

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA MATERIA SECA EN GENOTIPOS
DE MAIZ”.**

ELABORADO POR:

ARLENA BORRALLAS VALDEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. ARLENA BORRALLAS VALDEZ

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO
DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Asesor principal:

Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:

Dr. Arturo Palomo Gil

Asesor:

M.C. Oralia Antuna Grijalva

Asesor:

M.C. Víctor Martínez Cueto

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS.**

M.C. Víctor Martínez Cueto

Torreón Coahuila.

Junio 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA.**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.

TESIS DEL C. ARLENA BORRALLAS VALDEZ

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO
DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

APROBADA POR:

Presidente:

Dr. Armando Espinoza Banda

Vocal:

Dr. Arturo Palomo Gil

Vocal:

M.C. Oralia Antuna Grijalva

Vocal suplente:

M.C. Víctor Martínez Cuelo

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS.**

M.C. Víctor Martínez Cuelo

Torreón Coahuila.

Junio 2008

AGRADECIMIENTO

A ti padre **Dios y virgen María**. Por darme la vida, por conducirme por el camino del bien gracias padre y madre por todas las cosas maravillosas que me regalaron por superarme y por permitirme la culminación satisfactoria de mi carrera.

A la **UAAAN-UL. “ALMA TERRA MATER”** por haberme brindado conocimientos durante mi carrera y formarme como una persona de bien, la que se preocupa no solo por la superación personal, sino de la propia institución.

A mis maestros: Por sus conocimientos aportados que me fueron de gran utilidad en el transcurso de la carrera y por la ayuda que me brindaron para mi formación profesional.

A mi asesor principal al **DR. Armando Espinoza Banda:** por brindarme su apoyo y confianza durante la realización del trabajo de investigación.

A mis sinodales: Al DR. Arturo Palomo Gil, M.C Oralia Antuna Grijalva, MC Víctor Martínez Cueto: Quienes hicieron posible el término de este trabajo de investigación aportando los conocimientos necesarios incondicionales gracias.

A mis amigos: Tere, Cristi, Anadeli, Verito, Gaby, Elizabeth, Blanca, Ezequiel, Enoel, Leo, Juanito, Elmi, Ralda, Karina, Taide y al grupo de jóvenes católicos de San Isidro; por haberme brindado sus amistades en el trayecto de mi carrera y mi estancia en la universidad, mil gracias a cada uno.

DEDICATORIA

A mis padres: El Sr. Jesús Borrallas Morales y la Sra. Romelia Valdéz Velásquez, por darme la vida, sus sabios consejos, conducirme hacia el camino del bien y el brindarme siempre su apoyo incondicional por hacer de mi vida un sueño y de mí sueño una realidad gracias papacitos.

A mis hermana(o) s. Sergio Avenamar, Doragilda, Reyniría, Juanito, Eduard, y Merari, a todos Gracias por estar con migo ayudándome en las buenas y en las malas a seguir adelante dándome consejos para llegar hasta donde estoy no me cansare de agradecerles y por participar de una u otra manera en mi formación tanto social como de conocimiento.

A mis abuelos: Sr. Jesus Borrallas Marroquin y Sra. Elia Morales Velasquez, gracias por todo por sus consejos que día a día me fueron enseñado, para mí fueron de gran importancia los llevare siempre conmigo y por apoyarme en las buenas y en las malas ya que ellos siempre estuvieron conmigo asta llegar ha ser una profesionista.

A mis Prima (o) s: Yerania, Yasmin Yadira, Lisbar, Aldrin de Jesús, Sandra, Elsi, Erik, Yenni, gracias por sus ayuda y animo que me brindaron siempre durante mi carrera, por sus apoyo incondicional, por estar conmigo en las buenas y en las malas por sus consejos que fueron de gran ayuda y me sirvieron mucho para que siguiera adelante y ser una profesionista los quiero mucho.

A mis tíos (as): Eleazar, Nery Guadalupe, Emmanuel, Daladier, Deluvina, Elizabet, y Sénir, Les agradezco mucho por sus ayuda que me brindaron y sus consejos importante para que yo siguiera adelante y llegar hacer alguien en la vida y poder enfrentarme ante una sociedad y por estar siempre con migo en los momentos mas difíciles que me pasaron siempre los llevo en mí corazón.

A Mí Novio: El Ing. Juan Carlos Estrada, gracias amorcito por apoyarme siempre, por estar conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida y ayudándome a ser una buena profesionista te agradezco tus buenos consejos los llevare siempre conmigo.

