

Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje

Effect of stage of maturity of maize hybrids at harvest time to improve forage production and quality

Gregorio Núñez Hernández^a, Rodolfo Faz Contreras^a, Fernando González Castañeda^b
Alfonso Peña Ramos^b

RESUMEN

El estudio se efectuó en el Campo Experimental La Laguna-INIFAP, en Matamoros, Coah. Los objetivos fueron evaluar la interacción híbridos x estado de madurez, y obtener información de cuándo cosechar para mejorar la producción y calidad del maíz forrajero. La siembra fue en suelo húmedo el 28 de abril de 1997, la fertilización fue 160-80-00 de N-P-K con una densidad de 80 mil plantas por hectárea. Los riegos de auxilio se suministraron a 32, 61, y 76 días después de la siembra. La cosecha se realizó en: 1) grano masoso, 2) grano en 1/4 de la línea de leche y 3) grano en 1/3 de la línea de leche. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones en un arreglo de parcelas divididas. No se observó interacción ($P > 0.05$) híbridos x estado de madurez para producción de materia seca por hectárea, porcentaje de materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro*. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre híbridos en producción de materia seca por hectárea, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad *in vitro* ($P > 0.05$). Las producciones de materia seca por hectárea fueron similares en los tres estados de madurez, pero la digestibilidad *in vitro* fue mayor a 1/4 y 1/3 de avance de la línea de leche en el grano ($P < 0.05$). La cosecha a un estado de madurez de 1/4 de avance de la línea de leche permite mayor digestibilidad *in vitro*, y un porcentaje de materia seca adecuado para una buena fermentación.

PALABRAS CLAVE: Maíz, Híbridos, Calidad nutricional, Etapa de madurez, Forraje.

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate hybrid x maturity interaction and to obtain information on when to harvest intermediate maize hybrids to improve forage yield and quality. An experiment was seeded on moist soil in April 1997. N-P-K fertilization was applied at a 160-80-00 rate, respectively. Plant density was 80 thousand plants per hectare. Irrigations were applied at 32, 61 and 76 d after seeding. Hybrids tested were: 1) SB-302, 2) 3066W, 3) 3002W, y 4) 3028W and harvest was carried out at: 1) grain at dough stage, 2) 1/4 milkline and 3) 1/3 milkline. A complete randomized block design using a split plot treatment arrangement was used. No hybrid x stage of maturity interaction ($P > 0.05$) was observed for dry matter yield, dry matter content, chemical composition or *in vitro* digestibility. Dry matter yields showed no difference between hybrids ($P > 0.05$). Hybrids were similar in neutral detergent and *in vitro* digestibility. Dry matter yield per hectare was similar for the three stages of maturity but *in vitro* digestibility was higher at 1/4 and 1/3 milkline ($P < 0.05$). Harvest at 1/4 milkline allows to improve *in vitro* digestibility and provides an adequate dry matter percentage for a silage fermentation process.

KEY WORDS: Maize, Hybrids, Quality, Stage of maturity, Forage.

En México, la producción de maíz para ensilaje se caracteriza porque los rendimientos de materia seca por hectárea y contenido de grano son bajos,

In México, maize for silage production shows low values for dry matter production and grain content and high fiber content which affect digestibility

Recibido el 13 de noviembre de 2003 y aceptado para su publicación el 1º de junio de 2004.

a Campo experimental «La Laguna», Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Boulevard J. Santos Valdez N° 1200 Matamoros Coahuila forraje@halcon.laguna.ual.mx. Correspondencia al primer autor.

b Campo experimental «Pabellón de Arteaga» Ags. INIFAP.

y por contenidos altos de fibra que ocasionan que la digestibilidad y la energía del forraje sean bajos. La situación se debe en parte al empleo de híbridos considerados como «forrajeros», por su porte alto y gran capacidad para producir follaje, así como a un manejo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea⁽¹⁾.

Actualmente se están realizando estudios con objeto de revertir la situación mencionada. En la Región Lagunera, se ha encontrado que existen variaciones importantes en producción de materia seca por hectárea y en calidad nutricional entre híbridos de maíz para forraje⁽¹⁾. La producción de materia seca por hectárea se ha relacionado positivamente con los días a la cosecha ($r=0.89$) y la altura de las plantas ($r=0.77$), y negativamente con el porcentaje de mazorca ($r=-0.75$). Por otra parte, el valor energético del maíz forrajero puede estar asociado negativamente con las concentraciones de fracciones fibrosas ($r=-0.92$) y positivamente con el porcentaje de mazorca ($r=0.83$). Además, la producción de materia seca por hectárea se puede asociar negativamente con la digestibilidad *in vitro* ($r=-0.66$) y la energía neta de lactancia ($r=-0.70$).

