

# Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México<sup>a</sup>

Gregorio Núñez Hernández<sup>b</sup>, Rodolfo Faz Contreras<sup>b</sup>, Ma del Rosario Tovar Gómez<sup>c</sup>, Armando Zavala Gómez<sup>b</sup>

## RESUMEN

Núñez HG, Faz CR, Tovar GMR, Zavala GA. *Téc Pecu Méx* 2001;39(2):77-88. Se realizaron tres experimentos para evaluar híbridos de maíz, de diferente ciclo a cosecha, diferente origen (templado y tropical) y de alta calidad proteínica y normal. Los experimentos se sembraron en abril de 1999. El Exp 1 se fertilizó con 229-80-00 de N-P-K, respectivamente. Los otros experimentos se fertilizaron con 200-80-00 de N-P-K, respectivamente. La densidad fue de 80 a 90 mil plantas/ha en los tres experimentos. La siembra se efectuó en suelo húmedo y se aplicaron cuatro riegos de auxilio, con excepción del Exp 3, en el que se aplicaron cinco riegos de auxilio. La cosecha se realizó cuando la línea de leche en el grano presentó 1/3 de avance. En el Exp 1, se observó una tendencia a que los híbridos precoces tuvieran menores rendimientos de materia seca por hectárea que los híbridos de ciclo intermedio. La digestibilidad *in vitro* se correlacionó negativamente con días a cosecha de los híbridos ( $r = -0.64$ ). En el Exp 2, no hubo diferencia en el rendimiento de materia seca por hectárea entre híbridos precoces de origen templado o intermedios tropicales o intermedios templados; los híbridos precoces tuvieron mayor digestibilidad *in vitro* ( $P < 0.05$ ) que los híbridos 7597 (intermedio templado) o SB-302 (intermedio tropical). En el Exp 3, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre maíces de alta calidad proteínica y el testigo normal en rendimiento de materia seca. La digestibilidad *in vitro* fue similar entre híbridos de alta calidad proteínica y normal ( $P > 0.05$ ). Considerando los tres experimentos, la digestibilidad *in vitro* se relacionó con las concentraciones de fibra ácido detergente ( $r^2 = 0.63$ ) y de fibra detergente neutro ( $r^2 = 0.62$ ), independientemente del tipo de híbrido de maíz.

**PALABRAS CLAVE:** Maíz, *Zea mays*, Forraje, Calidad nutritiva, Ensilaje.

## INTRODUCCIÓN

En México, los ensilados de maíz generalmente tienen un valor energético bajo en comparación a ensilados en Estados Unidos de América y Europa<sup>(1)</sup>. Lo anterior

se atribuye al énfasis en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, sin considerar la calidad nutritiva. La selección de híbridos es fundamental para mejorar esta situación; existe suficiente evidencia de diferencias entre híbridos en contenido de proteína, fibra, y digestibilidad de la materia seca<sup>(2)</sup>. Estudios indicaron diferencias entre genotipos de 26.2 a 65.0 % en la digestibilidad de tallos y de 58.0 a

a Recibido el 9 de abril de 2001 y aceptado para su publicación el 3 de julio de 2001.

b Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Apdo Postal 247, Torreón Coahuila. 27000. Forraje@halcon.laguna.ual.mx Correspondencia y solicitud de separatas al primer autor.

c Campo Experimental Valle de México, INIFAP.

67.6% en la digestibilidad de hojas<sup>(3)</sup>. Otros autores mencionan variabilidad entre genotipos en fibra detergente neutro de 57.9 a 65.4% en hojas y tallos<sup>(4)</sup>. En ensilados de híbridos de maíz se encuentran diferencias en digestibilidad relacionadas con el porcentaje de mazorca, que es una manera de expresar el contenido de grano<sup>(5)</sup>.

En la región norte del país se dispone de híbridos de maíz para forraje formados a partir de germoplasma de origen tropical o templado; híbridos con menor ciclo a cosecha (precoces) que otros (intermedios o tardíos) y los denominados de alta calidad proteínica. Varios estudios indican una mayor digestibilidad en híbridos precoces en comparación a híbridos de ciclo más tardío<sup>(6)</sup>. Respecto a híbridos de maíz de diferente origen estudiados para aumentar la producción y calidad nutritiva, en el sur de Texas híbridos de origen tropical tuvieron una mayor producción de materia seca por hectárea y digestibilidad que híbridos de origen templado<sup>(7)</sup>. Por otra parte, los maíces denominados de alta calidad proteínica contienen mayor porcentaje de lisina en el grano, en comparación a los híbridos convencionales. La lisina es un aminoácido identificado como una de las principales limitantes en la alimentación del ganado bovino lechero con alta producción<sup>(8)</sup>; sin embargo, debido a la degradación de la lisina en el rumen del ganado y a la dilución del ensilado de maíz con otros ingredientes en las raciones del ganado lechero, el impacto del mayor contenido de lisina de estos tipos de variedades puede ser pequeño, aunque existen otros aspectos en estos maíces con alto contenido de lisina, como un

endospermo suave que puede ser fácilmente degradable por los microorganismos del rumen, lo cual puede permitir que sean más digeridos en el rumen que los maíces normales<sup>(8)</sup>.

