

## Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México

Job Zaragoza-Esparza<sup>1</sup>  
Margarita Tadeo-Robledo<sup>1§</sup>  
Alejandro Espinosa-Calderón<sup>2</sup>  
Consuelo López-López<sup>1</sup>  
Julio Cesar García-Espinosa<sup>1</sup>  
Benjamín Zamudio-González<sup>2</sup>  
Antonio Turrent-Fernández<sup>2</sup>  
Francisco Rosado-Núñez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Agrícola-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-Universidad Nacional Autónoma de México. Carretera Cuautitlán-Teoloyucán km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. CP. 54714. (jobzaragoza4920@yahoo.com; lopez8con@gmail.com; veracruzfly@hotmail.com). <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. (espinoale@yahoo.com.mx; bzamudiog@yahoo.com.mx; aturrent37@yahoo.com.mx; f.rosado@alumnos.upm.es).

§Autor para correspondencia: tadeorobledo@yahoo.com.

### Resumen

Se evaluaron doce híbridos para determinar los que exhiban altos rendimientos y elevada calidad de forraje para aprovecharse en la producción ganadera. La procedencia es de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la colaboración de ambas instituciones, en comparación con un testigo comercial. La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano de 2013, se establecieron experimentos, en el Centro de Enseñanza Agropecuaria de la FESC-UNAM y otro en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX-INIFAP) del INIFAP. Cada uno de los experimentos constó de 12 tratamientos (híbridos), cuatro de la FESC, UNAM, dos de INIFAP, cinco de INIFAP-FESC-UNAM y un testigo de ASGROW. Los híbridos PUMA 1163, Búho y H-48 presentaron los mayores rendimientos de materia verde ( $p < 0.05$ ). Búho, 501 x 497, 504 x 408 y PUMA 1163 los más altos en materia seca ( $p < 0.05$ ) y la mayor altura de planta correspondió a los híbridos PUMA 1167 y PUMA 1163 ( $p < 0.05$ ), por lo que se pueden considerar alternativas para los productores. PUMA 1163 y PUMA 1167 presentaron alta calidad forrajera, con valores aceptables de digestibilidad, proteína y bajos contenidos de fibras. En calidad forrajera destacaron los híbridos PUMA 1163, H-48 y PUMA 1167 con 63, 61 y 60% de digestibilidad, respectivamente. Los valores para proteína, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido fueron 8.6 y 8.4%, 60 y 57% y 26 y 22.5% para PUMA 1167 y PUMA 1163, respectivamente.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., calidad forraje, híbridos, productividad, proteína.

Recibido: enero de 2019

Aceptado: marzo de 2019

## Introducción

El maíz es un cultivo de gran importancia en México, debido a que se utiliza para consumo humano y animal. En el caso del consumo animal, se utiliza como forraje fresco, ensilado o rastrojo, destinando su uso principalmente en la época de estiaje (Luna *et al.*, 2013). En las cuencas lecheras de México el ensilado de maíz se utiliza comúnmente en la alimentación del ganado lechero, puede constituir de 30 a 40% de la ración, en base seca, de vacas en producción (González *et al.*, 2005). En 2017 se sembraron en el país 598 167 ha, se cosecharon 573 034 ha y se obtuvieron 16, 261, 864 toneladas de forraje, con un rendimiento promedio de 28.4 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2017).

El valor nutritivo del ensilado de maíz depende del híbrido empleado, la densidad de plantación utilizada, condiciones de crecimiento, grado de madurez y humedad al momento de cosecha y de las condiciones de ensilaje (Satter y Reiss, 2012).

El cultivo del maíz para ensilado en México presenta bajo rendimiento de materia seca por hectárea, bajo contenido de grano y alto de fibra lo que ocasionan que la digestibilidad y energía del forraje sean bajas. Esta situación se debe en parte al uso de híbridos considerados como forrajeros, de elevada altura y gran capacidad para producir follaje, así como de prácticas en el manejo del cultivo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea pero, con pobre valor nutritivo, ya que por lo general estos materiales se siembran a altas densidades de población, lo que ocasiona una escasa cantidad de grano, siendo este último donde se encuentra el mayor valor energético del maíz forrajero como alimento para el ganado (Núñez *et al.*, 2005).