La información anterior es consistente con otros estudios que también indican que el contenido de grano, es una de las características principales de los híbridos de maíz asociadas con el valor energético del forraje^(2,3,4); sin embargo, las características nutritivas de hojas y tallos también pueden contribuir a la variabilidad en la digestibilidad de híbridos de maíz^(5,6).

En México, otro factor que puede ocasionar que los rendimientos de materia seca por hectárea y calidad nutricional sean bajos, es la cosecha del maíz forrajero en estado temprano de madurez (lechoso-masoso o masoso). Algunos autores⁽⁷⁾ emplearon el avance de la línea de leche en el grano como criterio para monitorear el desarrollo de la madurez del maíz forrajero. Otras investigaciones⁽⁸⁾ reportaron que la mayor producción de materia seca por hectárea se obtuvo cuando el grano del maíz presentó un avance de 1/2 de la línea de leche y la máxima digestibilidad *in vitro* cuando el grano estuvo de estado dentado

and energy. This is due up to a point to the fact that “forage” maize hybrids being used are usually tall with high foliage production capacity and also to management practices focused to obtain a large quantity of fresh matter⁽¹⁾.

Currently, studies are being carried out to revert this situation. In the La Laguna district, large differences in dry matter production and nutritional quality have been found among different forage corn hybrids⁽¹⁾. Dry matter production has been related positively to days to harvest ($r=0.89$) and plant height ($r=0.77$) and negatively to ear percentage ($r=-0.75$). On the other hand, energy content in maize could show a negative association with fiber content ($r=-0.92$) and positively to ear content ($r=0.83$). Besides, dry matter production shows a negative association to *in vitro* digestibility ($r=-0.66$) and net lactation energy ($r=-0.70$).

These data are consistent with those reported in other studies which corroborate that grain content is one of the main characteristics of maize hybrids associated to forage energy content^(2,3,4). However, nutritive characteristics of leaves and stems can contribute to digestibility variability of maize hybrids^(5,6).

In México, another factor which could be the cause for low dry matter yield per hectare and nutritional quality is harvesting forage maize at an early stage (milkline-dough or dough). Some authors⁽⁷⁾ used milkline progress as a criteria for monitoring forage maize maturity. Other studies report a higher dry matter per hectare yield with 1/2 milkline and maximum *in vitro* digestibility in dent stage at 3/4 milkline. Yet other studies mention that harvest at 1/3 milkline produced the higher dry matter per hectare yield and *in vitro* digestibility. All this suggests that it should be possible to increase production and nutritional quality in forage maize in México if harvested at a later stage of maturity than now. In the La Laguna district, no assessments on maize hybrids x maturity for nutritional quality and yield, nor is data available on the optimal harvest point for forage maize. Due to this, the objectives of the present study were to assess hybrids x maturity interaction and to obtain data

a un avance de 3/4 de la línea de leche. Ciertas investigaciones⁽⁹⁾ indican que con la cosecha de híbridos de maíz a 1/3 de avance de la línea de leche en el grano se obtuvo la mayor producción de materia seca por hectárea y digestibilidad *in vitro*. Lo anterior sugiere que es posible aumentar la producción y calidad nutricional del forraje de maíz cambiando la cosecha del maíz a un estado de madurez más avanzado al que normalmente se realiza en México. En la Región Lagunera, no se ha evaluado la interacción de híbridos y estado de madurez en producción y calidad nutricional del forraje, ni se dispone de información para determinar el momento óptimo de cosecha del maíz forrajero. Por esta razón, los objetivos de este trabajo fueron evaluar la interacción híbridos y estados de madurez, así como obtener información para determinar cuándo cosechar híbridos de maíz de ciclo intermedio para mejorar la producción y calidad nutricional del maíz forrajero.

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna-INIFAP, en Matamoros, Coah., a 103° 14' Oeste y 25° 17' Norte. El clima es semicálido árido de acuerdo a la clasificación de Medina⁽¹⁰⁾. El suelo es de textura migajón arcillosa, con pH de 8.0, conductividad eléctrica de 0.5 mmhos/cm y porcentaje de sodio intercambiable de 3.1. Las condiciones climáticas durante el estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del campo experimental (Cuadro 1).