En la región norte de México no existe información comparativa de alternativas de híbridos de maíz para obtener forraje con alta digestibilidad de la materia seca. Los objetivos de este trabajo fueron comparar la producción y digestibilidad *in vitro* de 1) híbridos de maíz de diferente ciclo a cosecha, 2) híbridos precoces de origen templado, intermedios de origen templado e intermedios tropicales y 3) híbridos de maíz de alta calidad proteínica y normales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna, en Matamoros, Coah. La temperatura media anual es 20.6 °C y la precipitación pluvial 242.8 mm al año. El Exp 1 se sembró en húmedo el 12 de abril de 1999 a una densidad entre 80 a 90 mil plantas/ha. Se evaluaron 15 híbridos de maíz con diferente ciclo a cosecha (Cuadro 1). La dosis de fertilización a la siembra fue de 120-80-00 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio/ha, respectivamente. Antes del primer riego de auxilio se planeó aplicar 80 unidades de nitrógeno/ha, pero debido a una falla mecánica de la fertilizadora, se aplicaron 109 unidades. Los riegos de auxilio se suministraron a los 29, 48, 70 y 84 días después de la siembra.

El Exp 2 se sembró en húmedo el 17 de abril de 1999. La densidad de población también fue de 80 a 90 mil plantas por

**Cuadro 1. Producción de forraje verde, forraje seco y características de híbridos de maíz intermedios y precoces. Experimento 1**

Híbrido	Forraje verde (ton/ha)	Forraje seco (ton/ha)	Mazorca (%)	Altura de planta (m)	Días a cosecha
Intermedios:					
SB-304	69.6 <sup>abc</sup>	20.5 <sup>abcde</sup>	35.6 <sup>def</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	105
3025W	65.6 <sup>abcd</sup>	20.8 <sup>abcd</sup>	48.7 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>cde</sup>	100
D-881	75.6 <sup>a</sup>	21.9 <sup>ab</sup>	32.9 <sup>f</sup>	3.0 <sup>a</sup>	108
ABT-1017	65.6 <sup>abcd</sup>	22.0 <sup>a</sup>	35.0 <sup>ef</sup>	2.6 <sup>b</sup>	106
Pantera	75.3 <sup>a</sup>	18.3 <sup>abcde</sup>	42.5 <sup>abcdef</sup>	2.5 <sup>bc</sup>	99
Ciclón	60.0 <sup>abcd</sup>	20.9 <sup>bc</sup>	34.5 <sup>ef</sup>	2.6 <sup>b</sup>	105
C-908	70.9 <sup>ab</sup>	19.4 <sup>abcde</sup>	43.6 <sup>abcdef</sup>	2.5 <sup>bcd</sup>	99
3002W	64.3 <sup>abcd</sup>	21.6 <sup>abc</sup>	39.1 <sup>bcdef</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	106
3028W	70.6 <sup>ab</sup>	21.0 <sup>abc</sup>	37.1 <sup>cdef</sup>	2.5 <sup>bc</sup>	100
Precoces:					
N-7590	52.8 <sup>d</sup>	16.3 <sup>cde</sup>	47.6 <sup>abc</sup>	2.0 <sup>e</sup>	96
8325	63.7 <sup>abcd</sup>	18.0 <sup>abcde</sup>	46.7 <sup>abcd</sup>	2.1 <sup>e</sup>	94
8220	61.2 <sup>abcd</sup>	16.8 <sup>bcde</sup>	41.1 <sup>bcdef</sup>	2.0 <sup>e</sup>	94
ABT-7712	54.3 <sup>cd</sup>	15.3 <sup>de</sup>	53.7 <sup>a</sup>	2.1 <sup>ed</sup>	94
8342	55.9 <sup>bcd</sup>	16.5 <sup>bcde</sup>	48.9 <sup>ab</sup>	2.0 <sup>e</sup>	94
ABT 7000Y	61.8 <sup>abcd</sup>	15.3 <sup>e</sup>	44.7 <sup>abcde</sup>	2.3 <sup>bcde</sup>	96

abcdef Valores con distinta literal en columna son diferentes ( $P < 0.05$ )

hectárea. La fertilización fue 120-80-00 a la siembra y 80-00-00 antes del primer riego de auxilio de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Los híbridos evaluados fueron clasificados de acuerdo a su ciclo y origen en precoces-templados (C-7990 y 8285), intermedios-templados (7597 y Jaguar) e intermedios-tropicales (SB-302 y 3002W). Los riegos se aplicaron a los 31, 46, 62 y 79 días después de la siembra.