I. INTRODUCCIÓN

El forraje de maíz es un excelente alimento para rumiantes por su alto contenido de energía (Barrière et al, 1997). En las cuencas lecheras de México el ensilaje de maíz es común en la alimentación del ganado lechero y puede constituir de 30 a 40 % de la dieta, (González et al, 2005). La calidad de forraje se determina por la capacidad de proveer los requerimientos nutricionales a los animales incluyendo su aceptabilidad composición química y digestibilidad del mismo (Cantú, 2000). La digestibilidad del maíz esta influenciada tanto por el contenido de grano como por la digestibilidad del tallo y, esto depende de la composición del contenido celular y de la pared celular (Argillier et al, 2000). El contenido celular es en su mayor parte digestible, en cambio, la pared celular lo es menos y de digestibilidad variable (Wolf, et al, 1993). La pared celular es la fracción fibrosa del forraje, compuesta por la fibra detergente ácida (FDA) y la detergente neutra (FDN). La FDN constituida por celulosa y hemicelulosa, digestibilidad variable, en tanto que la FDA por celulosa, lignina; la primera relacionada con la ingesta de materia seca y la segunda, estrechamente relacionada con la fracción no digestible del forraje. Se ha encontrado variabilidad en el contenido de FDN en hojas y tallos con valores de 57.9 a 65% y de 30 a 60% del total (Wolf et al, 1993) y variaciones en la digestibilidad de las fibras en híbridos que fluctúan de 24.8 a 61.5%.

Los ensilajes de maíz en México tienen menor calidad que los de Estados Unidos y Europa, debido al escaso mejoramiento genético que se realiza para la calidad del forraje, (Chalupa 1995). En maíz grano, los estudios indican que desde 1930, entre el 40 y 50 porciento de las ganancias de rendimiento en maíz se debe a los cambios en el

manejo de cultivo mientras que la otra parte (50 al 60%) a cambios en el genotipo (Duvick 1992, Russell 1991). En maíz para forraje, se ha encontrado una correlación negativa entre el incremento de la densidad y la calidad de la materia seca (Widdicombe y Thelen, 2002), aunque la producción de materia seca se incrementa con la densidad (Cusicanqui y Lauer 1999). La calidad del forraje del maíz puede ser mejorada por selección considerando tanto la producción, contenido de fibras y en consecuencia la digestibilidad (Barrière et al, 1997). La selección a nivel de líneas reduce el trabajo durante el desarrollo de híbridos y se aprovecha para probar un gran número de genotipos promisorios, donde la variabilidad genética es un factor esencial. La Comarca Lagunera considerada como una de las cuencas lecheras más importantes, donde se siembran mas de 28 mil ha de forraje (SAGARPA, 2006), no existe información del aprovechamiento del germoplasma de maíz criollo con propósitos forrajeros y aún mas a nivel de mejoramiento genético.

1.1. Objetivos

Evaluar y seleccionar genotipos de maíz por su respuesta con base en su producción y calidad de materia seca en dos densidades de siembra.

1.2. Hipótesis

Ho: Los genotipos difieren en su producción y calidad de materia seca.

Ha: Los genotipos no difieren en su producción y calidad de materia seca.

1.3. Metas

Seleccionar al menos un genotipo con mayor calidad y producción de materia seca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL maíz como cultivo forrajero

El nivel nutricional del maíz usado como forraje tiene una función proteica y su potencial de digestibilidad es tal que varia con el contenido de grano y composición de elote (Coor *et al.*, 1994).

De la Cruz (2002) menciona que el contenido de grano en el maíz forrajero es de gran importancia siendo esta una de las alternativas con que se cuenta para solucionar la escasez de forraje también algunas de las ventajas de la utilización de este forraje son: alto potencial de aumentar su rendimiento de forraje

Núñez *et al.*, (2003) señala que el maíz para forraje debe tener una alta productividad bajo contenido de proteínas minerales y un elevado valor energético.

Con algunas excepciones la proporción de mazorcas correlacionan de manera alta y significativa con la digestibilidad de la planta total, esto significa que la selección de los materiales con alta proporción de mazorca podría favorecer una mayor claridad de forraje (Peña *et al.*, 2002).

La utilización de forraje de maíz tiene dos variantes: la primera es el ensilado en verde la cual se ha venido utilizando con mayor frecuencia debido a la comercialización de

híbridos y variedades de maíz en la zona. En cuanto a la segunda variante este se utiliza como forraje molido en donde se muele toda la planta una vez que adquiere toda su madurez fisiológica (Ramírez, 1997).

En la Comarca Lagunera es potencialmente posible obtener hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ (30% de materia seca) con un contenido de grano de 45 a 50% (Reta *et al.*, 2001).

Un buen maíz forrajero deberá poseer las siguientes cualidades: a) Rendimiento de forraje verde mayor de 50 t ha⁻¹, b) el rendimiento de forraje seco o materia seca mayor al 25%. c) valor relativo de forraje mayor a 120 (la alfalfa tiene 160), d) con energía neta de lactancia mayor a 65%, e) contenido de fibra de detergente ácido menor al 30% y f) contenido de fibra neutra menor del 60%, (Vergara, 2002).

