

## FORRAJE Y GRANO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AMARILLOS PARA VALLES ALTOS DE MÉXICO<sup>1</sup>

Margarita Tadeo-Robledo<sup>2</sup>, Alejandro Espinosa-Calderón<sup>3</sup>, Job Zaragoza-Esparza<sup>2</sup>, Antonio Turrent-Fernández<sup>3</sup>,  
Mauro Sierra-Macías<sup>4</sup>, Noel Gómez-Montiel<sup>5</sup>

### RESUMEN

**Forraje y grano de híbridos de maíz amarillos para valles altos de México.** El objetivo de este trabajo fue determinar la producción de grano y de forraje en híbridos trilineales amarillos. Se establecieron en el año 2009 tres experimentos, comparando híbridos trilineales amarillos con híbridos comerciales blancos y el híbrido Búho de Asgrow; dos experimentos en el Campo Experimental de Valle de México del INIFAP, donde se evaluó la productividad de grano y otro en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, para evaluación de forraje a una densidad de 70 000 plantas/ha. El análisis combinado para rendimiento detectó diferencias altamente significativas para híbridos, sitios y la interacción híbridos x sitios. El coeficiente de variación fue de 17,7% y la media general de 7113 kg/ha. La comparación de medias ubicó en el primer grupo de significancia a los híbridos de grano blanco comerciales Puma 1167 y Puma 1163 con 9549 kg/ha y 8748 kg/ha, respectivamente. Los híbridos amarillos 501X497 y 501X555 fueron superiores 36,0% y 12,4% con respecto a H-48 y el híbrido testigo. Búho presentó similar rendimiento en materia verde, que Puma 1163 y fue superior ( $P<0,05$ ) a los otros híbridos evaluados. El híbrido Puma 1163 por su buen rendimiento de grano, materia verde y materia seca se sugiere validarlo a nivel comercial en doble propósito.

**Palabras clave:** ensilado, *Zea mays* L., productividad, variedades mejoradas.

### ABSTRACT

**Forage and grain of yellow maize hybrids for Mexico high valleys.** In this work the objective was to determine the productivity of grain and forage of five yellow three-way hybrids compared to white hybrids developed by FESC-UNAM and INIFAP, and the commercial hybrid Buho from Asgrow. Three experiments were planted during 2009; two in CEVAMEX for evaluating grain yield and the other in the FESC-UNAM for evaluating forage production. For yield, the combined analysis detected highly significant differences for hybrids, hybrid trials and interaction x trials ( $P\leq 0.01$ ). The coefficient of variation was 17.7 per cent and the overall average of 7,113 kg/ha. The white hybrids Puma 1167 and Puma 1163 had the best grain yielding 9,549 kg/ha and 8748 kg/ha, respectively. In contrast, the yellow hybrids had a similar performance shown in previous years and represent 136.0% and 112.4% with respect to H-48. The experiment to evaluate forage was planted with a density of 70,000 plants/ha. Puma 1163 and Buho had better forage production ( $P\leq 0.05$ ) than the other hybrids evaluated. Hybrid Puma 1163 presented good yields of grain, green forage and dry matter by what could be used in dual purpose, grain and forage production.

**Key words:** silage, *Zea mays* L., productivity, improved varieties.

<sup>1</sup> Recibido: 10 de enero, 2012. Aceptado: 10 de octubre, 2012. Este trabajo es parte del Proyecto de Investigación PAPIIT: IT201312-3, UNAM, México, bajo la coordinación de la autora principal.

<sup>2</sup> Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, FESC-UNAM. México. Carretera Cuautitlán – Teoloyucán, Km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C.P. 54714, Teléfono y Fax: (55) 56231971. tadeorobledo@yahoo.com; jzaragoza4@msn.com

<sup>3</sup> Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 13.5 Carretera Los Reyes – Texcoco. C.P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, México. Tel. (595) 92 1 26 57 y 595 92 1 27 26 extensiones: 201 y 204. espinoale@yahoo.com.mx (Autor para correspondencia); aturrent37@yahoo.com.mx

<sup>4</sup> Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). mauro\_s55@hotmail.com

<sup>5</sup> Campo Experimental Iguala, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). noelorando19@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

En México se requiere incrementar la producción de maíz amarillo para subsanar la demanda y evitar la importación de diez millones de toneladas de grano (Espinosa *et al.* 2008a, Espinosa *et al.* 2008b, Espinosa *et al.* 2008c). La demanda en el último año, 2010, de maíz amarillo para fines industriales fue de 12,6 millones de toneladas de las cuales 2,2 millones fueron destinadas a la fabricación de almidón y sus derivados, 0,4 para la elaboración de cereales y botanas, 3,9 para el sector pecuario de plantas integradas, 2,2 para el de plantas independientes, 3,9 para otros consumos del sector agropecuario (lo que se importa como maíz quebrado).