El Exp 3 se sembró el 30 de abril de 1999 en suelo húmedo. La fertilización fue 120-80-00 en la siembra y 80-00-00 en la primera escarda. La densidad de población fue de 80 a 90 mil plantas por hectárea. Se aplicaron cinco riegos de auxilio a los 28, 43, 62, 77, y 99 días después de la siembra, debido a que la

textura del suelo en este caso fue más arenosa. Se evaluaron cinco híbridos de maíz de alta calidad proteínica del grano obtenidos en el programa de mejoramiento genético del INIFAP y un híbrido normal (testigo). Los híbridos evaluados fueron denominados: 1) 1301-3 TL-99 A CML 175 X CLM 176 (H-371C), 2) TL-99 A CML 142 X CML 150 X CML 176 (H-553C), 3) 1301-4TL-99 A CML 177 X CML 176 (H-375CF), 4) PR-99-A-CML 149 X CML 186 (H-368C), 5) PR-99-A-CML 142 X CML 186 (H-441) y el testigo normal 3002W.

En los tres experimentos el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. En los dos primeros experimentos, las parcelas experimentales

fueron cuatro surcos de 8.0 x 0.76 m, considerando 6 m de largo de los dos surcos centrales como parcela útil. En el tercer experimento, las parcelas experimentales fueron de 10 x 0.76 m y las parcelas útiles fueron los dos surcos centrales por 8 m de largo; lo anterior debido a las dimensiones del terreno experimental disponible.

El rendimiento de materia verde por hectárea se determinó cuando la línea de leche presentó un 1/3 de avance en el grano. El porcentaje de materia seca se determinó en muestras representativas de cada parcela secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 100°C hasta tener peso constante. El rendimiento de materia seca por hectárea se estimó con la

producción de forraje verde y el porcentaje de materia seca. En muestras de diez plantas seleccionadas al azar en cada parcela, se determinó el porcentaje de mazorca y se realizaron los análisis de laboratorio<sup>(7)</sup>.

En los tres experimentos se determinó el contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante espectroscopia de reflectancia en el cercano infrarrojo, previamente calibrado con análisis químicos tradicionales<sup>(9)</sup>. La digestibilidad *in vitro* se determinó de acuerdo a el procedimiento descrito por Goering y Van Soest<sup>(9)</sup>.

Los experimentos se analizaron de manera independiente mediante análisis de

**Cuadro 2. Proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in vitro* (DIV) de híbridos de maíz intermedios y precoces para forraje (%). Experimento 1**

Híbrido	PC	FDA	FDN	DIV
Intermedios:				
SB-304	9.2 <sup>a</sup>	36.7 <sup>abc</sup>	59.6 <sup>abc</sup>	67.0 <sup>ab</sup>
3025W	8.4 <sup>ab</sup>	32.0 <sup>cdef</sup>	53.6 <sup>cde</sup>	67.8 <sup>ab</sup>
D-881	8.1 <sup>ab</sup>	40.3 <sup>a</sup>	63.3 <sup>a</sup>	62.6 <sup>b</sup>
Pantera	8.9 <sup>ab</sup>	38.4 <sup>ab</sup>	60.9 <sup>ab</sup>	67.1 <sup>ab</sup>
Ciclón	8.0 <sup>b</sup>	38.0 <sup>ab</sup>	60.3 <sup>ab</sup>	64.1 <sup>ab</sup>
C-908	8.8 <sup>ab</sup>	35.5 <sup>abcd</sup>	57.3 <sup>abcd</sup>	65.7 <sup>ab</sup>
3002W	8.1 <sup>b</sup>	35.4 <sup>abcd</sup>	57.5 <sup>abcd</sup>	67.1 <sup>ab</sup>
3028W	8.4 <sup>ab</sup>	36.0 <sup>abcd</sup>	58.0 <sup>abcd</sup>	62.6 <sup>b</sup>
Precoces				
N-7590	8.4 <sup>ab</sup>	27.4 <sup>f</sup>	47.6 <sup>e</sup>	73.2 <sup>a</sup>
ABT-1017	8.9 <sup>ab</sup>	34.3 <sup>bcd</sup>	56.4 <sup>bcd</sup>	67.5 <sup>ab</sup>
8325	8.6 <sup>ab</sup>	32.5 <sup>cde</sup>	53.4 <sup>de</sup>	69.3 <sup>ab</sup>
8220	9.4 <sup>a</sup>	31.3 <sup>def</sup>	53.3 <sup>de</sup>	67.6 <sup>ab</sup>
ABT-7712	9.2 <sup>a</sup>	31.5 <sup>def</sup>	52.7 <sup>de</sup>	70.9 <sup>ab</sup>
8342	9.2 <sup>a</sup>	28.8 <sup>ef</sup>	49.2 <sup>e</sup>	69.7 <sup>ab</sup>
ABT-7000Y	9.2 <sup>a</sup>	33.8 <sup>bcd</sup>	55.3 <sup>bcd</sup>	67.2 <sup>ab</sup>

abcdef Valores con distinta literal en columna son diferentes ( $P < 0.05$ )

HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE CON ALTA DIGESTIBILIDAD

varianza<sup>(10)</sup> y la separación de las medias de los tratamientos se efectuó con el método de la diferencia mínima significativa. Las relaciones entre variables se evaluaron mediante análisis de correlación para cada experimento y en forma conjunta mediante regresión lineal simple<sup>(11)</sup>.

