APTITUD COMBINATORIA DE LÍNEAS DE MAÍZ PARA ALTA PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA

COMBINING ABILITY OF MAIZE LINES FOR HIGH FORAGE AND QUALITY PRODUCTION

Alfonso Peña Ramos[1*], Fernando González Castañeda[1], Gregorio Núñez Hernández[2] y Carlos Jiménez González[1]

[1]Programa de Maíz, Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Pabellón, Ags. CP 20660. Tel: 01 (465) 95-80167. Correo electrónico: pena.alfonso@inifap.gob.mx [2]Programa de Forrajes, Campo Experimental La Laguna, INIFAP.
* *Autor para correspondencia*

RESUMEN

En la región norte centro de México la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero se ha incrementado aceleradamente; sin embargo, no existen híbridos forrajeros. El objetivo del trabajo fue identificar híbridos experimentales de maíz con alta producción y calidad forrajera, en dos localidades contrastantes en altitud y clima. En 2003 se evaluaron bajo riego en Pabellón, Ags. y en Torreón, Coah., 9 líneas S_2 de una población precoz cruzadas con el probador de Valles Altos BTVC x BTRL, y 15 líneas cruzadas con el probador subtropical CML78 x CML322, más un testigo. El material se evaluó en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. Se fertilizó con el tratamiento 200N-90P-00K, con una densidad de población de 80 mil plantas por hectárea. Se midió la producción de materia seca total (MST), proteína cruda (PC), contenido de fibra detergente neutro y ácido (FDN y FDA) y digestibilidad *in vitro* (DIV). Se estimó la producción de leche por hectárea (LEHA) con base en los datos de MST, PC, FDN y DIV. No se encontraron diferencias significativas entre probadores en ninguna de las variables de producción y calidad nutritiva, pero sí permitieron la expresión de una amplia variación genética en los caracteres estudiados a través de localidades. La mayoría de las cruzas tuvo producciones arriba de 20 t ha^{-1} de MST en ambas localidades, y hubo una cruza que produjo más de 27 t ha^{-1}. Las mejores cuatro cruzas en producción de leche rindieron entre 15 y 18 t ha^{-1} en Pabellón, y entre 17 y 22 t ha^{-1} en Torreón. Estas mismas cruzas tuvieron la mayor calidad nutricional con bajos contenidos de fibra y alta digestibilidad en las dos localidades, y superaron significativamente al testigo en Torreón.

Palabras clave: *Zea mays* L., cruzas de prueba, calidad forrajera, producción de materia seca.

SUMMARY

In the North Central part of México, the area of maize (*Zea mays* L.) forage production has increased significantly; however, forage hybrids with good nutritive quality have not been developed. The objective of the present work was to identify experimental corn hybrids with high forage and quality production at two locations contrasting in altitude and weather conditions. In 2003 in Pabellón, Ags., and Torreon, Coah., Mex., 9 S_2 lines crossed with the tester BTVC x BTRL adapted to highlands and 15 lines crossed with the subtropical tester CML7 8x CML322, plus a control were evaluated under irrigation. The material was evaluated in a complete randomized block design with two replications. Fertilizer and population density were 200N-90P-00K and 80 000 plants per hectare. Dry matter production (DMP), crude protein (CP), neutral and acid detergent fiber (NDF and ADF) and *in vitro* digestibility (IVD) were measured. Using data of DMP, CP, NDF and DIV, the milk production per hectare (MPHA) was estimated. There were no differences between testers in none of the production and quality traits measured; however they allowed a high genetic expression of the crosses in all traits across locations. In most crosses DMP was higher than 20 t ha^{-1} in both locations, and one of them produced more than 27 t ha^{-1}. The best four crosses for MPHA yielded from 15 to 18 t ha^{-1} in Pabellón and from 17 to 22 t ha^{-1} in Torreón. These crosses had also the highest nutritional quality with low contents of NDF and ADF and high DIV across locations, and significantly outyielded the control in Torreón.

Index words: *Zea mays* L., test crosses, forage quality, dry matter production.