Con la fuerte demanda para el uso de maíz en la elaboración de etanol en los EE. UU., el precio internacional se mantendrá elevado y muy probablemente se incrementará de manera considerable (Espinosa *et al.* 2009a, Espinosa *et al.* 2009b, Espinosa *et al.* 2009c). El uso de semilla mejorada es un elemento clave en muchos países en desarrollo, para alcanzar niveles competitivos y elevar la producción (Espinosa *et al.* 2008a, Espinosa *et al.* 2008b, Espinosa *et al.* 2008c).

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC UNAM), se han generado variedades de maíz de grano amarillo y de ciclo precoz (Tadeo 2004, Tadeo *et al.* 2005, Tadeo *et al.* 2006, Tadeo *et al.* 2007). En forma similar en el INIFAP los últimos años se promueven tres variedades de grano amarillo de ciclo precoz denominadas V-53 A, V-54 A, V-55 A, de las cuales, **las últimas dos fueron liberadas comercialmente**, durante el año 2009. Estas variedades muestran rendimientos competitivos en siembras que se establecen en fechas tardías en el secano (Espinosa *et al.* 2009a, Espinosa *et al.* 2009b, Espinosa *et al.* 2009c), no obstante y debido a la demanda de maíces de mayor potencial productivo, se siguen evaluando híbridos de maíz amarillo que se adapten a Valles Altos bajo condiciones de humedad residual, así como a siembras que se establecen con riego de auxilio y después con las lluvias de secano, o bien a lluvias de buen secano (buen temporal), estos híbridos se requiere que sean de ciclo intermedio y tardío y que presenten rendimientos superiores.

En los Valles Altos se utilizan una gran cantidad de variedades e híbridos de maíz para ensilar, sin embargo estas variedades mejoradas fueron generadas

para producir grano, posteriormente son evaluadas para verificar con base en su potencial si es factible utilizarse con fines de ensilado. La elección de variedades para producción de forraje y ensilado se basa en el porte alto de planta y gran capacidad para producir follaje, así como el manejo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea (Nuñez *et al.* 2001, Nuñez *et al.* 2005, Peña *et al.* 2006a, Peña *et al.* 2006b, Tadeo *et al.* 2007, González *et al.* 2008).

Se considera necesario encontrar las variedades más adecuadas, que presenten un alto rendimiento de grano y además pudiesen expresar productividad y una alta calidad de forraje (Arreola *et al.* 1996, Nuñez *et al.* 2001, Nuñez *et al.* 2005, Sánchez *et al.* 2011). En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México se evalúan diversos híbridos amarillos de ciclo intermedio para siembras tempranas, algunos de los cuales han expresado buen rendimiento de forraje. A partir de un grupo sobresaliente de híbridos trilineales que destacaron en años anteriores, se decidió compararlos con híbridos comerciales blancos de ciclo intermedio, para definir sus probables ventajas en su uso forrajero y/o de doble propósito (Arreola *et al.* 1996, Enríquez y Tovar 2004).

En este trabajo se estableció como objetivo determinar la productividad de grano y forraje para ensilado de híbridos trilineales de maíz de grano amarillo, en comparación con testigos comerciales de grano blanco de la FESC-UNAM y de INIFAP; así como el híbrido Búho de Asgrow.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Santa Lucía de Prias, Coatlinchán, Municipio de Texcoco, Estado de México y en el Rancho Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en los 99° 11' 42" LW y 19° 41' 35" LN, y una altitud de 2274 msnm. De acuerdo a la clasificación de Köpen modificada por García (2004), el clima de Cuautitlán se clasifica como  $C_{(w_0)}(w)b(i'')$ . La precipitación anual promedio histórico es de 609,2 mm (García 2004).