**RESULTADOS**

En el Exp 1 el híbrido ABT-1017 de ciclo intermedio tuvo mayor producción de materia seca por hectárea ( $P < 0.05$ ) que los híbridos precoces N-7590, 8342, 8220, ABT-7712 y ABT-7000Y (Cuadro 1). La producción de materia seca por hectárea varió de 18.3 a 22.0 ton/ha en los híbridos intermedios y de 15.3 a 18.0 ton/ha en los híbridos precoces. Los híbridos precoces se caracterizaron por una menor altura de planta y mayor porcentaje de mazorca ( $P < 0.05$ ). Los análisis de correlación indican que el rendimiento de materia seca por hectárea estuvo asociada

positivamente con la altura de planta ( $r = 0.77$ ;  $P < 0.05$ ) y ciclo a cosecha ( $r = 0.89$ ;  $P < 0.05$ ), y negativamente con el porcentaje de mazorca ( $r = -0.82$ ;  $P < 0.05$ ).

Los híbridos intermedios de maíz D-881 y 3028W tuvieron menos digestibilidad *in vitro* ( $P < 0.05$ ) que los demás híbridos precoces o intermedios (Cuadro 2). Los valores de digestibilidad *in vitro* variaron de 62.6 a 67.8% en los híbridos intermedios y de 67.2 a 73.2% en los híbridos precoces. Los análisis de correlación mostraron que la digestibilidad *in vitro* se correlacionó negativamente con el ciclo de los híbridos ( $r = -0.64$ ;  $P < 0.05$ ). Además, la digestibilidad *in vitro* también se asoció con la altura de planta ( $r = -0.78$ ;  $P < 0.05$ ) y con el porcentaje de mazorca ( $r = 0.76$ ;  $P < 0.05$ ). En relación a características químicas, la digestibilidad *in vitro* se correlacionó negativamente con las concentraciones de fibra detergente neutro ( $r = -0.84$ ;  $P < 0.05$ )

**Cuadro 3. Producción de forraje y características de híbridos de maíz precoces e intermedios de origen tropical y templado. Experimento 2**

Híbrido	Forraje verde (ton/ha)	Forraje seco (ton/ha)	Mazorca (%)	Altura (m)	Días a cosecha
C-7990 (P-T)	48.2 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	52.5 <sup>b</sup>	2.4 <sup>c</sup>	96
8285 (P-T)	48.6 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	49.7 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>bc</sup>	96
7597 (I-T)	38.6 <sup>b</sup>	13.8 <sup>a</sup>	27.5 <sup>d</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	105
Jaguar (I-T)	39.0 <sup>b</sup>	14.4 <sup>a</sup>	45.1 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>	100
SB-302 (I-Tr)	42.6 <sup>ab</sup>	14.1 <sup>a</sup>	35.7 <sup>c</sup>	2.7 <sup>b</sup>	100
3002-W (I-Tr)	41.2 <sup>ab</sup>	14.9 <sup>a</sup>	36.7 <sup>c</sup>	3.0 <sup>a</sup>	100

(P-T) = Precoz-templado

(I-T) = Intermedio-templado

(I-Tr) = Intermedio-tropical

abc Valores con distinta literal en columna son diferentes ( $P < 0.05$ )

y la fibra detergente ácido ( $r = -0.84$ ;  $P < 0.05$ ).

En el Exp 2, no hubo diferencia en el rendimiento de materia seca por hectárea ( $P > 0.05$ ) entre híbridos precoces de origen templado o intermedios tropicales o intermedios templados (Cuadro 3). Las producciones de materia seca por hectárea variaron de 14.5 a 15.4 ton/ha en híbridos precoces de origen templado, de 13.8 a 14.4 ton/ha en híbridos intermedios templados y de 14.1 a 14.9 ton/ha en híbridos intermedios tropicales. Los híbridos precoces tuvieron mayor ( $P < 0.05$ ) porcentaje de mazorca que los híbridos intermedios templados o intermedios tropicales, pero no hubo diferencias consistentes entre híbridos intermedios de origen tropical y templado ( $P > 0.05$ ). Al igual que en el Exp 1, los híbridos precoces tuvieron menor altura de planta que los intermedios ( $P < 0.05$ ), mientras que la altura fue similar entre híbridos templados y tropicales de ciclo intermedio ( $P > 0.05$ ).