INTRODUCCIÓN

El creciente aumento en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias de trabajo que permitan identificar fuentes de germoplasma y aprovechar el potencial genético existente a través del desarrollo de programas de mejoramiento genético. A la fecha, ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México han sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para mayor producción y calidad forrajera, sino que fueron seleccionados por rendimiento de grano. Clark *et al*. (2002) determinaron mayor producción de leche en vacas alimentadas con híbridos seleccionados para forraje que en las alimentadas con híbridos seleccionados para grano.

Entre los criterios importantes de selección para el mejoramiento del maíz para ensilaje se encuentran la digestibilidad, el contenido de fibras y el rendimiento de materia seca. Diversos estudios demuestran la existencia de una amplia variabilidad genética en la calidad forrajera del maíz, factible de ser explotada genéticamente (Wolf *et al*., 1993; Lundvall *et al*., 1994; Coors, 1996; Peña *et al.,* 2002). En un estudio con híbridos, Coors (1996) detectó diferencias en digestibilidad de la planta total y de la parte vegetativa, de 2.1 y 3.8 % respectivamente, y en contenido de fibra detergente neutro de 4.3 y 7.5 %. En híbridos y poblaciones de diferente origen de adaptación, Peña *et*

Recibido: 15 de Mayo del 2004.
Aceptado: 4 de Agosto del 2004.

al. (2002) registraron mayor variación que la registrada por Coors (1996).

Según Lauer *et al*. (2001), el mejoramiento genético para grano ha propiciado incrementos en producción de materia seca total, de la parte vegetativa y del grano, en 1.4, 0.7 y 2.4 % por año, respectivamente, así como decrementos significativos en el contenido de fibra e incrementos en la digestibilidad *in vitro* del forraje, pero no de la parte vegetativa de la planta; estos investigadores sugieren enfatizar el mejoramiento de la calidad forrajera de la parte vegetativa, adicionalmente a la del rendimiento, para así lograr mayores progresos. Información adicional muestra que la digestibilidad de la planta total correlaciona de manera alta y significativa con la calidad nutritiva de la parte vegetativa, pero no con la del grano (Wolf *et al*., 1993; Peña *et al*., 2003), lo que apoya hacer selección por calidad del follaje y del rendimiento de grano independientemente. Dolstra y Medema (1990) señalan que la digestibilidad *in vitro* de la pared celular del tallo es un parámetro estable que puede ser utilizado para evaluaciones genéticas. Por otra parte, Barriere *et al*. (1998) mostraron la variación genética para la tasa y grado de digestión *in situ* de la pared celular en tallos de maíz.

En años recientes se han desarrollado híbridos forrajeros con mayor digestibilidad de la fibra, bajo el supuesto de que así se incrementa el consumo de materia seca y se logra una mayor producción de leche. Otros híbridos han sido desarrollados para una mayor área foliar y mayor digestibilidad con resultados positivos (Thomas *et al*., 2001). La selección por contenidos de fibras en tejidos de tallos y hojas de maíz parece ser fácilmente modificable a través de mejoramiento genético, mediante la selección recurrente de familias S1 (Buendgen *et al*., 1990). Argillier *et al*. (2000) sugieren seleccionar líneas para el desarrollo de híbridos forrajeros, lo que además permite evaluar un gran número de genotipos prometedores. Seitz *et al*. (1992) encontraron una alta correlación entre la respuesta de líneas de maíz *per se* y su aptitud combinatoria general, para la mayoría de los caracteres de calidad forrajera que evaluaron; hacen notar que la evaluación de líneas *per se* es un procedimiento efectivo y fácil en la selección para mayor proporción de elote, mientras que la evaluación de mestizos en varios ambientes es más efectiva para mejorar la habilidad combinatoria de las líneas para mayor rendimiento de materia seca y de energía metabolizable del forraje.