Se establecieron dos experimentos, en Santa Lucía de Prias, Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), uno el 18 de junio y el otro el 7 de julio de 2009, así como un tercero en la FESC-UNAM en la segunda semana de junio de 2009. Los dos experimentos de Santa Lucía de Prias se destinaron para evaluar la producción de grano, en cambio el experimento de la FESC-UNAM, se utilizó para evaluar la producción de forraje.

Se evaluaron doce híbridos, cinco de ellos de grano amarillo, siete de grano blanco de procedencia de la FESC-UNAM, INIFAP y un testigo comercial de Asgrow (Cuadro 1). En los tres experimentos la densidad de población fue de 70 000 plantas/ha, la parcela experimental constó de un surco de 5 m de largo por 80 cm de ancho, dando un total de 4 m<sup>2</sup> como parcela útil. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se aplicó un riego en la siembra y posteriormente se aplicaron dos riegos de auxilio, para los experimentos de CEVAMEX, en la FESC-UNAM, sólo se dio un riego en la siembra y en el resto del ciclo se cubrió con la humedad de precipitación pluvial.

Para controlar las malezas, se aplicaron en fase de postemergencia Atrazina con 2 kg/ha y 2-4 D amina con 2 l/ha. La toma de muestras para evaluar forraje se realizó en la segunda quincena de septiembre del 2009, y la cosecha se realizó en la última semana de noviembre del 2009 en los dos casos.

En los dos ensayos de CEVAMEX, se evaluaron las variables: días a floración masculina, tomada cuando el 50% de las plantas de la parcela liberaban polen, días a floración femenina, cuando el 50% de las plantas, en la parcela habían expuesto los estigmas, en por lo menos tres centímetros, altura de planta, tomada en cinco plantas de la base del tallo al nudo de inserción de la espiga; altura de mazorca de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior. Los datos de las variables hileras por mazorca, longitud de mazorca, granos por hilera, se tomaron de cinco mazorcas, obteniéndose al final un promedio. Los datos correspondientes a humedad de grano, fueron obtenidos a través de un determinador de humedad eléctrico tipo Stenlite, en el caso del porcentaje de grano/olote, este dato se obtuvo al desgranar cinco mazorcas recién cosechadas y definir el cociente de peso de grano entre peso de grano más olotes; los datos de las diversas variables fueron analizados considerando los factores de variación ensayo, híbrido, así como la interacción ensayo x híbrido, con base en el Statistical Analysis Systems (SAS Institute Inc. 1996).

Para calcular el rendimiento de grano se aplicó la fórmula siguiente (Espinosa *et al.* 2010):

$$\text{Rendimiento} = (\text{PC} \times \% \text{MS} \times \% \text{G}) \times \text{FC} / 8600$$

**Cuadro 1.** Híbridos de maíz de grano amarillo y blanco de ciclo intermedio utilizados en la evaluación de producción de grano y forraje en Valles Altos de México. México. Ciclo primavera – verano 2009.

Híbrido	Tipo de híbrido	Color de grano	Procedencia	Condición de recomendación
Puma 1167	Trilineal fértil	Blanco	FESC-UNAM	Riego
Puma 1163	Trilineal fértil	Blanco	FESC-UNAM	Riego
P 1181 AE	Trilineal androestéril	Blanco	FESC-UNAM	Riego
Puma 1075	Trilineal fértil	Blanco	FESC-UNAM	Temporal
501 x 497	Trilineal fértil	Amarillo	INIFAP-UNAM	Riego
501 x 555	Trilineal fértil	Amarillo	INIFAP-UNAM	Riego
504 x 408	Trilineal fértil	Amarillo	INIFAP-UNAM	Riego
501 x 410	Trilineal fértil	Amarillo	INIFAP-UNAM	Riego
501 x 554	Trilineal fértil	Amarillo	INIFAP-UNAM	Riego
H-48	Trilineal fértil	Blanco	INIFAP	Temporal
H-51 AE	Trilineal androestéril	Blanco	INIFAP	Temporal
Búho	Trilineal fértil	Blanco	ASGROW	Riego

en donde:

PC = peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en kilogramos.

% MS = por ciento de materia seca de la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas.

% G = por ciento de grano

FC = Factor de conversión para obtener el rendimiento por ha que se obtiene al dividir  $10000 M^2 /$  el tamaño de la parcela útil en  $M^2$ .

8600 = valor constante que permite estimar el rendimiento con una humedad al 14%, que se usa para el grano en forma comercial.