También se observó que los dos híbridos precoces tuvieron mayor digestibilidad *in vitro* ( $P < 0.05$ ) que los híbridos intermedios templado 7597 o tropical SB-302 pero fueron similares ( $P > 0.05$ ) a los híbridos intermedios Jaguar de origen templado y 3028W de origen tropical (Cuadro 4). En los híbridos precoces la digestibilidad *in vitro* varió de 70.4 a 70.6%, mientras que los híbridos intermedios templados tuvieron valores de 64.1 a 66.3% y los intermedios tropicales de 67.1 a 64.2%. No se observaron diferencias significativas en las concentraciones de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido entre híbridos de maíz. Los análisis de correlación indican que la digestibilidad *in vitro* estuvo asociada con el porcentaje de mazorca ( $r = 0.88$ ;  $P < 0.05$ ) pero no con las concentraciones de fibra detergente neutro o fibra detergente ácido.

En el Exp 3, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre maíces de alta calidad proteínica y el testigo normal 3002W, en rendimiento de materia seca y porcentaje

**Cuadro 4. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* (DIV) de híbridos de maíz precoces e intermedios de origen tropical y templado (%). Experimento 2**

Híbrido	PC	FDN	FDA	DIV
C-7990 (P-T)	8.5 <sup>ab</sup>	53.8 <sup>a</sup>	31.0 <sup>a</sup>	70.4 <sup>a</sup>
8285 (P-T)	7.8 <sup>b</sup>	58.2 <sup>a</sup>	35.2 <sup>a</sup>	70.6 <sup>a</sup>
7597 (I-T)	8.5 <sup>ab</sup>	58.7 <sup>a</sup>	34.6 <sup>a</sup>	64.1 <sup>b</sup>
Jaguar (I-T)	8.6 <sup>a</sup>	58.5 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	66.3 <sup>ab</sup>
SB-302 (I-Tr)	8.6 <sup>a</sup>	59.6 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>	64.2 <sup>b</sup>
3002-W (I-Tr)	7.7 <sup>b</sup>	55.4 <sup>a</sup>	32.8 <sup>a</sup>	67.1 <sup>ab</sup>

(P-T) = Precoz-templado

(I-T) = Intermedio-templado

(I-Tr) = Intermedio-tropical

abc Valores con distinta literal en columna son diferentes ( $P < 0.05$ )

HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE CON ALTA DIGESTIBILIDAD

de mazorca (Cuadro 5). El rendimiento de materia seca por hectárea varió de 17.4 a 18.8 ton/ha en los híbridos de alta calidad proteínica, mientras que para el testigo fue de 18.7 ton/ha. Con excepción de TL-99 A CML 142 X CML 150 X CML 176 y 1301-4TL-99 A CML 177 X CML 176 que tuvieron un período a cosecha de 109 días, los demás materiales tuvieron un ciclo similar al testigo. Respecto a la altura de planta, los híbridos TL-99 A CML 142 X CML 150 X CML 176 y el PR-99 A-CML 142 X CML 186 fueron más altos, aunque no se presentó ningún problema de acame relacionado con dicha característica.

El porcentaje de proteína cruda de 7.5 del híbrido de maíz normal fue similar a los valores de 7.4 a 7.9% que tuvieron los híbridos de alta calidad proteínica (Cuadro 6). La digestibilidad *in vitro* de 63.2% del

híbrido normal fue similar que en los híbridos de alta calidad proteínica ( $P > 0.05$ ) en los cuales varió de 64.0 a 66.4%. De igual manera tampoco se encontraron diferencias en las concentraciones de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido entre híbridos de alta calidad proteínica y el testigo; sin embargo, los análisis de correlación indican que la digestibilidad *in vitro* de los híbridos estuvo relacionada con las concentraciones de fibra detergente neutro ( $r = -0.87$ ;  $P < 0.05$ ) y la fibra detergente ácido ( $r = -0.89$ ;  $P < 0.05$ ). Por otra parte el porcentaje de mazorca no se relacionó significativamente con la digestibilidad ( $r = 0.58$ ;  $P > 0.05$ ) como en los experimentos anteriores.

La Figura 1 muestra la información de los tres experimentos. Se observaron regresiones significativas entre la digestibilidad *in vitro* y las concentraciones

**Cuadro 5. Producción de forraje y características agronómicas de híbridos de maíz de alta calidad proteínica normal. Experimento 3**

Híbrido	Materia verde (ton/ha)	Materia seca (ton/ha)	Mazorca (%)	Altura (m)	Días a cosecha
1301-3 TL-99 A CML 175X CML176 (AP)	48.1	18.8	46.2	3.0	106
TL-99 A CML 142 x CML 150 x CML 176 (AP)	41.5	18.6	48.2	2.8	109
1301-4TL-99 A CML177 X CML176 (AP)	39.0	17.4	47.2	2.9	109
PR-99 A CML 149 x CML 186 (AP)	41.7	18.5	50.7	2.8	106
PR-99 A-CML142 X CML 186 (AP)	50.3	18.2	41.3	3.0	105
3002W (N)	48.1	18.7	45.5	2.9	106

(AP) = Maíz alto en lisina  
(N) = Maíz normal  
( $P > 0.05$ )

de FDN ( $r^2= 0.62$ ) y FDA ( $r^2= 0.63$ ). Los híbridos precoces presentaron consistentemente las concentraciones más bajas de FDN y FDA, por lo cual se agruparon con las mayores digestibilidades *in vitro*. En contraste, los híbridos de maíz de alta calidad proteínica y normales se ubicaron en forma intercalada. Por otra parte, la regresión entre el porcentaje de mazorca y la digestibilidad *in vitro* no fue significativa ( $r^2= 0.33$ ) cuando se consideraron los diferentes tipos de híbridos de maíz evaluados en los tres experimentos.