El experimento se sembró en suelo húmedo el 28 de abril de 1997. La fertilización fue 160-80-00 de N-P-K. La densidad de población fue alrededor de 80 mil plantas por hectárea en todos los tratamientos y los riegos de auxilio se suministraron a los 34, 51 y 71 días después de la siembra. Se incluyeron como factor A los siguientes híbridos: 1) 3002W, 2) 3028W, 3) SB-302 y 4) 3044W, los cuales tienen un ciclo similar en las condiciones de la región lagunera⁽¹⁾. El factor B consideró la cosecha de cada híbrido a las siguientes etapas de madurez: 1) grano masoso, 2) grano en 1/4 de la línea de leche y 3) grano en 1/3 de la línea de leche.

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, en arreglo de

on when to harvest intermediate maize hybrids to increase forage production and nutritional quality.

This experiment was carried out at INIFAP's La Laguna Experiment Station in Matamoros, Coahuila, México, 103° 14' W and 25° 17' N. Climate is characterized as Arid-Semi hot, in accordance with Medina's table⁽¹⁰⁾. Soil is a clay loam, 8.0 pH, 0.5 mmhos/cm conductivity and 3.1% interchangeable Na. Climate data for this study were obtained from INIFAP's La Laguna Experiment Station (Table 1) meteorological station.

The experiment's plots were seeded in moist soil on April 28, 1997. NPK fertilizer was applied at a 160-80-00 rate. Plant density was 80,000 pl/ha in all treatments and supplemental irrigation was applied at 34, 51 and 71 d after planting.

In this experiment the following hybrids were included as factor A: 1) 3002W, 2) 3028W, 3) SB-302 and 4) 3044W, which present similar maturity cycles in La Laguna⁽¹⁾. Factor B took into account harvest at the following grain maturity stages: 1) dough, 2) 1/4 milkline and 3) 1/3 milkline.

A complete randomized block design using a split plot treatment arrangement with four replications was used. Hybrids were allotted to the large plots and maturity stages to the small plots. Experiment plots consisted of four furrows 0.76 x 8.0 m, and the two central furrows 6 m in length were considered as useful.

Dry matter yield was determined through fresh forage production and dry matter percentage at

Cuadro 1. Condiciones climáticas en el Campo Experimental La Laguna durante primavera de 1997

Table 1: Meteorological data at INIFAP's La Laguna Experiment Station (Spring 1997)

Variable	April	May	June	July
High Temperature, °C	28.2	32.6	34.8	34.1
Low Temperature, °C	9.5	16.1	19.1	20.9
Rainfall, mm	0.0	11.3	64.4	33.0

parcelas divididas. Los híbridos se asignaron a las parcelas mayores y los estados de madurez a las parcelas menores. Las parcelas experimentales consistieron de cuatro surcos de 0.76 x 8.0 m, considerándose los dos surcos centrales y 6 m de largo como parcela útil.

El rendimiento de materia seca por hectárea se determinó a partir de la producción de forraje en verde y el porcentaje de materia seca a la cosecha, el cual se obtuvo de muestras representativas de cada parcela, secadas a 100 °C en una estufa de aire forzado. El porcentaje de mazorca se determinó de una muestra de cinco plantas representativas de cada parcela experimental. La concentración de proteína cruda (PC) se determinó con el procedimiento de la AOAC⁽¹¹⁾. La fibra detergente neutro (FDN), y la digestibilidad *in vitro* se determinaron mediante las técnicas descritas por Goering y Van Soest⁽¹²⁾.

La determinación del estado de madurez se efectuó subjetivamente de manera visual tomando cinco plantas al azar y observando el estado del grano (masoso, 1/4 y 1/3 de avance de la línea de leche) para cada uno de los híbridos. La línea de leche es la división entre la parte líquida y vidriosa en el grano. Las unidades calor acumuladas diariamente de la siembra a la cosecha se registraron mediante el método residual, considerando las temperaturas máxima y mínima: cuando la temperatura máxima fue mayor de 30 °C se igualó a 30 °C, la temperatura base se consideró a 10 °C⁽¹³⁾.

Los análisis estadísticos para rendimiento de materia verde y materia seca por hectárea, porcentaje de materia seca y mazorca, se efectuaron siguiendo los procedimientos de análisis de varianza y separación de medias mediante la diferencia mínima significativa⁽¹⁴⁾. La relación entre variables se evaluó mediante análisis de correlación, así como de regresión simple y múltiple⁽¹⁵⁾.