Para producción de forraje en la FESC-UNAM, se evaluaron las variables rendimiento de materia verde y seca, porcentaje de materia seca y de mazorca, altura de planta, porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los dos experimentos de CEVAMEX, para evaluar la capacidad productiva de grano, el análisis combinado para rendimiento detectó diferencias altamente significativas para genotipos, sitios, así como la interacción genotipos x sitios. El coeficiente de variación fue de 17,8% y la media general de 7113 kg/ha (Cuadro 2).

El análisis combinado detectó diferencias altamente significativas para genotipos en las variables altura y longitud de mazorca; para ensayos en las variables días a floración masculina y femenina, altura de planta, hileras por mazorca, granos por hilera, porcentaje de materia seca. Hubo diferencias significativas para la variable altura de mazorca; en cambio para la interacción híbrido x ensayo en ningún caso, exceptuando rendimiento se detectaron diferencias significativas.

El rendimiento medio del ensayo establecido el 18 de junio fue 8335 kg/ha, diferente estadísticamente con el rendimiento medio de la segunda fecha de siembra (7 de julio 2009), la cual presentó un rendimiento medio de 5892 kg/ha. En ambos casos, los diferentes materiales en estudio, lograron llegar a la madurez fisiológica, debido a que no ocurrieron heladas tempranas y hubo tiempo suficiente y humedad para que terminaran su ciclo vegetativo, sin embargo la expresión de rendimiento se vio afectada en la siembra tardía, lo que separó significativamente a uno y otro ensayo en la comparación de medias (Cuadro 2).

En las otras variables, a excepción de longitud de mazorca y porcentaje de grano, en el resto de variables evaluadas la expresión de fecha de siembra del 18 de junio de 2009, fue superior a los valores obtenidos en el experimento establecido el 7 de julio de 2009, lo cual se explica al considerarse mejor fecha de siembra el 18 de junio de 2009 (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Comparación de medias para ensayos en variables evaluadas considerando la media productiva de doce híbridos de grano amarillo y blanco de ciclo intermedio. Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), México. Primavera – verano 2009.

Experimento	Rend. (kg/ha)	DFM	DFF	AP (cm)	AM (cm)	HM (cm)	LM (cm)	GH	MS (%)	G (%)
CEVAMEX 7	8335 a*	82 a	84 a	244 a	102 a	15 a	15,5 a	31,0 a	88,0 b	83,9 a
CEVAMEX 14	5892 b	74 b	77 b	192 b	96 b	12 b	15,2 a	23,8 b	89,4 a	83,6 a
D.S.H. (0,05)	515	4	4	15	6	1	0,5	1,5	0,2	1,0

\*Las medias con la misma letra estadísticamente en el sentido de las columnas, no tienen diferencia significativa (Tukey al 0,05 de significancia).

DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; LM: longitud de mazorca; HM: hileras por mazorca; GH: granos por hilera; %MS: porcentaje de materia seca; %G: porcentaje de grano/olote. CEVAMEX 7: Fecha de siembra 18 junio 2009; CEVAMEX 14: Fecha de siembra 7 de julio de 2009.

D.S.H.: diferencia significativa honesta (corresponde a la diferencia mínima significativa de la Prueba de Tukey).

Los rendimientos se obtuvieron bajo una densidad de población de 70 000 plantas/ha, que corresponde a siembras con riego de auxilio, denominada punta de riego y riego completo, sería importante definir la influencia al utilizar diferentes densidades de población mayor en estos híbridos (Elizondo y Boschini 2001, Elizondo y Boschini 2002), para identificar genotipos tolerantes y genotipos sensibles a densidades de plantas más elevadas, y con ello definir materiales que produzcan en forma óptima para fines de forraje, como lo señalan otros estudios (Pinter *et al.* 1994, Amador y Boschini 2000, Reta *et al.* 2002, Soto *et al.* 2002, Peña *et al.* 2006a, Sánchez *et al.* 2011).