El incremento de la productividad de maíz forrajero sin disminuir la calidad del forraje es determinante para una eficiente producción de leche, consecuentemente, con el aumento de la cantidad de ensilado de calidad en las raciones para la alimentación del ganado, se esperaría una disminución en los costos de producción sin disminución de la producción de leche (Reta *et al.*, 2000).

Para obtener un ensilado de alto valor nutritivo y alta producción de materia seca es necesario seleccionar el híbrido o variedad a sembrar. En los últimos años se ha encontrado, en diversas investigaciones que, mediante la selección adecuada de los genotipos de maíz forrajero para ensilado, se pueden obtener los materiales más sobresalientes en rendimiento de materia seca y principalmente de mayor calidad, ya que existen diferencias entre híbridos de maíz en cuanto a sus contenidos de proteína cruda, fibra y digestibilidad de la materia seca (Reyes y Reyes, 2000).

En los Valles Altos del Estado de México se utilizan una gran cantidad de variedades de maíz para ensilar; sin embargo, éstas se generaron para producir grano, por lo que es necesario determinar la capacidad productiva de forraje y su calidad. Por lo anterior, en este trabajo se evaluaron doce híbridos cuya procedencia es la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), así como del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y de la colaboración de ambas instituciones, en comparación con un testigo comercial, para así determinar los mejores genotipos, con altos rendimientos y elevada calidad de forraje para utilizarse en la producción de leche del ganado vacuno.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano de 2009, se establecieron dos experimentos, uno en el Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), (19° 41' latitud norte, 99° 11' longitud oeste, 2 274 m de altitud), cuyo suelo es de textura franco-arcillosa. La otra localidad correspondió a Santa Lucía de Prías, Coatlínchán, Municipio de Texcoco, Estado de México (19° 27' latitud norte, 98° 51' longitud oeste, 2 240 m de altitud), con suelo de textura franco-arenosa, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), del INIFAP.

Cada experimento constó de 12 tratamientos (híbridos), cuatro de la FESC-UNAM, dos de INIFAP, cinco de INIFAP-UNAM y un testigo de ASGROW (Cuadro 1). Los experimentos se manejaron bajo condiciones de temporal, en ambos casos las siembras fueron en la segunda quincena de junio de 2009, lo que se considera una fecha de siembra retrasada. Previo a la siembra del cultivo, el terreno se preparó de forma convencional, consistió en barbecho, dos pasos de rastra y surcado. Al momento de realizar el surcado se fertilizó con una dosis 80-40-00 (N, P, K), utilizándose urea y fosfato de amonio. La siembra se realizó a tapa pie depositando tres semillas por mata, cada 50 cm. El riego fue rodado en surcos, al siguiente día realizado la siembra y, posteriormente en el CEVAMEX se dio un riego ligero a los diez días, para asegurar la germinación de la semilla.

**Cuadro 1. Híbridos de maíz de grano amarillo y blanco de ciclo intermedio utilizados para la evaluación de producción de grano y forraje en Valles Altos de México. Ciclo primavera- verano 2013.**

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
PUMA 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
BUHO	Trilineal fértil	Blanco	ASGROW	Riego

Para el control de maleza se aplicó herbicida en dos ocasiones: la primera, a los 15 días posteriores al riego, con la mezcla de un litro de Hierbamina y dos kg de Gesaprim calibre 90, por hectárea. La segunda aplicación fue 20 días después de la siembra, con una mezcla de un litro de Sansón 4 SC, un litro de Hierbamina y dos kg de Gesaprim calibre 90, por hectárea. Una vez que se estableció el cultivo, aproximadamente a los 40 días, se aclareo para obtener una densidad de población aproximada de 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Se determinó el rendimiento de los diferentes híbridos, para lo cual la cosecha se realizó cuando se presentó el estado de madurez óptimo, el cual se determinó de manera visual, después de tomar cinco plantas al azar y observar el estado del grano (1/4 a 1/3 de avance de la línea de leche) para cada uno de los híbridos.

Para determinar el rendimiento de materia verde por ha, se cortaron diez plantas, a una altura de 7 a 10 cm con respecto al nivel del suelo, de los tres metros centrales de cada unidad experimental, se pesaron y se obtuvo el peso promedio por planta, que se multiplicó por la densidad de plantas por hectárea para obtener el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$  de materia verde para cada tratamiento. Para obtener el rendimiento en materia seca se utilizaron diez plantas cosechadas; las cuales se cortaron en trozos de 3 a 5 cm, se mezclaron hasta que se constituyó una muestra homogénea, se tomó una submuestra de un kg, se colocó en una estufa de aire forzado a  $55\ ^\circ C$ , hasta que alcanzó peso constante, después se pesó el contenido de materia seca y así, mediante la diferencia entre el peso inicial y el peso final, se determinó el peso promedio en materia seca por planta y se multiplicó por la población de plantas  $ha^{-1}$ .

