadel (1969), who states that at different stages of growth of the oats are changes in the architecture manifested in material production and quality. The dry matter content increased with advancing maturity that is within the expected (Khorasani *et al.*, 1997; Dumont *et al.*, 2005), the optimum harvesting time depends mainly on the use to be given to forage, which is influenced by the balance between protein and dry matter.

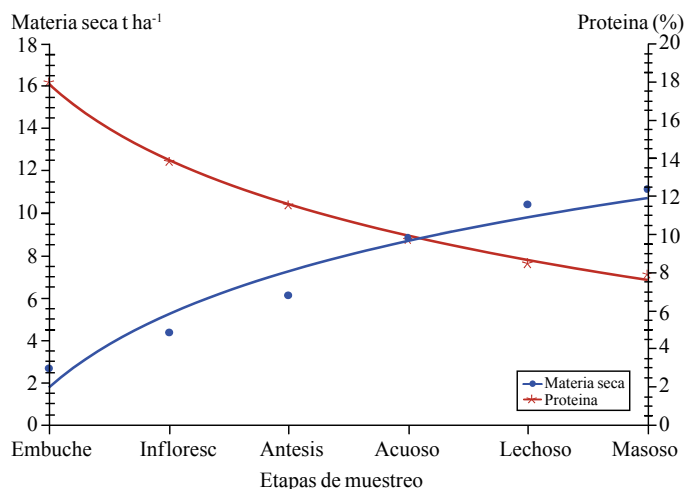


Figura 1. Producción de materia seca y porcentaje de proteína en diferentes etapas de muestreo en 24 genotipos de avena en ocho ambientes de la Mesa Central. Primavera-verano 2007 y 2008.

Figure 1. Dry matter production and percentage of protein in different stages of samplings in 24 oats genotypes in eight environments in the Central Plateau. Spring-summer, 2007 and 2008.

- Espitia, R. E.; Villaseñor, H. E.; Tovar, G. M. R.; Pérez, H. P. y Limón, O. A. 2002. Momento óptimo de corte y comparación de genotipos de avena forrajera. *In: Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. Saltillo, Coahuila, México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Estado de México. 282 p.
- Gutiérrez, J. M. 1999. Cómo producir avena forrajera de temporal en el estado de México. *In: INIFAP. 500 Tecnologías Llave en Mano. Serie 1999. Tomo I. INIFAP-SAGAR*. México. 17-18 p.
- Información del Sistema Agropecuario (INFOAGRO). 2010. Cultivo de avena. Información agronómica. InfoAgro Systems. Madrid, España. www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm (Consultado 13 de enero de 2010).
- Jiménez, G. C. A. 1992. Descripción de variedades de avena cultivadas en México. Campo Experimental Valle de México. CIRCE. INIFAP. SARH. Chapingo, Estado de México. Folleto técnico Núm. 3. 72 p.
- Klebesadel, L. J. 1969. Chemical composition and yield of oats peas separated from a forage mixture at successive stages of growth. *Agron. J.* 61:713-716.
- Khorasani, G. R.; Jedel, P. E.; Helm, J. H. and Kennelly, J. J. 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Anim. Sci.* 77:259-267.
- Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SIAP). 2006. Datos básicos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. 150 p.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 1994. SAS/STAT User's guide: GLM-VARCOMP. 6.04 Fourth. ed. SAS Institute. Cary, N.C.

Conclusions

The best phenological stage for cutting in order to maximize forage are the states milk and dough development stages, which can achieve an output of up to 19 t ha⁻¹ of dry matter, but if the goal is quality, the best cutting stage is the booting development stage, as it comes to obtain up to 24% protein. Yield and quality of forage oats are highly influenced by genotype*environment interaction, not only in space, but also over time. The variety with better quality of forage is Saia, retaining that attribute across the environments. There are experimental lines superior to the control varieties in quantity and quality of forage produced, which can improve future forage production in quantity and quality. Oats is a grain that shows great potential to produce high volumes of dry matter and nutritional quality.

End of the English version



- Teubert, N.; Goic, L. y Navarro, H. 2002. Rendimiento y calidad de los cereales de grano pequeño como ensilaje. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Remehue, Osorno, Chile. Informativo Núm. 35. 2 p.
- Villaseñor, M. H. E.; Espitia, R. E. and Huerta, E. J. 2003. History and contributions to oats research at INIFAP's Valle de Mexico Experimental Station. *In: agricultural research in "El Horno-CEVAMEX" Special Issue No. 2*. Campo Experimental Valle de Mexico. INIFAP. SAGARPA, Chapingo, Estado de Mexico. 79-90 p.
- Zadoks, J.; Changt, T. and Konzak, C. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415-421.