La comparación de medias para el factor de variación híbridos, en la variable rendimiento se definieron cuatro grupos de significancia, en el grupo superior en rendimiento se ubicaron los híbridos de grano blanco comerciales Puma 1167 y Puma 1163 con 9,549 kg/ha y 8748 kg/ha, respectivamente, ambos desarrollados por la FESC-UNAM, en seguida se ubicaron los híbridos de grano amarillo 501X497 y 501X555 con 8749 kg/ha y 7729kg/ha, respectivamente (Cuadro 3), los cuales fueron seleccionados después de varios años de evaluaciones de un grupo mayor de maíces amarillos, con la intención de definir los mejores maíces de grano amarillo y ciclo intermedio, estos dos híbridos, representan una buena alternativa ya que en los Valles Altos, no se cuenta con maíces de grano amarillo de ciclo intermedio, aún cuando hay demanda de semilla de este tipo de variedades, al final de este grupo superior, se colocó el híbrido de grano blanco Puma 1181 AE, el cual durante varios años ha destacado por su rendimiento de grano en diferentes ensayos (Tadeo *et al.* 2007). Con base en el objetivo de este trabajo de determinar la productividad de los híbridos amarillos contra híbridos comerciales blancos, al ubicarse dos híbridos de grano amarillo en el primer grupo estadístico de significancia, con rendimientos similares, aún cuando numéricamente ocuparon los lugares tercero y cuarto, el comportamiento es aceptable dada la limitante de variedades de grano amarillo.

El rendimiento expresado en ambos experimentos por los híbridos amarillos 501X497 y 501X555, es similar, con el mostrado en años anteriores, la media de estos representó un incremento en la producción de 36% y 12,4% tomando como referencia el híbrido H-48, el cual, si bien es de grano blanco, ya que no hay híbridos comerciales de grano amarillo, es uno de

los maíces de mayor uso en los Valles Altos (González *et al.* 2008). Lo anterior indica que los dos híbridos de grano amarillo, 501X497 y 501X555, podrían tener perspectivas de uso comercial. Aún cuando las fechas empleadas en los dos experimentos fueron tardías, la media de rendimiento de los híbridos ubicados en los primeros lugares fueron aceptables, considerando que superan a los híbridos referentes, utilizados como testigos, como fueron H-48 y Búho, ya que son maíces en uso comercial, lo anterior señala que hay variabilidad y opciones entre los híbridos evaluados (Tadeo *et al.* 2004, Tadeo *et al.* 2005).

El rendimiento del híbrido de grano amarillo 501X497 se ubicó en el primer grupo de significancia, ya que fue similar al de Puma 1163, también mostró el mayor valor de longitud de mazorca de 16,7 cm. En las variables floración masculina y femenina, altura de planta, hileras por mazorca, porcentaje de materia seca y porcentaje de grano, al no haber diferencia significativa, se definió sólo un grupo en los materiales, lo que señala tienen comportamiento similar, ciclo y características en las variables señaladas (Cuadro 3).

El menor rendimiento correspondió al híbrido Puma 1075 con 5,059 kg/ha, el cual se utiliza comercialmente en los Valles Altos (Tadeo *et al.* 2004). Con base en la respuesta encontrada y la limitación que representó la siembra tardía de estos experimentos, sería conveniente establecer nuevamente en fechas tempranas para determinar el potencial productivo de los materiales en esas condiciones y definir las perspectivas comerciales de estos materiales de grano amarillo en complemento con las variedades precoces ya liberadas por el INIFAP para los Valles Altos.

En la evaluación para determinar la productividad de forraje, los resultados en el análisis estadístico detectaron diferencias altamente significativas para híbridos en las variables rendimiento de materia verde y seca, así como en las de altura de planta, porcentaje de proteína y digestibilidad, el rendimiento medio de materia verde fue de 68,5 t/ha, y de 27,7 t/ha, el rendimiento de materia seca; los coeficientes de variación para rendimiento de materia verde y seca fueron 9,3% y 11,9%, respectivamente.

En la comparación de medias para diversas variables evaluadas en híbridos para determinar la producción de forraje, en rendimiento de materia verde, se definieron dos grupos de significancia, los rendimientos más altos fueron de Búho y Puma 1163, con 88,5

**Cuadro 3.** Comparación de medias para híbridos de maíz de grano amarillo y blanco de ciclo intermedio en diversas variables evaluadas considerando la media de dos ambientes. Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), México. Primavera – verano 2009.