Con los datos de peso fresco y peso seco se determinó el porcentaje de materia seca para cada unidad experimental aplicando la ecuación siguiente:

$$\text{Porcentaje de materia seca} = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso fresco de la muestra}} * 100$$

De cada tratamiento se tomaron cinco plantas, se separaron las mazorcas, se pesaron, se secaron en una estufa de aire forzado hasta peso constante y se pesaron nuevamente. Se obtuvo el peso promedio de mazorca para cada tratamiento y se determinó el porcentaje de mazorca por medio de la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de mazorca} = \frac{\text{Peso seco promedio de mazorcas}}{\text{Peso seco promedio de plantas}} * 100$$

Para determinar la altura de planta se midieron la tercera, sexta y novena planta de cada repetición, con una regla de 3 m, desde el suelo hasta el nudo donde inicia el crecimiento de la espiga. En los dos experimentos la densidad de población fue de 70 000 plantas  $ha^{-1}$ , la parcela experimental estuvo constituida por un surco de cinco metros de largo por 0.8 m de ancho, lo que dio un total de  $4\ m^2$  como parcela útil. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, el análisis estadístico se efectuó en un arreglo factorial, con los factores genotipos y localidades, así como la interacción genotipos x localidades (Steel y Torrie, 1988).

Se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca con la técnica de Tilley y Terry (1963), para lo cual se colocaron muestras de 0.5 g de forraje de maíz molido, como sustrato, en un tubo equipado con válvulas para el escape de gases, se le agregó saliva de McDougall y líquido ruminal, que se extrajo de un bovino en ayunas del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se realizó su incubación en baño maría por 48 horas, posteriormente se le agregó pepsina y ácido clorhídrico para realizar la digestión equivalente a la digestión abomasal, durante otras 48 horas.

Se utilizaron dos repeticiones para cada unidad experimental. Para obtener el contenido de proteína cruda se utilizó una submuestra a la que se determinó el contenido de nitrógeno total, mediante el método de Microkjeldhal (AOAC, 1984), y se multiplicó por el factor 6.25 para conocer el contenido de proteína cruda. La fibra detergente neutro y la fibra detergente ácido fueron determinadas por medio del método de Goering y Van Soest (1970).

Los datos obtenidos del experimento se analizaron con los procedimientos Mixed y GLM del programa de SAS para Windows, versión 8 (SAS Institute, 2001), para un diseño en bloques al azar con arreglo factorial. La prueba de comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tuckey (Steel y Torrie, 1988).

## Resultados y discusión

En el Cuadro 2, se presentan los cuadrados medios obtenidos de los resultados de los análisis de varianza, así como la significancia estadística para las variables rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, porcentaje de materia seca, porcentaje de mazorca y altura de planta, evaluadas en dos localidades para determinar la capacidad productiva y calidad de los diferentes híbridos de maíz para producción de forrajes en dos ambientes en Valles Altos de México.

**Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística al evaluar el rendimiento de forraje en híbridos de maíz de Valles Altos en Cuautitlán y Texcoco en primavera-verano 2013.**

Fuente de variación	GL	Rend MV <sup>†</sup> CM	Rend MS <sup>††</sup> CM	(%) MS <sup>††</sup> CM	(%) mazorca CM	Altura planta CM
Genotipos	11	386831275**	50406971**	20.67	102.83	0.11**
Localidades	1	1622036184**	1615995274**	1556.87**	3954**	8.7**
Gen*Loc	11	237244653**	33706838**	25.34	42.4	0.02
Error		45799343	9683446	16.87	134.05	0.036
CV (%)		10.4	13.2	11.3	28.2	9
Media		64760.6	23618.25	36.35	41.05	2.13

\*= Significativo al 0.05 de probabilidad de error. \*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad de error. <sup>†</sup>MV= materia verde; <sup>††</sup>MS= materia seca; CM= cuadrado medio.