No se observaron interacciones ($P > 0.05$) entre híbridos y estado de madurez para producción de forraje verde y forraje seco por hectárea, contenido de materia seca, fibra detergente neutro y digestibilidad *in vitro*; por lo tanto, las comparaciones de medias

harvest obtained from representative samples from each plot, dried at 100 °C in a forced air stove. Ear percentage was determined from a representative five plant sample in each plot. Crude protein content (PC) was determined by means of the AOAC procedure⁽¹¹⁾. Neutral detergent fiber and *in vitro* digestibility were determined through the techniques described by Goering and van Soest⁽¹²⁾.

Stage of maturity was determined visually and subjectively in five plants selected at random (dough, 1/3 and 1/4 milkline) for each hybrid. Milkline is the dividing line between the liquid and vitreous fractions inside the kernel. Accumulated daily Heat units from planting to harvest were recorded and determined through the residual method, taking into account maximum and minimum temperatures. All higher temperatures of 30 °C were considered as 30 °C. Ten (10 °C) was considered as base temperature⁽¹³⁾.

Statistical analyses for all factors considered were carried out following variance analyses and minimum significant difference mean separation⁽¹⁴⁾. Relationship between variables was assessed through correlation analysis, as well as through simple and multiple regression⁽¹⁵⁾.

No interactions ($P > 0.05$) between hybrids and maturity stage were observed for fresh and dry forage production, dry matter content, neutral detergent fiber and *in vitro* digestibility. Therefore, comparisons between averages and discussion for the main effects (hybrids and maturity stages) are shown.

In relation to hybrid effect, average fresh and dry forage production of the four maize hybrids for the three maturity stages were 57.8 ± 2.7 t ha⁻¹ and 20 ± 0.9 t ha⁻¹, respectively (Table 2). No difference was observed for any of these variables among hybrids ($P > 0.05$). Dry matter content to harvest was 35 ± 1.3 % being similar among hybrids ($P > 0.05$). Hybrids 3044W and SB-302 had higher ear content with 46.9 and 41.2 % compared to 36.2 and 38.6 % for the other hybrids ($P > 0.05$). In relation to nutritional quality, all

Cuadro 2. Producción de forraje verde, seco y calidad nutricional promedio de tres estados de madurez de cuatro híbridos de maíz

Table 2. Average fresh and dry forage production and nutritional quality of four maize hybrids for three maturity stages

	Maize hybrids				Standard error
	SB-302	3044W	3002W	3028W	
Fresh matter, t ha ⁻¹	54.3 a	57.0 a	59.6 a	60.2 a	7.1
Dry matter, t ha ⁻¹	19.2 a	21.1 a	20.2 a	21.2 a	2.0
Dry matter, %	35.4 a	37.0 a	33.9 a	35.2 a	2.1
Ear, %	41.2 b	46.9 a	36.2 c	38.6 cb	4.8
Crude protein, %	8.6 a	8.5 a	9.2 a	8.7 a	0.5
Neutral detergent fiber, %	59.1 a	57.1 a	56.2 a	56.9 a	2.1
<i>In vitro</i> digestibility, %	67.7 a	67.7 a	68.1 a	66.4 a	1.7

abc Different letters show a significant difference ($P < 0.05$).

y discusión se presentan para los efectos principales (híbridos y estados de madurez).

En relación al efecto de híbridos, en promedio de los tres estados de madurez, su producción de forraje verde y seco fueron 57.8 ± 2.7 t/ha y 20 ± 0.9 t/ha, respectivamente (Cuadro 2). No se observaron diferencias en ninguna de estas variables entre los híbridos evaluados ($P > 0.05$). El contenido de materia seca a la cosecha fue de 35.4 ± 1.3 % siendo similar entre híbridos ($P > 0.05$). Los híbridos 3044W y SB-302 tuvieron mayores porcentajes de mazorca con 46.9 y 41.2 % en comparación a 36.2 y 38.6 % de los otros híbridos ($P < 0.05$). Respecto a la calidad nutricional, todos los híbridos tuvieron concentraciones similares de proteína cruda 8.7 ± 0.3 %, fibra detergente neutro 57.3 ± 1.2 % y digestibilidad *in vitro* 67.5 ± 0.7 % ($P > 0.05$).

Los resultados del presente estudio indican una respuesta similar de los híbridos en producción y calidad nutricional del forraje al estado de madurez a la cosecha, y son consistentes con los reportados por otros autores⁽⁹⁾, quienes tampoco encontraron interacciones entre híbridos y estados de madurez a cosecha para forraje en rendimiento de materia seca por hectárea, concentración de proteína cruda y digestibilidad *in vitro*.