El objetivo del presente estudio fue evaluar dos probadores de maíz de cruza simple de diferente área de adaptación, e identificar líneas que generen híbridos con alta producción y calidad forrajera para la región norte centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético consistió de 24 líneas S_2 tomadas al azar de una población precoz de grano blanco adaptada a regiones tipo Bajío y Valles Altos, generada en el Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Nueve de estas líneas se cruzaron con un probador de Valles Altos (BTRL x BTVC), procedente del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y las otras 15 con un probador de origen subtropical (CML78 x CML322), también del CIMMYT. Las 24 cruzas y un testigo se evaluaron en dos localidades de la región Norte Centro de México: Pabellón, Ags. localizado a 1920 msnm con clima seco templado, y Torreón, Coah. localizado a 1150 msnm con clima más seco y caluroso. El diseño experimental fue bloques completos al azar con dos repeticiones, con parcelas de un surco de 5.0 m de largo y 0.76 m de ancho, con una densidad de población de 80 mil plantas/ha. Se sembró a principios de mayo de 2003 y se fertilizó con el tratamiento 200N-90P-00K.

El trabajo se condujo en condiciones de riego, se cosechó en la etapa de 1/3 de línea de leche, al considerar 25 plantas con competencia completa por parcela, a las cuales se les midió peso fresco total y de elotes. Se tomó una muestra al azar de cinco plantas completas y cinco elotes para determinar el contenido de materia seca. Las plantas y los elotes se pesaron, se picaron y se mezclaron por separado; luego se tomó una submuestra de 1 kg que se secó en un cuarto con aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Con estos datos se determinó la producción de materia seca de elotes y de materia seca total (MST), y se calculó la proporción de elote en base seca (PEL), al dividir el peso seco de elotes entre MST.

Las muestras de la planta total se molieron y con ellas se determinó proteína cruda (PC), contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* (DIV), mediante el uso del NIRS (Near infrared system 6500); además, con los datos de MST, FDN y PC se estimó la producción de leche por hectárea (LEHA) mediante el programa MILK-95 de la Universidad de Wisconsin, EE. UU. (Undersander *et al*., 1993).

Se hicieron análisis de varianza combinados para todos los caracteres en estudio, y las comparaciones de medias se hicieron mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. También se graficaron las mejores cruzas con cada probador a través de localidades para las variables MST, DIV y LEHA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza combinado se detectaron diferencias significativas entre localidades para proteína cruda, fibra detergente neutro y ácido y para producción de leche. También hubo diferencias significativas entre genotipos dentro del probador de Valles Altos para digestibilidad, fibra detergente neutro y ácido y producción de leche, y entre genotipos dentro del probador subtropical en todas las variables, excepto en fibra detergente ácido. Entre probadores, en ninguna variable se detectaron diferencias significativas; en cambio, la interacción localidad x probadores solamente para la materia seca total no resultó significativa. La interacción localidad x genotipo dentro de probadores resultó significativa solamente para digestibilidad, fibra detergente neutro y producción de leche.

La comparación de medias de localidades (Cuadro 1) indica que ambos probadores tuvieron igual producción de materia seca total en las dos localidades, a pesar de que los probadores son de áreas de adaptación diferentes y que las localidades son contrastantes en altitud, temperatura y radiación solar. También indica que ambos probadores fueron en general mejores en calidad forrajera en Pabellón que en Torreón, con menores contenidos de fibras y con más proteína cruda, pero no en digestibilidad, la cual resultó similar en ambas localidades en el Probador 1, y fue mayor en Torreón en el Probador 2. Estos resultados concuerdan en parte con los obtenidos por Núñez y Cantú (2000), quienes señalan que ambientes con temperaturas más altas como Torreón pueden causar disminución en la calidad forrajera, debido al aumento en la concentración de fibras y de lignina. Como resultado de las variaciones en producción y calidad forrajera, el Probador 1 dio mayor producción de leche en Pabellón; en cambio, el Probador 2 no difirió entre localidades.