Híbrido	Color de grano	Rend. (kg/ha)	F.M. (días)	FF. (días)	AP (cm)	AM (cm)	HM	LM (cm)	GH	M.S. (%)	G (%)
Puma 1167	Blanco	9549 a*	78 a	81 a	232 a	102 abcd	14 a	14,4 c	30 a	88,1 a	84,8 a
Puma 1163	Blanco	8789 ab	80 a	82 a	262 a	108 a	13 a	15,1 abc	30 a	88,5 a	84,5 a
501 x 497	Amarillo	8748 ab	78 a	80 a	214 a	87 cd	13 a	16,7 ab	27 a	88,3 a	84,7 a
501 x 555	Amarillo	7729abc	78 a	80 a	209 a	85 d	14 a	16,6 ab	26 a	88,7 a	84,0 a
P 1181 AE	Blanco	7648abc	79 a	81 a	209 a	106 ab	14 a	14,5 bc	27 a	88,7 a	85,1 a
504 x 408	Amarillo	6846bcd	78 a	80 a	221 a	88 bcd	14 a	16,1 abc	28 a	88,8 a	82,1 a
H-48	Blanco	6432 cd	78 a	80 a	222 a	116 a	13 a	14,9 abc	26 a	89,0 a	84,2 a
H-51 AE	Amarillo	6311 cd	78 a	80 a	203 a	115 a	13 a	15,8 abc	29 a	89,1 a	82,2 a
501 x 410	Amarillo	6155 cd	79 a	81 a	206 a	84 d	14 a	15,7 abc	28 a	88,1 a	83,2 a
Búho	Blanco	6113 cd	79 a	81 a	216 a	105 abc	14 a	14,7 abc	26 a	89,1 a	83,3 a
501 x 554	Amarillo	5984 cd	79 a	81 a	203 a	85 d	13 a	15,1 abc	28 a	88,7 a	82,5 a
Puma 1075	Blanco	5059 d	78 a	80 a	220 a	110 a	13 a	15,1 abc	27 a	89,0 a	84,0 a
D.S.H. (0,05)		2141	2	2	61	19	2	2,2	6,5	1	4

\*Las medias con la misma letra en el sentido de las columnas, estadísticamente no tienen diferencia significativa (Tukey al 0,05 de significancia).

DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; LM: longitud de mazorca; HM: hileras por mazorca; GH: granos por hilera; %MS: porcentaje de materia seca; %G: porcentaje de grano/olote. D.S.H.: diferencia significativa honesta (corresponde a la diferencia mínima significativa de la Prueba de Tukey).

t/ha y 73,5 t/ha, respectivamente. En rendimiento de materia seca, Búho, Puma 1163, 501x497 y 501X410, se ubicaron en los primeros sitios con 34,2 t/ha, 27,7 t/ha, 30,1 t/ha, 30,4 t/ha, respectivamente. De estos materiales, llama la atención que Puma 1163 que presentó 66% de digestibilidad y 9% de proteína, en comparación con el valor de digestibilidad mostrado por Búho (56%) y 6,9% de proteína (Cuadro 4).

En particular el híbrido Puma 1163, que expresó buen rendimiento de grano, ubicándose en el segundo lugar, también repitió ubicándose en el segundo lugar en la producción de materia verde, en cambio el híbrido Búho destacó por su rendimiento de materia verde y materia seca, pero presentó limitada expresión en producción de grano (6113 kg/ha), como ya se explicó, lo anterior señala que en el caso de Puma 1163, este material podría definirse con características de doble propósito, para aprovechar su producción de grano y en caso necesario utilizarse para producción de forraje, por los valores de rendimiento y calidad encontrados, sin embargo debe revisarse con detalle otros elementos

del manejo agronómico como es la densidad de población, para afinarse aún mejor en otros experimentos (Arreola *et al.* 1996, Enríquez y Tovar 2004).

Es importante señalar que a pesar de haberse utilizado una densidad de siembra inferior a la normal para producción de forraje, se obtuvieron rendimientos bastantes aceptables, por lo tanto, es de esperarse que en una densidad más cercana a la óptima se eleven los rendimientos de producción de forraje, como se ha definido en otros estudios (Arreola *et al.* 1996, Enríquez y Tovar 2004).

Los anteriores valores permiten señalar que conviene establecer otros experimentos para evaluar nuevamente el rendimiento de forraje y las variables de calidad, como son porcentaje de digestibilidad y proteína, a los mejores híbridos determinados en este experimento (Cuadro 4), así como definir aquellas densidades de plantas que son requeridas para el máximo de producción de materia seca, total de nutrientes digestibles, tanto en híbridos sensibles como tolerantes a densidades de población (Pinter *et al.* 1994).