En rendimiento de materias verde y seca hubo diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para híbridos, localidades, así como la interacción híbridos x localidades, indica que hubo diferente comportamiento de los híbridos en el promedio de las dos localidades. Las medias de rendimiento en materia verde y seca fueron 64.8 y 23.6 t ha<sup>-1</sup> y los coeficientes de variación de 10.4% y 13.2%, respectivamente. Los porcentajes de materia seca y de mazorca fueron diferentes significativamente ( $p < 0.05$ ) entre localidades, pero no hubo diferencias estadísticas significativas entre los híbridos evaluados y no se presentó interacción entre genotipo y localidad (Cuadro 2). Para altura de planta hubo diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre híbridos, localidades e interacción entre genotipo x localidad.

En los análisis de varianza para la variable digestibilidad, en el factor de variación genotipos (híbridos) se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para genotipos, así como en la interacción genotipo x localidad, en cambio para localidades no se presentaron diferencias significativas. La media para esta variable fue 60.2% (Cuadro 3). Para porcentaje de proteína se

presentaron diferencias altamente significativas entre híbridos, localidades y la interacción genotipo x localidad. Para la variable fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se presentaron diferencias altamente significativas en los factores de variación híbridos, localidades, así como la interacción genotipo x localidad (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística al evaluar la calidad de forraje en híbridos de maíz de Valles Altos en Cuautitlán y Texcoco en primavera-verano 2013.**

Fuente de variación	GL	Digestibilidad CM	Proteína CM	FDN (%)	FDA (%)
Genotipos	11	42.3**	1.01**	91**	34.9**
Localidades	1	93.8	8**	79**	33.8**
Gen*Loc	11	40.7**	1.1**	55.1**	24**
Error		4.5	0.26	13.7	3.42
CV (%)		3.5	6.1	6.7	7.44
Media		60.2	8.4	54.9	25

\*= significativo al 0.01 de probabilidad de error; \*\*= significativo al 0.0001 de probabilidad de error; †MV= materia verde; ††MS= materia seca; CM= cuadrado medio.

En la prueba de comparación de medias se definieron tres grupos de significancia, se encontró que los híbridos PUMA 1163 y BUHO (75 y 74 t ha<sup>-1</sup>) presentaron los mayores rendimientos ( $p < 0.05$ ) de materia verde con respecto a H 51 AE, 501 x 554, PUMA 1181 y PUMA 1075 (61, 59, 58 y 50 t ha<sup>-1</sup>) y no fueron diferentes ( $p < 0.05$ ) a los demás híbridos evaluados (Cuadro 4). Los rendimientos de materia verde obtenidos en esta investigación con los mejores híbridos son elevados y fueron similares a los registrados por Núñez *et al.* (2005) de 71 t ha<sup>-1</sup>, al cosechar cuando el grano presentó un estado ‘masoso’. Peña *et al.* (2008) con el híbrido H-376 INIFAP, en parcelas de validación, produjeron de 78 a 91 t ha<sup>-1</sup>.

Los híbridos Búho, 501 x 497, 504 x 408, PUMA 1163, 501 x 555, H-48, 501 x 410 y H-51 AE, (26.4, 25.6, 25.5, 25.4, 24.7, 24.7, 24.3 y 23.4 t ha<sup>-1</sup>) presentaron mayor ( $p < 0.05$ ) rendimiento en materia seca que PUMA - 1075 (17.6 t ha<sup>-1</sup>) y similar a los otros híbridos evaluados. El rendimiento promedio de materia seca (24 t ha<sup>-1</sup>) obtenido en este experimento fue más elevado que el promedio registrado en la región de Aguascalientes, Zacatecas, Durango, Chihuahua y Bajío de México, donde la producción de MS promedio de maíz forrajero es de 20 t MS ha<sup>-1</sup>, similar a la que obtuvieron Núñez *et al.* (2006) en condiciones experimentales (Cuadro 4).

Con respecto al porcentaje de materia seca, el rango fue de 34.1 a 39.7, la media de 36%, que coinciden con el porcentaje de materia seca recomendado por diversos autores (Núñez *et al.*, 2005; Cox y Cherney, 2005) para realizar la cosecha de maíz para ensilado, con el que se obtiene la mayor calidad nutritiva y el mayor rendimiento en materia seca. Ensilados elaborados con valores menores a 30% en materia seca presentan una alta producción de efluentes y fermentación por la bacteria clostridium, resultando en una pérdida significativa de componentes solubles, tales como: nitrógeno soluble, azúcares, productos de la fermentación y minerales (Mábío *et al.*, 2015). Ensilados con valores mayores de materia seca inhiben la compactación del material y la eliminación del aire y en consecuencia se presenta una inadecuada fermentación (Cuadro 4).