2.2 Calidad de forraje

Desde el punto de vista en nutrición se refiere a la relación que existe entre el valor nutritivo de un ingrediente y la capacidad de los animales para convertirlos en productos como; carne y grasa estando en función el grado de digestibilidad del mismo; la calidad de forraje se determina por la capacidad de proveer los requerimientos nutricionales a los animales incluyendo su aceptabilidad composición química y digestibilidad del mismo. Entre los parámetros considerados para la calidad del forraje está la materia seca (MS) el contenido de minerales la concentración de proteínas tanto como cruda

como bruta extracto etéreo; (contenido de grasa) el grado de concentración, (Cantu, 2003).

Herrera (1999) asume que el termino calidad se refiere no solo a la concentración de nutrientes como proteína cruda energía y fibra en un forraje o bien a la proporción de granos en la planta sin embargo el verdadero valor nutritivo del forraje de calidad con su digestibilidad y el efecto que provoca en el animal que lo consume se mide en producción de leche crecimiento o ganancia de peso.

Mott y Moore (1973) definen que el valor nutritivo del forraje esta determinado por: 1) concentración de nutrientes. 2) digestibilidad de los nutrientes y 3) naturaleza de los productos finales de la digestión.

La disminución en la calidad del forraje conforme a la planta madura se ve acelerada por las condiciones calidas y húmedas. No obstante el rendimiento del cultivo (kg ha^{-1}) se acumula con el tiempo y la calidad disminuye ocasionando que el rendimiento máximo del forraje utilizable y digerible (MS) se presente antes del rendimiento total, (Van Soest 1996).

2.3 Contenido de fibras

Van Soest (1996) define a la fibra como el material estructural en las plantas resistentes a la acción de las enzimas digestivas de los animales que son digeridas por los organismos del rumen animal.

2.4 Fibra detergente Neutra (FDN)

Cantù en el 2000 cita a (Nelson y Mooser, 1994) haciendo mención que la temperatura tiene un efecto importante en la calidad de forraje los materiales depositados en bajas temperaturas tienen menor contenido de lignina y por consiguiente se elevó la digestibilidad mientras que en altas temperaturas la lignina se incrementa notablemente causando que el forraje producido sea de menor digestibilidad.

El contenido de fibras de la planta total y en especial la fibra de detergente neutra (FDN) de la planta sin elote ha sido considerado igual de importante que el contenido de grano en la calidad de forraje (Peña *et al.*, 2003).

Núñez (2003) afirma que lo que indica que los híbridos con la misma concentración de fibra neutra detergente pueden tener valores de energía neta de lactancia diferente es debido a que la digestibilidad de FDN no es la misma.

El contenido de grano en el forraje aumenta la palatabilidad, el nivel de energía neta de lactancia y el contenido de fibras (Widicombe et al, 2002; Rodríguez et al, 1999). Wolf et al, (1993) menciona que existen variabilidad en el contenido de FDN en hojas y tallos con valores de 57.9 a 65% y de 30 a 60% del total. Algunos autores comentan que las variaciones en la digestibilidad de las fibras fluctúan de 24.8 a 61.5 en híbridos.

2.5 Fibra de detergente ácida (FDA)

Cantù (2003) afirma que la fibra detergente ácido (**FDA**) es la fracción de la pared celular del forraje más comúnmente aislada y reportada. Esto puede ser la determinación más importante del análisis del forraje. La FDA es la porción que queda después de un tratamiento con un detergente bajo condiciones ácidas e incluye la lignina, celulosa y sílice. Además es importante por lo que ha mostrado estar en correlación negativa con la digestibilidad del forraje administrado, nitrógeno y sílice que están unidos a la fibra.

2.6 Mestizos

El mestizo es una cruce entre líneas autofecundadas y un progenitor común como polinizador (variedad, híbrido simple o línea) se utiliza para determinar la habilidad combinatoria general y/o específicas de las líneas. Es decir, para detectar los genotipos fijados mas sobresalientes en productividad, características agronómicas deseables, etc. (Allard, 1980).

Davis (1927) propuso la prueba de mestizos (línea x variedad) para probar ACG en líneas. Jenkis y Brunson, (1932) presentaron datos mas completos sobre el valor del método. Ellos compararon el valor del comportamiento de las líneas puras en cruzas con otras líneas (cruzas posibles) con el comportamiento de las mismas líneas cruzadas con una variante de polinización libre (mestizos). Si las líneas probadas bajo la prueba de mestizos rindieron poco, reportaron un promedio bajo en cruza y, en aquellos cuyo mestizos tubo un rendimiento alto, dieron un promedio alto en cruza. Concluyeron que la prueba de mestizos da un buen margen de seguridad para evaluar líneas para ACG aunque la efectividad de la prueba depende mucho del tipo de probador utilizado.