**Cuadro 4.** Comparación de medias para rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS), porcentaje de materia seca, porcentaje de mazorca, altura de planta, digestibilidad y proteína de diferentes híbridos de maíz. Facultad de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM). México. Ciclo primavera – verano, 2009.

Híbrido	Rend. materia verde (t/ha)	Rend. materia seca (t/ha)	Porcentaje materia seca	Porcentaje mazorca	Altura planta (cm)	Digestibilidad (%)	Proteína (%)
Búho	88,5 a*	34,2 a	37,8 a	32,8 a	1,94 abc	56 b	6,9 cd
Puma 1163	73,5 ab	27,7 ab	37,7 a	35,6 a	1,94 abc	66 a	9,0 a
501X497	70,1 b	30,1 ab	42,8 a	34,1 a	1,63 c	56 b	7,2 bcd
501X410	69,5 b	30,4 ab	39,6 a	37,8 a	1,72 bc	62 ab	8,0 abcd
504X408	69,3 b	29,8 ab	43,2 a	37,7 a	1,86 abc	62 ab	8,0 abcd
502X555	68,4 b	28,6 ab	41,8 a	35,2 a	1,71 bc	55 b	8,6 ab
H-51 AE	68,4 b	29,5 ab	43,6 a	35,5 a	2,00 ab	61 ab	7,8 d
Puma 1167	66,9 b	26,5 ab	39,5 a	35,6 a	2,10 a	61 ab	8,4 abc
H-48	65,6 b	24,7 b	37,8 a	29,0 a	1,70 bc	62 ab	6,7 d
501X554	61,8 b	25,7 b	41,5 a	41,0 a	1,72 bc	57 b	8,1 ab
Puma 1181	61,6 b	23,1 b	37,4 a	39,1 a	1,77 bc	58 ab	8,6 ab
Puma 1075	57,8 b	22,4 b	37,1 a	28,7 a	1,82 abc	59 ab	7,9 abcd
D.H.S.(0,05)**	15,8	8,3	8,5	11,2	0,35	7,8	1,5

\* Las medias con la misma letra en el sentido de las columnas, estadísticamente no tienen diferencia significativa (Tukey al 0,05 de significancia).

\*\* D.S.H.: diferencia significativa honesta. (corresponde a la diferencia mínima significativa de la Prueba de Tukey).

El rendimiento medio del ensayo establecido el 18 de junio de 2009 fue 8 335 kg/ha, diferente estadísticamente con la segunda fecha (7 de julio 2009), la cual presentó un rendimiento medio de 5892 kg/ha.

En el primer grupo de rendimientos de grano se ubicaron dos híbridos de grano blanco comerciales Puma 1167 y Puma 1163 con 9,549 kg/ha y 8748 kg/ha, respectivamente, en seguida los híbridos de grano amarillo 501X497 y 501X555 (8749 kg/ha y 7729 kg/ha).

Los híbridos amarillos representan 36,0% y 12,4% de mayor rendimiento con respecto al híbrido H-48, que es testigo comercial.

El híbrido Puma 1163, así como 504X408, 501X410 y 502X555 presentaron altos rendimientos de materia seca y verde y altos porcentajes de proteína y digestibilidad.

El híbrido testigo Búho, presentó el mayor rendimiento en materia verde, siendo similar su producción a Puma 1163, El híbrido Búho, también presentó el mayor rendimiento en materia seca, similar a 501X497, 501X410 y 504X408.

## LITERATURA CITADA

- Arreola, V; Navarro, C; Burciaga G. 1996. Potencial forrajero de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la Comarca Lagunera. *Agronomía Mesoamericana* 7(2):88-92.
- Amador, B; Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- Elizondo, J; Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):181-187.
- Elizondo J; Boschini, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía mesoamericana* 13(1):13-17.
- Espinosa, A; Tadeo, M; Turrent, A; Gómez, N; Sierra M; Palafox A; Caballero F; Valdivia R; Rodríguez F. 2008a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias. Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM* 92-93:118-125.
- Espinosa, A, Turrent, A, Tadeo, M, Gómez N, Sierra M, Caballero F. 2008b. Importancia del uso de semilla de variedades