Todas las cruzas con el Probador 1 fueron similares en producción de materia seca total en promedio de ambientes ($P \leq 0.05$); en cambio, con el Probador 2 sobresalió la cruza 15 con 28.1 t ha^{-1}, que supera en 15 % a la siguiente cruza más productiva y en 30.6 % al testigo Halcón (Cuadro 2). El rendimiento de las cruzas evaluadas en el presente estudio es comparable con el obtenido en la región con híbridos más tardíos, los cuales fluctúan entre 20 y 23 t ha^{-1} de materia seca total (Peña *et al.,* 2002). El alto rendimiento de la cruza 15 no se había observado en otro material evaluado anteriormente y sugiere que la línea que la conforma tiene mejor habilidad combinatoria para este carácter, que las demás líneas.

Cuadro 1. Respuesta de probadores a través de localidades para las variables de producción y calidad forrajera.

Probadores y caracteres	Localidades		DMS (0.05)
	Pabellón	Torreón	
Probador 1			
MST (t ha^{-1})	21.5 a	22.7 a	1.7
PC (%)	9.3 a	7.0 b	0.5
DIV (%)	73.7 a	73.2 a	1.2
FDN (%)	53.0 a	60.6 b	2.0
FDA (%)	26.5 a	31.1 b	1.9
LEHA (t ha^{-1})	14.2 a	11.4 b	1.9
Probador 2			
MST (t ha^{-1})	22.7 a	22.3 a	1.3
PC (%)	9.7 a	6.9 b	0.5
DIV (%)	72.4 b	73.9 a	1.0
FDN (%)	54.2 a	57.3 b	1.5
FDA (%)	27.5 a	29.2 b	1.4
LEHA (t ha^{-1})	13.7 a	13.1 a	1.7

Prob 1 = BTVC x BTRL; Prob 2= CML78 x CML322; MST = Materia seca total; PC = Proteína cruda; DIV = Digestibilidad *in vitro*; FDN y FDA = Fibra detergente neutro y ácido; LEHA = Producción estimada de leche por hectárea. Medias con la misma letra en la misma hilera son iguales entre sí (DMS, 0.05).

La producción de leche estimada por hectárea tuvo una variación alta en ambos probadores; en el uno varió de 10 a 17.5 t ha^{-1} y en el dos de 9.8 a 18.3 t ha^{-1}; el rendimiento del testigo fue de 13 t ha^{-1}, el cual fue superado significativamente por varias cruzas de prueba. Las cruzas con mayor producción de leche fueron aquéllas que tuvieron la mayor calidad forrajera con menores contenidos de fibra y mayor digestibilidad. La producción de materia seca y proteína cruda influyeron poco en la producción de leche; nótese, por ejemplo, que la cruza 6 en el Probador 1 produjo igual cantidad de materia seca que las otras cruzas, pero dio mayor producción de leche que muchas otras, ventaja que radicó principalmente en su alta calidad forrajera. Igual sucedió con las cruzas 24, 12, 23 y 18 en el Probador 2, las cuales tuvieron producciones de leche similares a la de la cruza 15 que dio la mayor producción de materia seca. Los resultados muestran que en la población precoz existe un alto potencial genético para obtener líneas e híbridos con buenas características forrajeras, y que no precisamente los híbridos con mayor producción de materia seca son los mejores para la producción de leche.

La mayoría de las cruzas sobresalientes tuvieron producciones de materia seca superiores a 20 t ha^{-1} en las dos localidades (Figura 1a). La cruza más productiva fue la 15, mientras que las otras fueron intermedias e iguales al testigo. La cruza 6 fue una de las más afectadas por el ambiente, con una diferencia superior a 5 t ha^{-1} entre localidades.

Cuadro 2. Respuesta de líneas de maíz en cruza con dos probadores en promedio de localidades para las variables de producción y calidad forrajera.