Jenkis M T (1940) compararon las distintas generaciones de autofecundación en que se ha hecho pruebas de mestizos se han encontrado que la variabilidad en la aptitud combinatoria es máxima cuando se hacen las pruebas con plantas **So** es decir, plantas que no han sido autofecundadas ni una sola vez dentro de una variedad de polinización abierta o dentro de un híbrido. Dice que los mestizos son utilizados para detectar en forma temprana genotipos superiores entre un grupo de líneas endocriadas, sin embargo, el ensayo correspondiente tiende a tener un marcado efecto sobre el carácter en particular generalmente en rendimiento y la selección para ese carácter puede estar cubierta por efecto del probador. El fitomejorador busca seleccionar plantas con características genóticas y fenotípicas que pueden estar asociadas con el carácter deseado, (Galarza *et al.*, 1973).

2.7 Probadores

Allison y Curnow, (1966) afirman que el mejor probador es el que maximiza la esperanza de la media de rendimiento de la población resultante de la recombinación de genotipos seleccionados.

Chávez, (1994) menciona que un probador es cualquier material genético (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la ACG de un grupo de líneas autofecundadas con el cual se cruzan. La línea probadora es aquella que sirve para probar las características hereditarias de otras cuya constitución genética no debe encubrir los caracteres de prueba.

Jugenheimer, (1981) cita que el tipo de probador que debe usarse para la evaluación de las líneas puras debe dar información base de un programa de hibridación y depende principalmente de lo que se quiere detectar, ya sea aptitud combinatoria general o específica.. Además menciona que para determinar la ACG son usadas generalmente las variedades de polinización libre y los sintéticos debido a su heterogeneidad.

Matzinger, (1953) menciona que el mejor probador es aquel que se puede usar fácilmente y con el cual se obtiene la máxima información del material evaluado.

Mc León *et al.*, (1957) define un probador como aquel que clasifica correctamente el merito de los genotipos probadores dentro del grupo heterotico, de modo que se diferencie efectivamente los genotipos evaluados, aumenten la varianza y la ganancia genética.

Márquez, (1988) al comienzo de la hibridación de maíz se antojo lógico que el probador para ACG fuera la poblaron misma de donde se derivaron las líneas. Quizá por eso las cruzas que en esas épocas pioneras se realizaron entre las líneas y los probadores se les llamo TOP- crosses (mestizos). Esto ha de ver sido porque al cruzar las líneas (de bajo rendimiento, vigor, altura, etc.) con la población del cual provenían, se mejoraba la progenie, lo que esta implícito en la acepción del termino mestizo. Posteriormente fueron diversificándose las fuentes de líneas y consecuentemente los tipos de probadores.

Pérez et al, (1986) concluye que el mejor probador debe ser una línea no emparentadas con las líneas bajo selección.

Un probador es aquel que sirve para evaluar e identificar a las líneas con características superiores y son también de vital importancia en un programa de mejoramiento ya que sin ellos no se tendrían las bases necesarias para identificar los meritos sobresalientes o mas productivos, (Segovia, 1990).

Test-Cross: cuando el probador usado es un material de reducida base genética como línea o una cruce simple.

Top-Cross: cuando el probador usado es un material de amplia base genética como: poblaciones heterocigóticas, sintéticos, cruces dobles, etc. Chávez y López, (1990).

2.8 Densidad de población.

Cuiscanqui y Lauer, (1999) registraron incrementos significativos en la producción de materia seca del maíz de 1.7 a 4.7 t h⁻¹ al incrementar la densidad de población de 44 500 a 104 500 plantas ha⁻¹.

Cuiscanqui y Lauer, (1999) y Cox *et al.*, (1998) opinan que el decremento en la calidad forrajera a mayores densidades de población hace que la optima densidad de plantas para producción de leche por hectárea sea menor que la requerida para la mayor producción de materia seca.

En México la información sobre prácticas de manejo con bases sólidas para lograr una mayor producción y calidad forrajera en maíz (*Zea mays* L.) es reducida. Existen evidencias que los híbridos tardíos de esta especie incrementan la producción de materia seca al elevar la densidad de siembra a 80 000 plantas ha⁻¹, mientras que los híbridos de ciclo intermedio responden positivamente hasta 120 000 plantas ha⁻¹ (Núñez *et al*, 1999).

Peña *et al*, (2006) en un estudio reciente observaron una respuesta lineal positiva entre producción e materia seca y densidad de población en maíz, incrementándose en 2.25 t ha⁻¹ por cada 20 mil plantas/ha de incremento en la densidad de población en el rango de 60 a 100 mil plantas ha⁻¹.

La densidad de plantas necesarias para el máximo rendimiento forrajero es mayor para la producción de grano; no se conoce con precisión la respuesta de estos maíces a las altas densidades y sus efectos sobre el rendimiento y el valor nutricional, (Pinter *et al.*, 1994).