Respecto al efecto del estado de madurez, la producción de forraje verde por hectárea disminuyó

híbridos had similar crude protein concentrations 8.7 ± 0.3 %, neutral detergent fiber 57.6 ± 1.2 % and *in vitro* digestibility 67.5 ± 0.7 % ($P > 0.05$).

All hybrids had a similar response in forage production and quality to stage of maturity at harvest. These results are consistent to reports from other authors⁽⁹⁾, who did not find hybrid x stage of maturity interaction for forage production, crude protein content and *in vitro* digestibility.

In relation to stage of maturity, average fresh forage production decreased from 71.3 to 57.1 and 45.1 t ha⁻¹ ($P < 0.05$) for dough, 1/4 and 1/3 milkline maturity stages, respectively, but dry forage production per hectare was similar (20.9 ± 0.9 t ha⁻¹) for the three maturity stages (Table 3). Ear percentage was higher at 1/4 and 1/3 milkline (42.3 and 44.7 %) than at dough maturity (35.2 %)($P < 0.05$).

No differences in crude protein content (8.7 ± 0.2) among maturity stages, but neutral detergent fiber content was lower (56.9 and 54.9 %) and *in vitro* digestibility (68.4 and 68.9 %) was higher at 1/4 and 1/3 milkline maturity than at the dough stage ($P < 0.05$).

Harvest was carried out at 93 ± 1.7 , 99 ± 0.6 and 103 ± 2.7 d after planting depending on each hybrid. On average, $1,319 \pm 25.8$, $1,402 \pm 11.8$ and $1,470 \pm 8.4$ Heat units, respectively

Cuadro 3. Producción de forraje verde y seco y valor nutritivo a tres estados de madurez de cuatro híbridos de maíz
 Table 3. Average fresh and dry forage production and nutritional quality for three maturity stages in four maize hybrids

	Dough	1/4 Milkline	1/3 Milkline	Standard error
Fresh matter, t ha ⁻¹	71.3 a	57.1 b	45.1 c	4.6
Dry matter, t ha ⁻¹	19.6 a	20.2 a	19.5 a	2.1
Dry matter, %	27.5 c	35.4 b	43.2 a	1.6
Ear, %	35.2 b	42.3 a	44.7 a	3.9
Crude protein, %	8.8 a	8.9 a	8.4 a	0.4
Neutral detergent fiber, %	60.2 a	56.9 b	54.9 b	2.4
<i>In vitro</i> digestibility, %	65.1 b	68.4 a	68.9 a	1.7

abc Different letters show a significant difference ($P<0.05$).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre producción de forraje, características agronómicas, químicas y digestibilidad *in vitro*

Table 4. Correlation coefficients between forage production, agronomic and chemical characteristics and *in vitro* digestibility

	Days	HU	FF	DFY	DMC	PMZ	CP	NDF	IVD
Days	-								
HU	0.69**	-							
FF	-0.64*	-0.87**	-						
DFY	0.20	-0.10	-0.04	-					
DMC	0.66*	0.82**	-0.94**	0.28	-				
PMZ	0.31	0.58*	-0.74**	0.02	0.80**	-			
CP	0.18	-0.11	0.31	-0.27	-0.41	-0.48	-		
NDF	-0.73**	-0.80**	0.81**	0.01	-0.76**	-0.56	-0.10	-	
IVD	0.65*	0.84**	-0.76**	-0.04	0.71*	0.55	-0.05	-0.76**	-

UC=Heat units, FF=fresh forage, DFY=dry forage yield; DMC=dry matter content (%); PMZ=ear (%); CP=crude protein content (%); NDF= Neutral detergent fiber; IVD= *in vitro* digestibility.

* ($P<0.05$); ** ($P<0.01$).

de 71.3 a 57.1 y 45.1 t/ha ($P<0.05$) para los estados masoso, avance de 1/4 y 1/3 de la línea de leche en el grano a la cosecha ($P<0.05$). El contenido de materia seca aumentó de 27.5 a 35.4 y 43.2 % para los estados masoso, avance de 1/4 y 1/3 de la línea de leche en el grano a la cosecha, respectivamente ($P<0.05$) pero la producción de forraje seco por hectárea fue similar (20 ± 0.9 t/ha) para los tres estados de madurez evaluados (Cuadro 3). En los estados de madurez de 1/4 y 1/3 de avance de la línea de leche en el grano, el porcentaje de mazorca fue mayor con 42.3 y

corresponded to dough, 1/4 and 1/3 milkline maturity stages.