Ent	Línea	MST (t ha^{-1})	PC (%)	DIV (%)	FDN (%)	FDA (%)	LEHA (t ha^{-1})
Probador 1 x							
6	PPH-14-2	22.0 a	7.8 a	76.5 a	51.0 bc	24.5 c	17.5 a
8	PP BHC-16-1	19.9 a	7.5 b	75.9 ab	54.1 bc	26.6 bc	14.1 ab
3	PPH-10-1	22.8 a	8.0 ab	74.1 abc	56.1 b	27.4 bc	13.9 ab
2	PPH-9-3	21.9 a	8.0 ab	73.9 abc	57.1 ab	28.5 bc	12.9 b
5	PPH-13-2	20.3 a	8.5 a	73.3 bc	57.8 ab	28.6 b	11.3 b
9	PPPab1-3#	21.2 a	8.2 ab	72.1 c	57.3 ab	32.9 a	11.3 b
7	PP BHC-2-2	22.0 a	8.6 a	71.7 c	58.4 ab	28.1bc	10.8 b
4	PPH-10-2	22.3 a	7.6 b	71.8 c	61.3 a	30.1 ab	10.0 b
1	PPH-6-1	21.1 a	8.4 a	72.9 c	60.7 a	29.1 ab	10.0 b
Probador 2 x							
15	PPH-11-2	28.1 a	8.5 abcde	73.7 bc	53.7 bcde	28.0 abcde	18.3 a
24	PPSUB-89	23.2 bcd	8.1 cdef	77.0 a	52.2 de	26.6 cde	17.5 ab
12	PPH-8-1	23.4 bc	8.4 bcde	74.8 ab	50.3 e	25.2 e	17.4 ab
23	PPABG-8-1	23.1 bcd	8.2 bcde	74.8 ab	52.4 cde	26.9 bcde	16.2 abc
18	PPC-7-1	22.6 bcd	8.6 acd	74.9 ab	54.4 bcde	26.9 bcde	15.2 abcd
22	PP BHC-5-3	22.8 bcd	7.7 ef	73.2 bcd	56.0 abcd	29.1 abcde	13.5 bcde
14	PPH-10-2	23.9 bc	7.8 def	71.1 cde	56.5 abcd	30.9 ab	12.8 cde
11	PPH-5-2	23.7 bc	8.2 bcde	71.2 cde	56.8 ab	30.3 abc	12.6 cde
13	PPH-10-1	24.2 b	7.3 f	70.9 de	58.0 ab	29.6 abcd	12.6 cde
10	PPH-2-2	20.2 de	8.2 bcde	72.5 bcde	53.8 bcde	26.0 de	12.6 cde
21	PPC-12-1	22.8 bcd	8.9 bc	72.9 bcde	59.3 a	30.9 ab	12.2 cde
19	PPC-7-3	19.2 e	8.3 bcde	73.5 bcd	54.3 bcde	28.3 abcde	12.0 de
20	PPC-9-1	21.1 cde	9.0 ab	72.0 cde	56.7 abc	28.9 abcde	11.3 de
17	PPC-1a-1	24.5 b	9.3 a	70.4 e	59.5 a	31.5 a	10.9 e
16	PPH-14-1	19.1 e	8.9 abc	72.8 bcde	58.9 a	30.6 abc	9.8 e
25	Halcón(T)	21.5	7.8	73.4	55.7	27.9	13.0
	DMS (0.05)	3.0	0.8	2.6	4.3	4.0	4.1

Probador 1 = BTVC x BTRL; Probador 2 = CML78 x CML322; MST = Materia seca total; PC = Proteína cruda; DIV = Digestibilidad *in vitro*; FDN y FDA = Fibra detergente neutro y ácido; LEHA = Producción estimada de leche por hectárea. Medias con diferente literal en la misma columna y dentro de cada probador, son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

Una buena calidad forrajera en maíz se puede lograr con una digestibilidad superior a 70 %. En el presente estudio las mejores cruzas con cualquiera de los probadores tuvieron una digestibilidad que varió entre 73 y 76 % en Pabellón, y entre 75 y 80 % en Torreón (Figura 1b). Las cruzas 3, 6, 8 y 12 tuvieron alta digestibilidad sin variaciones notables entre localidades, mientras que las cruzas 15 y 24 tuvieron mayor digestibilidad en Torreón que en Pabellón, con niveles cercanos a 80 %, valor pocas veces obtenido en otros materiales forrajeros de alta calidad nutritiva. La cruza 24 tuvo también buena respuesta en Pabellón, de ahí que se considere estable en esta característica y de buena adaptación para los dos ambientes. El testigo disminuyó notablemente su digestibilidad en Torreón, a niveles inferiores a todas las cruzas, probablemente porque Torreón es una localidad muy cálida y el testigo es un material más adaptado a lugares altos y menos cálidos como Pabellón donde tuvo una digestibilidad similar a ellas.