Widdicombe y Telen (2002) reportaron ganancias en la materia seca de 1.6 t ha⁻¹ al incrementar la densidad de 64 200 a 88 900 plantas ha⁻¹ y. Cox y Cherney, (2001) lograron un incremento de 3.7% en producción de materia seca al incrementarse la densidad en 36 000 plantas ha⁻¹. En la mayoría de estos estudios la proteína cruda decreció, el contenido de fibras incremento y la digestibilidad decreció conforme la densidad de población aumento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en La Comarca Lagunera, ubicada en el norte de México y localizada entre los paralelos 24° 30' y 27° LN 102° y 104° 40' LO, a 1150 msnm y un clima seco y caluroso. En la primavera del 2005 se formaron 49 mestizos utilizando 49 familias de medios hermanos maternos (FMHM) derivados de la población criolla Gómez palacio y como probador el híbrido comercial H30G40. Los 49 mestizos más el testigo se estableció en dos densidades de población a 53 mil (D1) y 78 mil plantas ha⁻¹ (D2); el diseño experimental fue en bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas y dos repeticiones; como parcela mayor las densidades y las sub-parcelas los mestizos. La siembra se realizó el 22 de agosto en seco y manualmente en surcos sencillos de 3m de largo y 0.75m entre surcos depositando tres semillas por golpe a una distancia de 0.25m y 0.17m para cada densidad respectivamente. Se fertilizó con la fórmula 180-100-00, aplicándose la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y, el resto del nitrógeno en el primero de tres riegos de auxilio. El cultivo se mantuvo libre de maleza y plagas. La cosecha se hizo cuando el grano alcanzó de 1/3 a 1/2 de la línea de leche, mediante el corte del total de las plantas en un metro lineal de cada unidad experimental, a las cuales se les midió el peso fresco total. Se tomó una muestra al azar de tres plantas completas, las cuales se pesaron, picaron y mezclaron; luego se tomó una sub-muestra de 400g que se secó en estufas de aire forzado a una temperatura de 65°C hasta alcanzar peso constante. Con estos datos se determinó la producción de materia seca. La determinación de fibras detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) se

realizó con el analizador de fibras AMKON TECHNOLOGY. La digestibilidad de la materia seca (DiMS) se estimó a partir de la FDA con base en la ecuación $y=88.9-(FDA*0.779)$ (PIONEER, 1990) y la energía neta de lactancia (ENL), propuesta por Núñez (2001) con base en la FDN: $y= 2.707-(0.024*FND)$. En el análisis estadístico se utilizó el paquete SAS V9.0 (2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza. En densidades (D) y mestizos (M) se observaron diferencias significativas ($P < 0.01$) para todas las variables y, para la interacción solo para fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad de la materia seca (DMS) y energía neta de lactancia (ENL) (Cuadro 1). La densidad fue un factor que afectó las variables en estudio, en tanto que los genotipos difieren en la magnitud y en su forma de interaccionar con la densidad de población (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia de cuadrados medios para materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y ácida (FDA), digestibilidad de la materia seca (DiMS) y energía neta de lactancia (ENL).

FV†	GL	MS	FDA	FDN	DMS	ENL
Repetición (R)	1	11.9	714.04	1.80	1.107	0.001
Densidad (D)	1	830.8**	13619.1**	23.83**	14.46**	0.80**
R x D	1	0.0	124.1	0.02	0.01	0.00001
Mestizos (M)	49	17.9**	309.5**	36.50**	22.16**	0.022**
D x Mestizos	49	9.6	126.6	25.99**	15.07**	0.033**
Error Exp.	98	9.9	144.0	0.85	0.52	0.0005
Total	199					
C.V. (%)		20.0	14.5	2.2	1.3	1.7

*. ** Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Materia seca. La densidad con 78 mil plantas/ha (D2) fue significativamente superior ($P<0.05$) en 3.5 t ha^{-1} respecto a la densidad con 53 mil (D1), lo cual coincide con Cusicanqui y Lauer (1999), con incrementos de 1.7 a 4.7 t ha^{-1} al incrementar la población en 59.5 mil plantas/ha. Así mismo Widdicombe y Thelen (2002) reportan ganancias en materia seca de 1.6 t ha^{-1} al incrementar la densidad de 64,200 a 88,900 plantas/ha y, Peña et al, (2006), observaron una respuesta lineal positiva entre producción de materia seca y densidad de población, incrementándose 2.25 t ha^{-1} por cada 20 mil plantas/ha de aumento.

Los mestizos en promedio produjeron 15.7 t ha^{-1} con un rango de 19.9 a 10.0 t ha^{-1} , donde el mayor valor correspondió al M10 el cual fue significativamente diferente y superior al testigo (50T) Gómez Palacio que produjo 15.3 t ha^{-1} . Los resultados en promedio no discrepan con lo reportado por Reta et al. (2001) para la Comarca Lagunera, donde en promedio se obtienen 14 t ha^{-1} considerando que existe potencial para producir 24 t ha^{-1} , que coincide con la producción de los mestizo M10, M8 y M24 (Cuadro 3).