- mejoradas y nativas de maíz en México. *In* Seefoó, JL. ed. Desde los colores del maíz, una agenda para el campo mexicano. El Colegio de Michoacán I: 233-255.
- Espinosa, A; Tadeo, M; Turrent, A; Sierra M; Gómez N; Palafox A; Rodríguez F; Caballero F; Valdivia R; Zamudio B. 2008c. Las semillas insumo fundamental para avanzar hacia suficiencia alimentaria y reserva estratégica de granos. *In* Ramírez, A; Ramírez, B; Cavalloti, B; Marcof, CF; Cesín, A. eds. Reserva estratégica de alimentos: Una alternativa para el desarrollo del campo mexicano y la soberanía alimentaria. CEDRSSA-SAGARPA-CP-UACH. México. p. 77-89.
- Espinosa, A; Tadeo, M; Martínez, R; Gómez N; Sierra M; Virgen J; Palafox A; Caballero F; Vázquez G; Salinas Y. 2009a. V53A: Variedad mejorada de polinización libre de grano amarillo para Valles Altos de México. Memoria Técnica Número 10. 9a Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP Campo Experimental Valle de México, México. p. 41-42.
- Espinosa, A; Tadeo, M; Martínez, R; Gómez N; Sierra M; Virgen J; Palafox A; Caballero F; Vázquez G; Salinas Y. 2009b. V54A: Variedad mejorada precoz de polinización libre de grano amarillo para Valles Altos de México. Memoria Técnica Numero 10. 9a Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP Campo Experimental Valle de México, México. p. 43-44.
- Espinosa, A; Tadeo, M; Martínez R; Gómez N; Sierra M; Virgen J; Palafox A; Caballero F; Vázquez G; Salinas Y. 2009c. V-55 A: Variedad mejorada de polinización libre de grano amarillo para Valles Altos de México. Memoria Técnica Número 10. 9a Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP Campo experimental Valle de México, México. p. 46-47.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- González, A; Islas J; Espinosa A; Vázquez, A; Wood S. 2008. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: híbrido H-48. Publicación Especial No. 25. INIFAP. México, D. F. 88 p.
- Núñez, G; Faz, R; Tovar G, M; Zavala A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Méx.* 39:77-88.
- Núñez, G; Faz, R; González, F y Peña, A. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Téc. Pecu. Méx.* 43:69-78.
- Pinter L; Alfoldi Z; Burucs Z; Paldi E. 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agron. J.* 86:799-804.
- Peña A; González F; Núñez G; Tovar, R; Preciado, E; Terrón A; Gómez, O; Ortega, A. 2006a. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* 29:109-114.
- Peña, A; González, F; Núñez, G; Maciel, H. 2006b. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 29(3):207-213.
- Reta, G; Gaytán, A; Carrillo, J. 2002. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:37-48.
- SAS Institute. 1996. Statistical Analysis System User's Guide. SAS Institute. Cary. USA. 956 p.
- Sánchez H, A; Aguilar M, U; Valenzuela, N; Sánchez C; Jiménez, C; Villanueva, C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):281-295.
- Soto, P; Jahn E; Arredondo S. 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el Valle Central Regado. *Agric. Téc.* 62:255-265.
- Tadeo, M; Espinosa, A. 2004. Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México. *Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria* 4 (14):5-10.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Martínez R; Arias R. 2005. Producción y tecnología de semillas, desarrollo y difusión de híbridos y variedades de maíz de la UNAM para su adopción extensiva en México. XX Reunión Latinoamericana de Maíz. Editores Miguel Barandiaran Gamarra, Alexander Chávez Cabrera, Ricardo Sevilla Panizo, Teodoro Narro León. Lima, Perú. p. 435-441.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Martínez R; Ganesan S; Beck D; Lothrop J; Torres L; Azpiroz, S. 2004. Puma 1075 y Puma 1076 híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). *Rev. Fitotecnia Mexicana* 27(2):211-212.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Martínez R; Salazar D; Tellez C; Osorio, J. 2006. Plant breeding and maize seed production at the Agricultural Engineering Department of the National University of Mexico (UNAM)", in: book of poster abstracts. International Plant Breeding Symposium. Ed. Sophie Higman, Mexico, City. p. 118-118.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Martínez R; Téllez C; González, I; Osorio, J; Valdivia, R; Gómez N; Sierra M; Caballero F; Palafox A; Rodríguez, F. 2007. Maize seed production and plant breeding in relation with the process teaching – learning at the National Autonomous University of Mexico (UNAM). African Crop Science Conference Proceedings, African Crop Science Society 8:19-22.