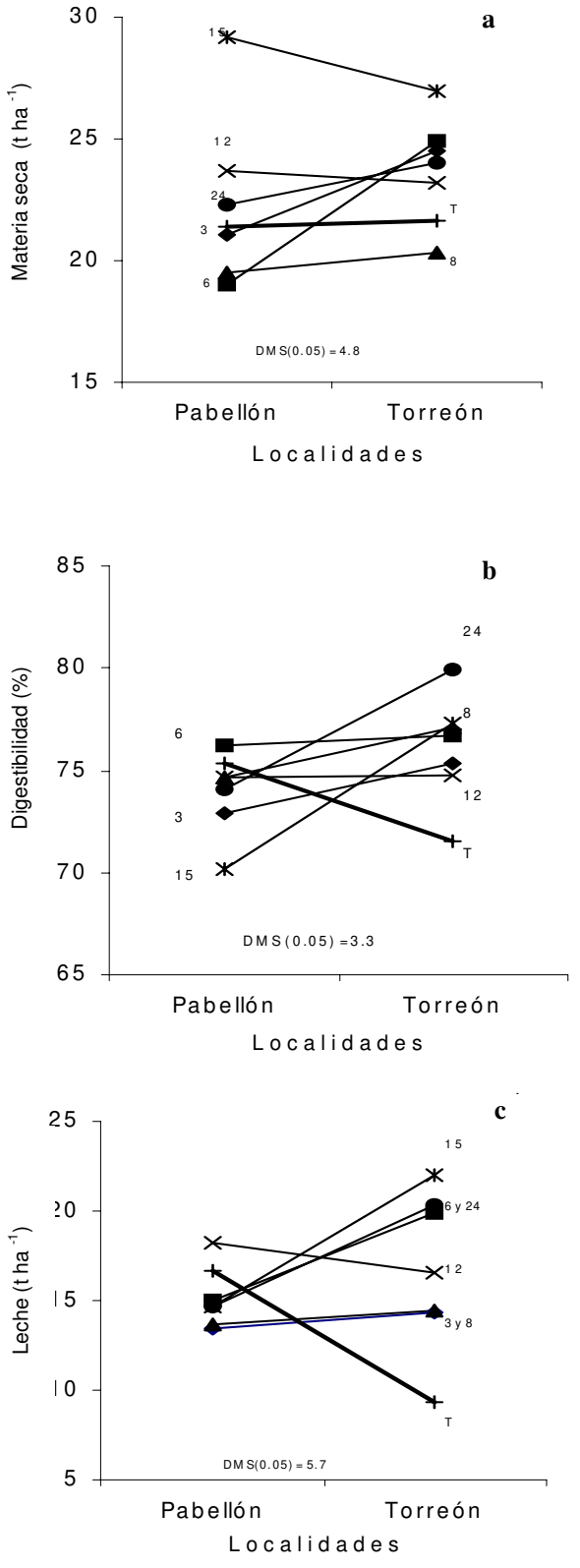

Figura 1. Respuesta de las mejores cruzas a través de localidades. a) Producción de materia seca, b) digestibilidad in vitro y c) producción estimada de leche por hectárea.