**Cuadro 4. Comparación de medias de los híbridos considerando su comportamiento medio en Cuautitlán y Texcoco en primavera-verano 2013.**

Genealogía	Rendimiento de materia verde (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de materia seca (t ha <sup>-1</sup> )	(%) de materia seca	(%) de mazorca	Altura planta (m)
PUMA 1163	75 a	25.4 a	34.1 a	39 a	2.3 ab
BUHO	74 a	26.4 a	34.8 a	38 a	2.18 bcd
H-48	69.4 ab	24.7 a	35.8 a	39 a	2.2 abc
504 x 408	68.8 ab	25.5 a	37.1 a	45.4 a	2.2 bc
501 x 410	65.8 ab	24.3 a	37 a	47.4 a	2.1 bcd
501 x 555	65.8 ab	24.7 a	37.4 a	45.2 a	2.16 bcd
PUMA 1167	65.2 ab	23 ab	35.2 a	40.1 a	2.4 a
501 x 497	64.1 ab	25.6 a	39.7 a	41.8 a	2 d
H-51 AE	61 bc	23.4 a	37.8 a	33 a	2.2 abc
501 x 554	59.1 bc	22.1 ab	37.3 a	45.1 a	2.1 bcd
PUMA 1181	58 bc	20.9 ab	31.5 a	45.1 a	2.1 cd
PUMA 1075	50 c	17.6 b	34.5 a	41 a	2.12 bcd
DSH (0.05)	11.4	5.3	7	19.6	0.32

Medias con distinta literal en una misma columna son diferentes ( $p < 0.05$ ). DSH= diferencia significativa honesta ( $p < 0.05$ ).

El promedio para porcentaje de mazorca 42%, similar a los porcentajes obtenidos por Nuñez *et al.* (2005) y Peña *et al.* (2002) con híbridos comerciales. El híbrido 501 x 410 presentó los valores más altos (47.4%) y el H-51 AE los valores más bajos (38%). Estos porcentajes de mazorca se consideran adecuados para constituir un sustrato suficiente para la fermentación acética y láctica por las bacterias y lograr una adecuada fermentación del ensilado. El porcentaje de mazorca es una de las características más importantes que determinan el valor energético de los ensilados de maíz (Nuñez *et al.*, 2015).

El híbrido PUMA 1167 presentó la mayor altura de planta ( $p < 0.05$ ), 2.4 m; sin embargo, no fue diferente con respecto a PUMA 1163, H-48 y H-51 AE, pero si con respecto a los demás híbridos. La menor altura de planta, 2.0 m, correspondió al híbrido 501 x 497 (Cuadro 4).

Los híbridos PUMA 1163, BUHO y H-48, presentaron cierta relación entre altura de planta, rendimientos en materia seca y en materia verde, debido a que los valores de estas variables, es decir altura que registraron se ubicaron en los valores más altos de los diferentes híbridos evaluados y correspondieron a los híbridos con mayor rendimiento (Cuadro 4).

El híbrido H-51AE presentó la mayor digestibilidad (65%) y no fue diferente con respecto a PUMA 1163, H-48, PUMA 1167, 501 x 410 (63, 61, 60, 59%, respectivamente) pero si lo fue con respecto a los demás híbridos evaluados. Estos híbridos presentaron altos contenidos de proteína y valores relativamente bajos para FDA, lo que indica que el cultivo se cosechó en una madurez adecuada, como se observa en los valores obtenidos para porcentaje de materia seca, y no hubo acumulación excesiva de hemicelulosa y lignina, y consecuentemente mayor disponibilidad de nutrientes (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Comparación de medias de híbridos considerando su comportamiento medio en Cuautitlán y Texcoco en primavera-verano 2013.**