**DISCUSIÓN**

Existe cierta información<sup>(12)</sup> que muestra que híbridos más precoces tienen menos rendimiento de materia seca por unidad de área que híbridos con ciclo más largo,

como en el Exp 1 del presente estudio. La mayor producción de materia seca por hectárea de los híbridos de ciclo más largo a cosecha, se puede deber a un mayor número de hojas, índice de área foliar y duración del área foliar<sup>(13)</sup>; sin embargo, en otros estudios no se han observado diferencias en el rendimiento de materia seca entre híbridos precoces e intermedios como ocurrió en el Exp 2<sup>(6)</sup>. Aunque se pueden presentar las inconsistencias mencionadas, en la región se ha observado que la mayoría de los híbridos de ciclo precoz tienden a tener menores rendimientos por hectárea que los híbridos de ciclo intermedio<sup>(14)</sup>.

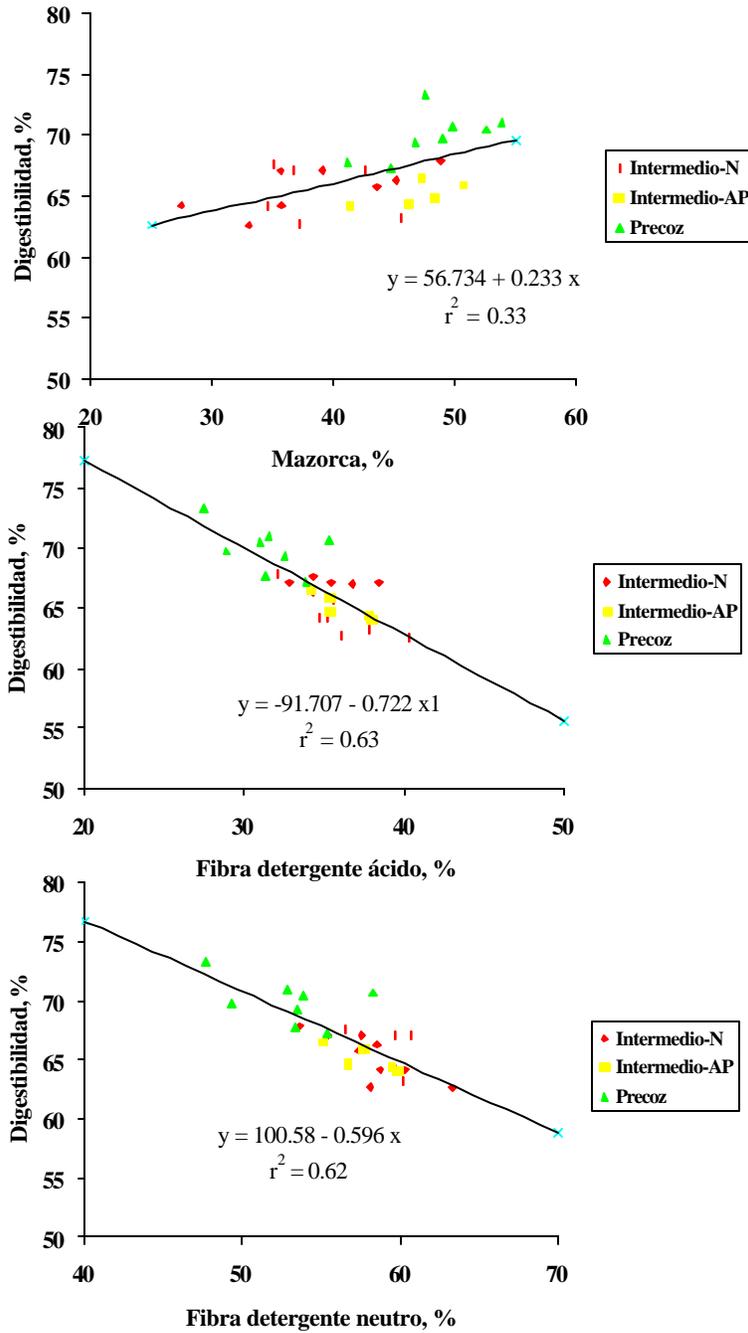
Existen factores que pueden interaccionar con los híbridos de diferente ciclo, como la fecha de siembra y la densidad de plantas<sup>(15,16)</sup>. Por lo tanto, los resultados

**Cuadro 6. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* (DIV) de híbridos de maíz de alta calidad proteínica y normal (%). Experimento 3**