Los valores estimados de leche involucran aspectos de producción y calidad y, como tales pueden ser usados como indicadores para la selección de materiales de alta calidad forrajera. En el presente estudio la respuesta de las cruzas sobresalientes en producción de leche a través de localidades (Figura 1c) fue muy similar a la expresada por la digestibilidad (Figura 1b). En Pabellón todas las cruzas y el testigo tuvieron producciones de leche iguales estadísticamente ($P \leq 0.05$), con una variación de 14 a 18 t ha^{-1}. En Torreón, en cambio, las diferencias fueron mayores con una variación de 9 a 22 t ha^{-1}, donde el testigo tuvo la expresión más pobre. Las cruzas 3, 8 y 12 tuvieron producciones similares en ambas localidades, mientras que las cruzas 6, 15 y 24 produjeron significativamente más en Torreón. La producción estimada de leche dada por las cruzas superiores, son altas comparadas con otros estudios (Cox *et al*., 2001; Peña *et al*., 2002) y sugieren que las líneas utilizadas poseen genes favorables para calidad forrajera que pueden ser explotados en programas de hibridación; también sugieren que los probadores utilizados manifiestan alta heterosis con las líneas en la mayoría de estas características. La información conjunta basada en producción de leche indica que las mejores líneas para ambas localidades fueron aquéllas que forman las cruzas 6, 15 y 24, y adicionalmente la cruza 12 para Pabellón. La mayoría de estas cruzas corresponden con el probador subtropical CML78 x CML322.

CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias entre probadores en ninguna de las variables de producción y calidad nutritiva, pero sí permitieron la expresión de una amplia variación genética en los caracteres estudiados a través de localidades. La divergencia genética entre líneas y cruzas probadoras generó híbridos con una alta producción de materia seca y calidad forrajera que respondieron bien en ambas localidades, no obstante que los probadores son de áreas de adaptación distinta y las localidades difieren considerablemente en altitud y clima. La producción estimada de leche es un buen indicador de la calidad forrajera de los híbridos, y con base en ella se seleccionaron líneas que generan híbridos sobresalientes en ambas localidades.

BIBLIOGRAFÍA

Argillier O, V Méchin, Y Barriére (2000) Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. Crop Sci. 40:1596-1600.

Barriere Y, M R Tovar-Gómez, J C Emile, D Sauvant (1998) Genetic variation in rate and extent of the *in situ* cell wall degradation of maize stalks at silage harvest time. Agronomie 18:1-9.

Buendgen M R, J G Coors, A W Grombacher, W A Russell (1990) European corn borer and cell wall composition in three maize populations. Crop Sci. 30:505-510.

Clark P W, S Kelm, M I Endres (2002) Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 85:607-612.

Coors J G (1996) Findings of the Wisconsin corn silage consortium. 58th Meeting. Cornell Nutrition Conf. Feed Manufac. Cornell University. Ithaca, NY. pp:20-28.

Cox W J, D J R Cherny (2001) Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. Agron. J. 93:790-796.

Dolstra O, J H Medema (1990) An effective screening method for genetic improvement of cell-wall digestibility in forage maize. *In*: Proc. XVth Eucarpia Maize and Sorghum Section Congress. June 4-8. Baden Near Vienna, Austria. pp:258-270.

Lauer J G, J G Coors P J Flannery (2001) Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. Crop Sci. 41:1449-1455.

Lundvall J P, D R Buxton, A R Hallauer, J R Gorge (1994) Forage quality variation among maize inbreds: In vitro and cell wall components. Crop Sci. 34:1672-1678.

Núñez H G, B J E Cantú (2000) Producción, composición química y digestibilidad de forraje de sorgo x sudán de nervadura café en la región norte centro de México. Téc. Pec. Méx. 3:177-188.

Peña R A, G Núñez H, F González C (2002) Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Téc. Pec. Méx. 40(3):215-228.

Peña R A, G Núñez H, F González C (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera.Téc. Pec. Méx. 41(1):63-74.

Seitz G, H H Geiger, G A Schmidt , A E Melchinger (1992) Genotypic correlations in forage maize II. Relationship between inbred line and testcross performance. Maydica 37:101-105.

Thomas E D, P Mandebvu, C S Ballard, C J Sniffen, M P Carter, J Beck (2001) Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. J. Dairy Sci. 84:2217-2226.

Undersander D J, W T Howard, R D Sahver (1993) Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. J. Prod. Agric. 2:231-235.

Wolf D P, J G Coors, K A Albrecht, D J Undersander, P R Carter (1993) Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33:1353-1359.