Genealogía	Digestibilidad (%)	Proteína (%)	FDN (%)	FDA (%)
H-51 AE	65 a	8.7 ab	54 abcd	26 ab
PUMA 1163	63 ab	9 a	60 a	25 ab
H-48	61 ab	8.1 bc	59 a	28 a
PUMA 1167	60 ab	8.6 abc	57 abc	22.5 c
501 x 410	59 ab	8.4 ab	57 abc	23.4 bc
501 x 554	58 b	8.1 abc	52 bcd	22 bc
504 x 408	58 b	7.8 c	50 d	23 bc
PUMA 1075	58 b	8.3 abc	52 bcd	25 abc
PUMA 1181	58 b	8.7 ab	53 bcd	26 ab
501 x 497	57 b	8 bc	56 abcd	22 c
501 x 555	57 b	8.5 abc	58 ab	28 a
BUHO	57 b	8 bc	51 bcd	26 ab
DSH (0.05)	3.6	0.9	6.3	3.1

Medias con distinta literal en una misma columna son diferentes ( $p < 0.05$ ). P= PUMA. DSH= diferencia significativa honesta ( $p < 0.05$ ).

Los valores de digestibilidad obtenidos por H-51AE, H-48, PUMA 1163 y PUMA 1167 (60 a 65%) se consideran dentro del rango de otros híbridos evaluados en la región de estudio. En investigaciones realizadas con vacas lactantes se ha llegado a la conclusión de que la digestibilidad de la fibra es potencialmente el indicador más importante que determina la calidad nutricional del maíz para ensilaje, debido que al incrementar la disponibilidad de energía en fibra más digestible, también se incrementa el consumo de materia seca (Núñez, 2015), lo que repercute en mayor producción de leche.

El híbrido PUMA 1163 presentó mayor porcentaje de proteína ( $p < 0.05$ ) que los híbridos H-48, 501 x 497, BUHO y 504 x 408 y no fue diferente con respecto a los demás. Los valores de proteína variaron de 7.8 a 9% y la media fue 8.8%. Sobresaliendo por su alto contenido de proteína PUMA 1163, PUMA 1181 y H-51 AE, PUMA 1167, 501 x 555, 501 x 410 y PUMA 1075 (con valores de 9, 8.7, 8.6, 8.5, 8.4 y 8.3%, respectivamente). Estos valores de proteína cruda se consideran dentro de los valores promedio que registran ensilados de maíz de buena calidad, los cuales varían de un rango de 7.5 a 8.6 (Mábio *et al.*, 2015).

Los valores de FDN variaron de 50 a 60%, promedio 55%, los híbridos PUMA 1163 y H-48 (60 y 59%) presentaron mayores valores, con respecto a 501 x 554, 504 x 408, PUMA 1075, PUMA 1181 y BUHO y no fueron diferentes a los demás materiales evaluados.

Estos valores de FDN fueron mayores que los obtenidos por Núñez *et al.* (2006), quienes registraron promedios de 44 a 48% en un experimento realizado en la comarca lagunera y a los de Juráček *et al.* (2012) quienes obtuvieron valores de 46 a 48%. Sin embargo, se consideran adecuados, ya que a mayores valores se presenta una correlación negativa con la digestibilidad del forraje y se reduce el consumo de ensilado por parte del animal lo que provoca que se reduzca la productividad de leche o carne.



El híbrido 501 x 497 presentó el menor valor de FDA (22%) con respecto a 501 x 555 (28%), H-48 (28%), H-51 AE, PUMA 1181 y BUHO (26% los tres últimos). Se presentó un grupo de significancia intermedio con valores similares a 501 x 497, constituido por 504 x 408, PUMA 1167, 501 x 410 y PUMA 1163 (valores de 22 a 25%). Estos valores de FDA se encuentran en el rango de alta calidad determinado por Herrera (1999) y por Peña *et al.* (2002), debido a que un maíz de alta calidad forrajera es considerado aquel que presenta valores de FDA de 25 a 32% y FDN de 40 a 52% (Herrera, 1999).

Al realizar la prueba de comparación de medias para las dos localidades estudiadas (Cuadros 6 y 7), se encontró, que en Cuautitlán se presentaron mayores valores para la mayoría de las variables evaluadas (excepto FDN), lo cual probablemente fue consecuencia de un ambiente más favorable (clima y suelo). Los rendimientos de materia verde y seca fueron mayores ( $p < 0.05$ ) en 13.5 y 39%, en Cuautitlán con respecto a los obtenidos en Texcoco. El porcentaje de mazorca fue 33% mayor en Cuautitlán en comparación con el obtenido en Texcoco.