Híbrido	PC	FDN	FDA	DIV
1301-3 TL-99 A CML 175 X CML 176 (AP)	7.4	59.5	37.7	64.4
TL-99 A CML 142 X CML 150 X CML176 (AP)	7.4	56.6	35.4	64.7
1301-4TL-99 A CML177 X CML176 (AP)	7.7	55.0	34.2	66.4
PR-99 A-CML 149 X CML186 (AP)	7.9	57.6	35.3	65.8
PR-99 A-CML 142 X CML 186 (AP)	7.6	59.8	37.8	64.0
3002 (N)	7.5	60.2	37.7	63.2

(AP) = Maíz alto en lisina  
 (N) = Maíz normal  
 (P>0.05)

**Figura 1. Relaciones entre la digestibilidad *in vitro* y fracciones de fibra o porcentaje de mazorca en híbridos de maíz para forraje normales (N) y de alta calidad proteínica (AP)**



del presente estudio están limitados a las fechas de siembra y densidades de plantas que fueron utilizadas.

Los dos primeros experimentos muestran en forma consistente que los híbridos precoces tuvieron mayor digestibilidad *in vitro* que los híbridos de ciclo intermedio. También se menciona en la literatura que los híbridos de maíz con ciclo más corto a cosecha tienen mayor digestibilidad<sup>(6)</sup>. Lo anterior se puede deber en parte a que los híbridos precoces de maíz se caracterizan por una alta producción de mazorca y proporción de grano<sup>(15,17)</sup>.

En el presente estudio, no se encontró ninguna ventaja consistente en rendimiento de materia seca por hectárea o digestibilidad entre híbridos de maíz de origen templado o tropical, en contraste a los resultados indicados con híbridos tropicales en siembras de verano en el sur de Texas<sup>(7)</sup>. En otro estudio en la región, y con un mayor número de híbridos de origen templado y tropical, tampoco se encontró que la producción de materia seca por hectárea o la digestibilidad estuvieran asociadas con el origen de los híbridos, en una fecha de siembra similar a la del presente estudio<sup>(18)</sup>.

No se observó que los híbridos de maíz con alto contenido de lisina tuvieran mayor rendimiento o digestibilidad *in vitro* que el híbrido normal empleado como testigo. En este experimento no se tuvo polinización controlada; sin embargo, la digestibilidad del forraje de maíz, no depende del gene recesivo opaco-2, como con el alto contenido de lisina en los maíces de alta calidad proteínica<sup>(8)</sup>. Por

otra parte, en un estudio con vacas lecheras se encontró una mayor digestibilidad de la materia seca y almidón en raciones con ensilado de estos tipos de maíz en comparación a híbridos normales de maíz<sup>(8)</sup>. Esto se atribuyó a que el maíz de alto contenido de lisina se caracterizó por un endospermo suave que permitió fuera más fácilmente degradado por los microorganismos del rumen. Esta información puede sugerir que las evaluaciones *in vivo* con animales, pudieran detectar ventajas que no son posibles a través de métodos de digestibilidad *in vitro*, en este tipo de híbridos de maíz de alta calidad proteínica.

La relación entre el porcentaje de mazorca y la digestibilidad *in vitro* no fue buena cuando se consideró la información de los tres experimentos ( $r^2=0.33$ ;  $P>0.05$ ). La exclusión de los híbridos de maíz de alta calidad proteínica mejoró la relación entre estas variables ( $r^2=0.48$ ;  $P<0.05$ ). En contraste, las concentraciones de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido se relacionaron en mayor grado ( $r^2=0.63$ ;  $P<0.05$  y  $r^2=0.62$ ;  $P<0.05$ , respectivamente), con la digestibilidad *in vitro*, independientemente del tipo de híbrido de maíz. Varios estudios muestran relaciones similares a las encontradas en este estudio<sup>(18)</sup>. Sin embargo, se ha observado que la relación entre digestibilidad *in vitro* y fibra detergente ácido es influenciada por factores ambientales, mientras que la relación con fibra detergente neutro es más consistente a través de los años<sup>(14)</sup>.

## CONCLUSIONES

Los híbridos de maíz de ciclo más precoz fue la alternativa que mostró consistente-

mente mayor digestibilidad *in vitro* en comparación a híbridos de maíz de ciclo intermedio, aunque en algunos casos presentaron menores rendimientos de materia seca por hectárea. Entre híbridos de maíz de origen templado o tropical de ciclo intermedio no se observó ninguna ventaja en producción de materia seca por hectárea o digestibilidad *in vitro* para las condiciones del ciclo de primavera en que se efectuó el presente estudio. De igual forma no se observaron ventajas en rendimiento o digestibilidad *in vitro* con los híbridos de maíz de alta calidad proteínica evaluados en este trabajo. La digestibilidad *in vitro* estuvo relacionada con las concentraciones de fibra ácido detergente o fibra neutro detergente independientemente de cualquier tipo de híbridos; sin embargo, la relación con el porcentaje de mazorca no fue buena cuando se incluyeron híbridos de maíz normales y de alta calidad proteínica.