Days and Heat units to harvest showed a negative correlation as maturity advanced ($P<0.05$) with fresh forage production and positively with dry matter content (Table 4). Dry matter increase is due to loss of moisture in plants as they mature and also to their higher grain content, grain having less water content than either leaves or stems. Studies carried out in maize indicate that leaves and stem production stops before that of grain, and

44.7 % que en estado de grano masoso que tuvo 35.2 % ($P < 0.05$).

No hubo diferencias en las concentraciones de proteína cruda (8.7 ± 0.2) entre estados de madurez, pero las concentraciones de fibra detergente neutro fueron menores con 56.9 y 54.9 % y la digestibilidad *in vitro* mayores con 68.4 y 68.9 % para los estados de madurez de 1/4 y 1/3 de avance de la línea de leche en el grano, en comparación al estado masoso del grano que tuvo 60.20 y 65.1 % ($P < 0.05$).

La cosecha se efectuó a los 93 ± 1.7 , 99 ± 0.6 y 103 ± 2.7 días después de la siembra dependiendo de cada híbrido. En promedio correspondieron a 1319 ± 25.8 , 1402 ± 11.8 y 1470 ± 8.4 unidades calor para los estados masoso, 1/4 de la línea de leche y 1/3 de la línea de leche, respectivamente.

Los días o unidades calor a cosecha al avanzar el estado de madurez se correlacionaron negativamente ($P < 0.05$) con la producción de forraje verde y positivamente con el contenido de materia seca (Cuadro 4). El aumento en el contenido de materia seca se debe tanto a la pérdida de humedad de las plantas al avanzar el estado de madurez, así como al mayor contenido de grano, ya que éste contiene menor humedad respecto a hojas y tallos. Estudios en maíz indican que la producción de hojas y tallos se detiene primero que la producción de grano, por lo cual el porcentaje de mazorca (contenido de grano) aumenta con el avance del estado de madurez⁽¹⁷⁾.

No se observó correlación entre los días o unidades calor a cosecha con la producción de forraje seco por hectárea para los estados de madurez estudiados en este experimento. En contraste, algunos autores reportaron que las máximas producciones de materia seca por hectárea en maíz se obtuvieron cuando la cosecha se alargó hasta que se tuvo un avance de 1/2 de la línea de leche en el grano^(8,9).

Los días o unidades calor a cosecha estuvieron correlacionadas positivamente con el porcentaje de mazorca y negativamente con la concentración de fibra detergente neutro ($P < 0.05$). Existe información que el porcentaje de mazorca es importante debido

therefore, ear percentage (grain content) increases with maturity⁽¹⁷⁾.

No correlation between days and Heat units to harvest and dry forage per hectare production was observed for the maturity stages described in the present study. In contrast, some authors reported that the higher productions were obtained when harvest was delayed to 1/2 milkline^(8,9).

Days and Heat units to harvest correlated positively with ear percentage, negatively with neutral detergent fiber ($P < 0.05$). Data is available on the importance of ear percentage related to grain energy and its diluting effect on neutral detergent fiber which contains the less digestible substances. Neutral detergent fiber content increases mainly in leaves and stems and its digestibility decrease with maturity⁽¹⁷⁾. Consequently, forage maize digestibility depends on leaves and stems nutritional quality not diminishing drastically to offset an increase in grain content and nutritional value. Simple regression analyses show that *in vitro* digestibility was determined mainly by neutral detergent fiber content ($r^2 = 0.54$). Multiple regression analyses did not improve the model between *in vitro* digestibility and neutral detergent fiber and other variables.

Use of the kernel milk line to determine when to harvest maize for silage was suggested due to its correlation with total water content⁽⁷⁾. These authors report 26, 31, 35 and 39 % dry matter content for kernel dent, 1/2, 3/4 and physiological maturity stages.

Figure 1 shows the advantage of harvesting at a late maturity stage (expressed as Heat units accumulated to harvest) on forage maize *in vitro* digestibility. However, an increase in dry matter content constitutes a limiting factor for harvest at 1/3 or later kernel milkline maturity stages. To this respect, Harrison and Johnson⁽¹⁸⁾ recommend between 28 and 35 % dry matter content to promote good fermentation in the silage process. Other authors⁽⁷⁾ suggested a 35 to 40 % dry matter content for maize silage. In light of this a kernel 1/4 milkline allows forage production presenting higher *in vitro*