**Cuadro 6. Comparación de medias entre las localidades de prueba para las diferentes variables evaluadas en híbridos de maíz que se utilizaron para producción de forraje en primavera-verano 2013.**

Localidad	Rendimiento materia verde (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento materia seca (t ha <sup>-1</sup> )	Materia seca (%)	Mazorca (%)	Altura planta (m)
Cuautitlán	68.9 a	27.7 a	40.4 a	47.5 a	2.43 a
CEVAMEX	60.7 b	19.5 b	32.3 b	34.6 b	1.8 b
DSH (0.05)	2758.2	1268.3	1.67	4.71	0.078

DSH= diferencia significativa honesta ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 7. Comparación de medias entre las localidades de prueba para las diferentes variables evaluadas en híbridos de maíz para producción de forraje en primavera-verano 2013.**

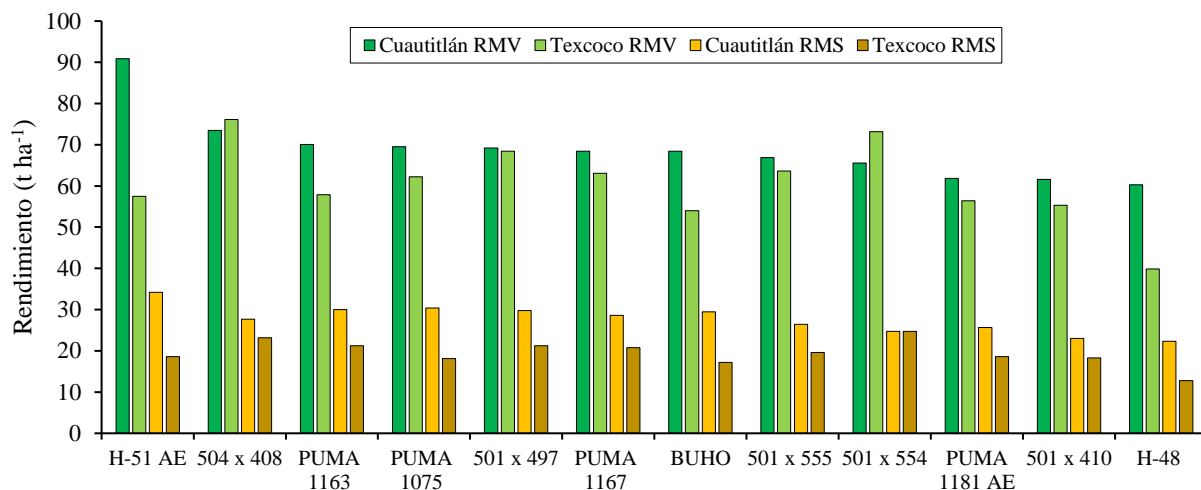
Localidad	Digestibilidad (%)	Proteína (%)	*FDN (%)	**FDA (%)
Cuautitlán	61.2 a	8.6 a	54 b	25.5 a
CEVAMEX	59.2 b	8.1 b	55.8 a	24.3 b
DSH (0.05)	0.86	0.21	1.5	0.75

\*FDN= fibra detergente neutro; \*\*FDA= fibra detergente ácido; DSH= diferencia significativa honesta ( $p < 0.05$ ).

El porcentaje de materia seca promedio, registrado en Cuautitlán fue 40.4%, que está dentro del límite recomendable para el proceso de ensilaje y es indicador de que la cosecha se realizó en una fase avanzada de madurez lo que influyó en una mayor acumulación de materia seca.

Por lo que respecta a la calidad de forraje obtenida en las dos localidades, no se observan diferencias importantes, lo que refleja una calidad similar entre ambas.

En la Figura 1, se presentan los rendimientos de materia verde (t ha<sup>-1</sup>) y rendimiento de materia seca (t ha<sup>-1</sup>) de los doce híbridos evaluados en las localidades de Cuautitlán y Texcoco, donde se aprecia que en algunos materiales como el híbrido 504 x 508 y 501 x 554, los resultados muestran diferencias con los otros materiales, lo que confirma la significancia en la interacción genotipo x localidad.