## HIGH DIGESTIBILITY CORN HYBRIDS FOR FORAGE IN NORTHERN MEXICO

### ABSTRACT

Núñez HG, Faz CR, Tovar GMR, Zavala GA. *Téc Pecu Méx* 2001;39(2):77-88. Three experiments were carried out to evaluate: corn hybrids differing in cycle to harvest, temperate and tropical hybrids, and high lysine and normal corn hybrids. The experiments were seeded in April 1999 on wet soil. Exp 1 was fertilized with 229-80-00, of N-P-K, respectively. Experiments 2 and 3 were fertilized with 200-80-00 of N-P-K. Plant density varied from 80 to 90 thousand plants/ha in all three experiments. All experiments received four additional irrigations while the third experiment received five. All experiments were harvest at boot

stage of the plant. Early corn hybrids tended to have lower dry matter per hectare than the intermediate hybrids in Exp 1. The *in vitro* digestibility was negatively correlated with days to harvest ( $r = 0.64$ ;  $P < 0.05$ ). In Exp 2, there was no difference ( $P > 0.05$ ) on dry matter yield among early temperate hybrids, intermediate tropical hybrids or intermediate temperate hybrids. In this experiment, early temperate hybrids showed greater *in vitro* digestibility ( $P < 0.05$ ) than the intermediate temperate 7597 or the intermediate tropical SB-302. In Exp 3, there was no difference between high lysine corn hybrids and the control ( $P > 0.05$ ). The *in vitro* digestibility was similar between high lysine and control corn hybrids ( $P > 0.05$ ). *In vitro* digestibility was associated to acid detergent fiber ( $r^2 = 0.63$ ;  $P < 0.05$ ) and to neutral detergent fiber ( $r^2 = 0.62$ ;  $P < 0.05$ ). These relationships were similar for all types of hybrids.

**KEY WORDS:** Corn, *Zea mays*, Forage, Quality, Silage.

### LITERATURA CITADA

1. Chalupa W. Requerimientos de forrajes de vacas lecheras. Primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. 1995;19-28.
2. Allen M, Ford S., Harrison J, Hunt C, Lauer J, Muck R, Soderlund S. Corn silage production, management and feeding. Am Soc of Agron 1995; 1-41.
3. Lundvall JP, Buxton DR, Hallauer AR, George JR. Forage quality variation among maize inbreds: In vitro digestibility and cell wall components. Crop Sci 1994;(34):1672-1678.
4. Wolf DP, Coors JG, Albrecht KA, Undersander DJ, Carter PR. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci 1993;(33):1359-1365.
5. Ferret A, Gasa J, Plaixats J, Casañas F, Bosch L, Nuez F. Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages given to sheep from morphological and chemical composition, in vitro digestibility or rumen degradation characteristics. J Agric Sci 1997;(64):493-492.
6. Cummins DG, Dobson Jr JW. Corn for silage as influenced by hybrid maturity, row spacing, plant population, and climate. Agron J 1973;(65):240-243.

7. Johnson JC, Gates RN, Newton GL, Wilson JP, Chandler LD, Utley PR. Yield, composition, and *in vitro* digestibility of temperate and tropical corn hybrids grown as silage crops planted in summer. *J Dairy Sci* 1997;80(3):550-557.
8. Dado RG Nutritional benefits of specialty corn grain hybrids in dairy diets. *J Anim Sci* 1999;77 (Suppl 2);82:197-207.
9. Goering HK, Van-Soest P.J. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook 1970 No. 379.
10. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2<sup>nd</sup> ed. New York, USA:McGraw-Hill Book Co.;1980.
11. Netter J, Wasserman W, Kutner M. Applied linear regression models. 2nd ed. Homewood IL Irwin Inc. 1989;667.
12. Howell TA, Tolk JA, Schneider AD, Evett SR. Evapotranspiration, yield, and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. *Agron J* 1998;90:3-9.
13. Nuñez HG, Conteras GFC, FAZ CR. Relación entre características agronómicas, químicas y el valor energético en híbridos de maíz para forraje. *Revista Fitotecnia* [en prensa]. 2000.
14. Graybill JS, Cox WJ, Otis DJ. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agron J* 1991;83:559-564.
15. Cross HZ, Tonyekamen J, Brun L. Plant density, maturity and prolificacy effects on early maize. *Can J Plant Sci* 1987;(67):35-42.
16. Lauer JG, Carter PR, Wood TM, Diezel G, Wiersma DW, Rand RE, Mlynarek MJ. Corn hybrid response to planting date in the northern corn belt. *Agron* 1999;91:834-839.
17. Russell JR, Irlbeck NA, Hallauer AR, Buxton DR. Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Anim Feed Sci Technol* 1992;38:11-24.
18. Nuñez HG, Conteras GFC, FAZ CR. Producción composición química y digestibilidad *in vitro* de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México. *Avances Invest Agropec* 1999;8(1):10-17.