Fibra detergente ácido (FDA) y detergente neutra (FDN). La FDA se incrementó significativamente ($P<0.05$) con la densidad en 0.7% de 53 a 78 mil plantas/ha (Cuadro 2); Widdicombe y Thelen (2002) encontraron incrementos lineales en FDA y FDN con el incremento de población, disminución de proteína y relacionada con la parte no digestible del forraje. La población de plantas/ha incrementó el contenido de FDN en 5.3 por ciento, coincidiendo con Widdicombe y Thelen (2002) y Peña et al, (2006). Es la

porción no soluble del forraje correlacionada negativamente con el consumo de materia seca, cuanto mayor es la FDN, el animal consume menos forraje (Herrera 1999, Peña *et al*, 2006) (Cuadro 2).

El contenido de FDA osciló de 35.8 a 54.8 % (Cuadro 3), lo cual es indicativo de la variabilidad de los materiales; estos valores no discrepan con lo encontrado por Peña *et al*, (2006) en maíz con valores de 29.5 a 40.4%. Los porcentajes encontrados en el presente estudio pueden clasificarse de “buenos a pésimos”, de acuerdo a González (1995), (Citado por Cantu, 2000) que establece un rango óptimo de 28 a 32% con límites no mayores a 43%. Solo doce genotipos de los 50 evaluados pueden considerarse de buenos a regulares, el resto de malos a pésimos con porcentajes superiores a 40%; sobresalen M28, M24 y M26 y, donde el testigo (50T) presentó significativamente el porcentaje mas alto con 54.8%.

El rango para FDN en los genotipos osciló de 49 a 64.7 porciento (Cuadro 3) semejante a los valores encontrados por Wolf *et al.*, (1993) de 30 a 60%; de acuerdo a la clasificación de González (1995) (Citado por Cantú, 2000) los genotipos se ubican de regular a pésimo y de acuerdo a Herrera (1999), de alta calidad los que se encuentran en el rango de 40 a 52% (Cuadro 3). De acuerdo a lo anterior solo tres de los 50 (6%) de los genotipos son de regular calidad, el resto de mala a pésima. Los mestizos M16, M23 y el testigo (50T) mostraron los mejores porcentajes de FDN con 49.0, 53.0 y 53.5% respectivamente. De acuerdo a Gregorini (2004), además del contenido de FDN deberá considerarse la digestibilidad de la FDN, pues está relacionada positivamente

con el consumo total de la materia seca, producción de leche y aumento de vacas lecheras a inicios de lactancia, pues un aumento de un punto porcentual de la digestibilidad de la FDN esta asociado con un incremento de 0.23 Kg en el consumo de materia seca. Lo anterior coincide con Núñez (2003) que indica que los híbridos con la misma concentración de fibra neutra detergente pueden tener valores de energía neta de lactancia diferente, debido a que la digestibilidad de FDN no es la misma.

Digestibilidad de la materia seca (DMS). La densidad de siembra afectó significativamente la digestibilidad de la materia seca (DMS), pues con el incremento de la densidad, la digestibilidad decreció en 0.53% (Cuadro 2), contrario a lo observado con la FDA y FND, lo que coincide con otros estudios realizados por Graybill et al, (1991), Cox y Cherney (2001) y Widdicombe y Thelen, (2002).

La DMS osciló de 46.2 a 61.0 porciento entre los mestizos, lo que refleja la variación existente para esta variable, pues existe evidencia suficiente de diferencias en contenido de fibras, proteína y digestibilidad de la materia seca (Allen *et al.*, 1995). Estudios indican diferencias entre genotipos de 26.2 a 65% en la digestibilidad en tallos y de 58 a 67.7 en hojas Lundvall et al, (1994); Leng (1990) define a los forrajes de baja calidad como aquellos en que la digestibilidad de la materia seca (DMS) es inferior al 55%. Los mestizos con mayor digestibilidad fueron M28, M24 y M26 estadísticamente iguales ($P>0.05$) y diferentes al resto ($P<0.05$) con 61.0, 60.7 y 60.0 respectivamente.

Energía neta de lactancia (ENL). La densidad de siembra también afectó significativamente ($P < 0.01$) la ENL (Cuadro 1), pues al incrementar la población de plantas (D_2) disminuyó la ENL en 0.13 Mcal (Cuadro 2); contrario a lo que ocurrió con la FDA y FDN. Geiger *et al.*, (1992) señalaron que los principales objetivos en el mejoramiento del maíz para forraje, son incrementar el rendimiento de energía metabolizable por unidad de superficie cultivada y mejorar el contenido de energía del forraje; sugieren además, que la selección para un alto rendimiento de materia seca, es la forma más eficiente de mejorar indirectamente el rendimiento de energía metabolizable.