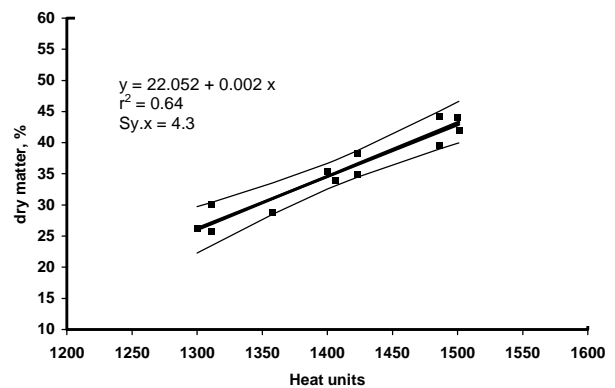
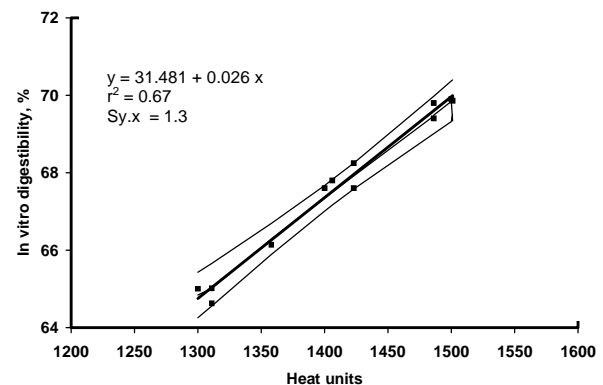
a que el grano es la parte más energética del maíz, y a que tiene un efecto de dilución de la fibra detergente neutro, la cual contiene las sustancias menos digestibles del forraje. La concentración de fibra detergente neutro aumenta principalmente en hojas y tallos y su digestibilidad disminuye al avanzar el estado de madurez⁽¹⁷⁾; como consecuencia, la digestibilidad del maíz forrajero depende de que la calidad nutricional de hojas y tallos no disminuyan tan drásticamente como para contrarrestar el aumento del contenido y valor nutricional del grano. Los análisis de regresión simple indican que la digestibilidad *in vitro* estuvo determinada principalmente por la concentración de fibra detergente neutro ($r^2=0.54$). El análisis de regresión múltiple no mejoró el modelo entre fibra detergente neutro y digestibilidad *in vitro* con ninguna otra variable estudiada.

La utilización de la línea de leche en el grano para determinar cuándo cosechar el maíz para ensilaje, fue propuesto debido a la buena relación entre el avance de la línea de leche durante la maduración del grano y el contenido de humedad de la materia total⁽⁷⁾. Estos autores reportan contenidos de materia seca de 26, 31, 35 y 39 % para los estados correspondientes a grano dentado, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y madurez fisiológica (aparición de la capa negra).

La Figura 1 muestra la ventaja de cosechar en un estado avanzado de madurez (expresado en unidades calor acumuladas a la cosecha) en la digestibilidad *in vitro* del maíz forrajero; sin embargo, el aumento del contenido de materia seca del forraje es una limitante para cosechar a estados de madurez de $\frac{1}{3}$ o más de avance de la línea de leche en el grano como se puede observar en la misma Figura. Al respecto, Harrison and Johnson⁽¹⁸⁾ recomiendan entre un 28 a 35 % de materia seca para promover una buena fermentación durante el proceso de ensilaje de maíz. Otros autores⁽⁷⁾ indicaron como contenido adecuado de materia seca de 35 a 40 % para el ensilaje de maíz; por lo tanto se considera que un estado de madurez de $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche permite la producción de forraje con mayor digestibilidad *in vitro* y un porcentaje de materia seca adecuado para una buena fermentación durante el proceso de ensilaje. Este estado de

Figura 1. Relación entre unidades calor a la cosecha (avance de la madurez) y la digestibilidad *in vitro* y contenido de materia seca de híbridos de maíz forrajero

Figure 1. Relationship between Heat units at harvest time and *in vitro* digestibility and dry matter content in forage corn hybrids



— Confidence intervals

digestibility and an adequate dry matter content for a good fermentation process. This maturity stage is earlier that what is recommended in the USA^(8,9), however this could be due to differences in climate.

As a conclusion, no interactions between hybrids and kernel maturity stages at harvest were observed in dry matter per hectare production, dry matter content, neutral detergent fiber and *in vitro* digestibility. Advances in maturity stage did not affect dry matter per hectare production but increased *in vitro* digestibility. Days to harvest and Heat units showed a positive with ear percentage

madurez del maíz forrajero es menos avanzado al que se sugiere en Estados Unidos de América^(8,9); sin embargo, se desconoce si esto se debe a diferencias en condiciones climáticas.