**Figura 1. Rendimiento de materia verde (t ha<sup>-1</sup>) y rendimiento de materia seca (t ha<sup>-1</sup>) de los 12 híbridos; a través, de las dos localidades de evaluación.**

## Conclusiones

Los híbridos PUMA 1163, BUHO y H-48 presentaron los mayores rendimientos de materia verde ( $p < 0.05$ ), BUHO, 501 x 497, 504 x 408 y PUMA 1163 los más altos en materia seca ( $p < 0.05$ ), la mayor altura de planta correspondió a los híbridos PUMA 1167 y PUMA 1163 ( $p < 0.05$ ), por lo que se pueden considerar variedades alternativas para los productores que no pueden acceder a las variedades ofrecidas en el mercado por empresas internacionales.

En porcentaje de mazorca no hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos; sin embargo, en calidad forrajera destacaron los híbridos PUMA 1163, H-48 y PUMA 1167 con valores de digestibilidad de 63, 61 y 60%, respectivamente, valores de proteína de 8.6 y 8.4 para P 1167 y P 1163. Valores de FDN de 60 y 57%. FDA de 26 y 22.5%.

## Agradecimientos

El presente trabajo se llevó a cabo con financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) clave: IT201618.

## Literatura citada

- AOAC. 1984. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14<sup>th</sup> (Ed.). Washington, DC.
- Cox, W. J. and Cherney, H. J. 2005. Timing corn forage harvest for bunker silos. Agron. J. 97:142-146.
- Goering, H. and Van Soest, P. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook No. ARSUSDA, Washington, DC. 76 p.
- González, C. F.; Peña, R. A.; Núñez, H. G. y Jiménez, G. C. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 28(4):393-397.

- Herrera, S. R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. *In: 2<sup>do</sup>. Taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN Saltillo, Coahuila, México.* 133-137 pp.
- Juráček, M.; Bíro, D.; Šimko, M.; Gálik, B. and M. Rolinec. 2012. The quality of maize silages from west Region of Slovakia. *J. Central Eur. Agric.* 13(4):695-703.
- Luna, O. J. G.; García, H. J. L; Preciado, R. P.; Fortis, H. M.; Espinoza, B. A.; Gallegos, R. M. A and Chavarría, G. J. A. 2013. Evaluation of hybrids from simple crosses using maize elite landraces with forage outstanding characteristics for a Mexican arid land. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 16(1):119-126.
- Mábio, S. J.; Clóves, C. J.; Carlos, P. E.; Tais, T. T. and Puntel, O. M. 2015. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *R. Bras. Zootec.* 44(9):303-313.
- Núñez, H. G.; Anaya S. A.; Faz C. R. y H. Serrato M. 2015. Híbridos de maíz forrajero con alto potencial de producción de leche de bovino. *AGROFAZ.* 15 (1):47-50.
- Núñez, H. G.; Faz, C. R.; González C. F. y Peña R. A. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Téc. Pec. Méx.* 43(1):69-78.
- Núñez, H. G.; Peña, R. A.; González, C. F. F. y Faz, C. R. 2006. Características de híbridos de maíz de alta calidad nutricional de forraje. *In: maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. G. Núñez H. (Comp.) INIFAP-CIRNOC-CELALA. Libro científico núm. 13.* 45-97 pp.
- Peña, R. A.; González, C. F. y Núñez, H. G. 2008. H-376, Híbrido de maíz para producción de forraje y grano en el bajío y la región norte centro de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):85-87.
- Peña, R. A.; Núñez, H. G. y González, C. F. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Téc. Pec. Méx.* 40(3):215-228.
- Reta, S. D. G.; Gaytán, M. A. y Carrillo, A. J. S. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 23(1):37-48.
- Reyes, C. P. y Reyes, M. F. 2000. Producción de maíz para ensilaje. *In: Congreso de la Producción de Forraje Verde y Conservado. Associated Consultant Internacional (Ed.).* Querétaro, Qro. México. 17-21 pp.
- SAS Institute. 2001. SAS User's Guide. Release 8.1. 6<sup>a</sup> (Ed.). SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 956 p.
- Satter, D. L. and Reiss, B. R. 2012. Milk production under confinement conditions. Ed. US. Dairy Forage Research Center, USDA-ARS and Dairy Science Department. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA. 37 p.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas, resumen nacional por cultivo. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gob-mx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.
- Steel, R. G. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Martínez, B. R. (Trad.). 2<sup>a</sup> (Ed.) Mc Graw-Hill/Interamericana de México. México. 622 p.
- Tilley, J. M. and Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestión of forage crops. *J. Brit Grassland Soc.* (18):104-111.