La variación para la ENL, osciló de 1.2 a 1.5 Mcal, lo cual se ha demostrado ampliamente con híbridos comerciales y experimentales (Núñez, 2003, Vatikonda y Hunter 1983) para digestibilidad y valor energético. El mestizo M16, presentó el mayor valor de ENL ($P < 0.05$), posiblemente por su mayor contenido de mazorca, pues de acuerdo a Núñez, (2003) para obtener un forraje con alto valor energético (> 1.5), se requieren genotipos que tengan al menos 54% de mazorca y menos de 50% de fibra detergente neutra; esto coincide con el presente trabajo respecto a FDN donde el mestizo M16 presentó el menor porcentaje.

Cuadro 2. Variables agronómicas y porcentaje de fibras en dos densidades de población.

Densidad	MS	FDA	FDN	DiMS	ENL
D1	13.65 b*	41.7 b	56.80 b	56.43 a	1.34 a
D2	17.12 a	42.4 a	62.08 a	55.90 b	1.21 b
Media	15.3	42.03	59.4	56.2	1.28

* Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente (Duncan 5%), MS= materia seca. FDA = fibra detergente ácida. FDN= fibra detergente neutra. DiMS= Diferencia mínima significativa. ENL= energía neta de lactancia; D1= 57 mil plantas/ ha; D2= 78 mil plantas/ha.

Cuadro 3. Promedios, máximo, mínimo y rango de materia seca y cuatro variables de calidad de forraje de 15 mestizos más el testigo (T) evaluados en dos densidades en la UAAAN – UL. 2005.

M†	MS	M	FDA	M	FDN	M	DMS	M	ENL
10	19.9 a*	28	35.8 a	16	49.0 a	28	61.0 a	16	1.5 a
8	19.2 a	24	36.2 a	23	53.0 b	24	60.7 a	23	1.4
24	19.0 a	26	37.1 a	50T	53.5 b	26	60.0 a	50T	1.4
26	18.8	23	37.6	33	54.8	23	59.6	33	1.4
6	18.6	10	37.9	44	55.9	10	59.4	44	1.4
9	18.5	27	38.0	24	56.0	27	59.3	24	1.4
2	18.4	45	38.3	6	56.2	45	59.1	6	1.4
1	17.9	6	39.0	9	56.5	6	58.5	9	1.4
5	17.9	1	39.1	34	56.7	1	58.4	34	1.3
42	17.6	30	40.1	35	57.0	30	57.7	35	1.3
4	17.4	49	40.1	21	57.1	49	57.7	21	1.3
27	17.3	8	40.3	22	57.4	8	57.5	22	1.3
19	17.1	7	40.9	28	57.6	7	57.0	28	1.3
31	17.1	34	40.9	26	58.0	34	57.0	32	1.3
13	17.0	33	41.1	32	58.0	33	56.9	26	1.3
50T	15.3	47	42.4	17	60.4	50T	46.2	7	1.3
Media	15.7		42.0		59.4		56.2		1.28
Máximo	19.9		54.7		64.7		61.0		1.5
Mínimo	10.0		35.8		48.9		46.2		1.2
Rango	9.9		18.9		15.74		14.8		0.3

* Significativamente diferente al 0.05 % de probabilidad (Duncan), † M = Numero de mestizos, MS = Materia seca, FND = Fibra detergente neutra, FAD = Fibra detergente ácida, Digestibilidad de la materia seca, DMS =Digestibilidad de la materia seca, ENL = Energía neta de lactancia.

Coefficientes de correlación. Aunque con valores bajos, la materia seca se asoció negativamente con fibra detergente ácida ($P < 0.05$) y positivamente con digestibilidad de la materia seca (DMS), ($P < 0.05$); estas relaciones son de escasa importancia puesto que la producción y las características de calidad tienden a ser independientes (Bosch et al, 1994). En tanto ambas fracciones fibrosas (FDA y FDN) como es de esperarse se asociaron negativa y significativamente ($P < 0.01$) con DMS y ENL, ambas ampliamente documentadas (Widdicombe y Thelen 2002).

Cuadro 4. Correlación fenotípica entre las variables evaluadas.

	MS †	FDA	FDN	DMS	ENL
MS		-0.31*	-0.17	0.30*	0.24
FDA			0.05	-0.99**	-0.08
FDN				-0.04	-0.91**
DMS					0.08
ENL					

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, †, MS = Materia seca, FDN = Fibra detergente neutro, FDA = Fibra detergente ácida. DMS = Digestibilidad de la materia seca; ENL = Energía neta de lactancia.