Se concluye que no se observaron interacciones entre híbridos y estados de madurez a la cosecha en producción de materia seca por hectárea, contenido de materia seca, fibra detergente neutro y digestibilidad *in vitro*. El avance del estado de madurez no afectó la producción de materia seca por hectárea pero se observó un aumento en la digestibilidad *in vitro* del maíz forrajero. Los días a cosecha y unidades calor estuvieron correlacionadas positivamente con el porcentaje de mazorca y negativamente con la concentración de fibra detergente neutro del maíz forrajero. La concentración de fibra detergente neutro determinó en mayor grado que otras variables la digestibilidad *in vitro* del maíz forrajero. El estado de madurez del maíz forrajero con un avance de la línea de leche de ¼ en el grano permite la producción de forraje con mayor digestibilidad *in vitro* y un porcentaje de materia seca adecuado para una buena fermentación durante el proceso de ensilaje. Las implicaciones prácticas de este trabajo son que para aumentar la digestibilidad *in vitro* del maíz forrajero, la fecha de cosecha de híbridos de ciclo intermedio se puede programar utilizando $1,402 \pm 11.8$ unidades calor acumuladas de la siembra a la cosecha (primer paso), monitoreo del grano hasta que presente un avance de 1/4 de la línea de leche (segundo paso) y verificación de que el porcentaje de materia seca sea alrededor de 35 % para proceder a la cosecha (tercer paso).

LITERATURA CITADA

- Núñez, HG, Contreras GF, Faz CR. Características agronómicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc Pecu Méx* 2003;41(1):37-48.
- Allen M, O'Neil KA, Main DG, Beck J. Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage. *J Dairy Sci* 1991;74(Supl 1):221.
- Chalupa W. Requerimientos de forrajes de vacas lecheras. Primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. LALA. 1995:19-28.
- Ferret A, Gasa J, Plaixats J, Casañas F, Bosh L, Nuez F. Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages and a negative correlation with neutral detergent fiber content. The neutral detergent fiber content determined to a greater degree than other variables *in vitro* digestibility. The kernel ¼ milkline maturity stage allows for a higher *in vitro* digestibility and an adequate dry matter content for a good silage fermentation process. This implies for practical purposes that to obtain an increase in *in vitro* digestibility, the harvest date could be set by programming at $1,402 \pm 11.8$ accumulated Heat units (first step), monitoring kernel maturity till it reaches the ¼ milkline stage (second step) and ensuring a 35 % dry matter content (third step).

End of english version

given to sheep from morphological and chemical composition, *in vitro* digestibility or rumen degradation characteristics. *J Agric Sci* 1997;64:493-602.

- Lundvall JP, Buxton DR, Hallauer AR, George JR. Forage quality variation among maize inbreds: *In vitro* digestibility and cell walls components. *Crop Sci* 1994;34:1672-1678.
- Wolf DP, Coors JG, Albrecht KA, Undersander DJ, Carter PR. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci* 1993;33:1353-1359.
- Crookston RK, Kurle JE. Using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage. *J Prod Agric* 1988;1:293-295.
- Wiersma DW, Carter PR, Albrecht KA, Coors JG. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J Prod Agric* 1993;6:94-99.
- Xu S, Harrison J, Kezar W, Entrikin N, Loney KA, Riley RE. Evaluation of yield, quality and plant composition of early maturing corn hybrids harvested at three stages of maturity. *Animal Vet Sci* 1995;157-164.
- Medina GG, Ruíz CJA, Martínez PRA. Los climas de México. Libro Técnico N° 1 INIFAP-SAGAR. México; 1998.
- AOAC. Official methods of analyses 14th ed. Washington, D.C. USA: Association of Official Analytical Chemists. 1984.
- Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook No. 379; 1970.
- Villalpando IJF, Ruíz CJA. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Primera ed. México; Editorial Limusa; 1993.
- Steel RD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Co; 1980.
- Netter J, Wasserman W, Kutner M. Applied linear regression models. 2nd ed. Homewood IL: Irwin Inc; 1989.
- Eck VH. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy J* 1986;1035-1040.

17. Johnson L, Harrison JH, Hunt H, Shinnors K, Doggett CG, Sapienza D. Nutritive value of corn silage as affected by maturity. *J Dairy Sci* 1999;82:2813-2825.
18. Harrison JH, Johnson L. Factores que afectan el valor nutritivo del ensilaje de maíz. IV Conferencias internacionales sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. LALA. 1998;54-65.