V. CONCLUSIONES

La densidad afectó significativamente a las variables evaluadas: incrementó la producción de MS, las fracciones fibrosas FDA y FDN, en tanto disminuyeron la DMS y la ENL. Los mestizos presentaron una importante variación fenotípica tanto para MS como para FDA, FDN, DMS y ENL, lo que permitió detectar materiales sobresalientes. De los tres mestizos con mayor producción de MS, solo el M24 fue de mediana calidad, los dos restantes (M10 y M8) fueron de mala calidad. La baja correlación entre MS y las variables de calidad confirma la independencia de ambas variables lo cual permitirá derivar líneas con atributos por separado.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Allard R W (1980) Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Allen M, Ford S, Harrison J, Hunt C, Lauer J, Muco R, Soderlund S (1994) Corn silage production, management and feeding. Am Soc of Agron. 1-41.
- Allison J C S, Curnow R N (1996) On the choice of tester parent for the breeding of synthetic varieties of maize". Crop Science 6(8): 541- 544.
- Arguillier O, Méchin V, Barrière Y (2000) Inbred line evaluation and breeding for digestibility related traits in forage maize. Crop Sci. 40:1596-1600.
- Barrière, Y, Y Hebert, B Julier, E Young, V. Furtoss (1993) Genetic variation for silage and NIRS traits in an half-diallel design of 21 inbred lines of maize. Maydica 38:7–13.
- Bosch, L, F Casanas, A Ferret, E Sánchez, F Nuez (1994) Screening tropical maize populations to obtain semiexotic maize hybrids. Crop Sci. 34: 1089-1096.
- Cantu B J E (2003) Principios de bromatología animal. Quinta Edición. Pp. 224- 247.
- Chalupa W. (1995) Requerimiento de forrajes en vacas lecheras.*In*: Memorias del primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. Pp: 19-28.
- Coors J. G. P. R Carter R B hunter (1994) Silange corn. P.305- 340 A. R. Hallauer (Ed) speciality corn. CRC. Pres. Boca Raton. Fl.
- Cox W J, D J R Cherney, J J Hancher (1998) Row spacing plant density and plant density effects on corn silage yield and quality. J. Prod. Agric. 11: 128-134.

- Cusicanqui J A, J G Lauer (1999) plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agro. J.* 91: 911- 915.
- Chávez A J L, López p (1990) Apuntes de mejoramiento de plantas II. UAAAN, Buena vista, saltillo, Coah. México. P. 91-104.
- Davis R L (1927) Report of the plant-breeder" puerto Rico Agro. Exp. Sta. Ann. RPt 14-15 p.
- Duvick D N (1992) Genetic contribution to advance in yield of USA maize. *Maydica* 37: 66-79.
- Galarza S M, Ángeles A J D Molina G (1973) Estudio comparativo entre la prueba de líneas y pruebas de mestizo para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S de maíz (*Zea mays* L). *Agrociencia* 11: 127.139 chapingo. México
- Graybill j s, W J Cox, D J Otis (1991) Yield and quality of forage maize influenced by hybrid, planting date and plant density. *Agron. J.* 83: 559-564.
- Geiger, H H, G Seitz, A E Melchinger, G A Schmidt (1992) Genotypic correlations in forage maize. In: Relationships among yield and quality traits in hybrids. *Maydica*. 37: 95-99.
- González C F, A Peña R, G, Núñez H, C A Jiménez G (2005) Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 28 (4): 393-397.
- Gregorini P (2006) Silaje de planta entera de maíz: Algunas consideraciones nutricionales. USDA-ARS ResearchAnimal.
www.engormix.com/silaje_planta_entera_maiz_s_articulos_1028_AGR.htm.

- Herrera S R (1999) La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de en silaje. En: 2° Taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN. 9 y 10 de septiembre de 1999. Saltillo. Coahuila. México. P 133- 137.
- Jenkis M T (1932) Methods of testing inbred lines of Maize in crossed combinations. J. Am. Soc. Agro. 24: 23 - 530
- Leng R A (1990) Factors affecting the utilisation of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research Reviews. 3:277-303.
- Lundvall J P, Buxton D R, Hallauer A R, George J R (1994) Forage quality variation among maize inbreds: In vitro digestibility and cell wall components. Crop Sci. 34: 1359-1365.
- McLeon S D, S K Vasal, S pandey, G Sriniva (1957) The use tester to exploit heterosis in tropical maize at CIMMYT In: Book of abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops An international symposium.
- Márquez S F (1988) Geotecnia vegetal métodos teoría resultados. Tomo II. Primera ED. GT Edit. S. A. México. Pp.144 -161.
- Matzinger D F (1953) Comparison of the types of testers for evaluation of inbred lines of corn. Agro. J. 45:493 -495.
- Núñez H G, E F Contreras G, R Faz C (2003) Características agronómicas y químicas importantes en híbrido de maíz para forraje con alto valor energético. Tec. Pecu. Méx. 41: 4748 p.
- Núñez H G, F E Contreras G, R Faz C, R Herrera S (1999) Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. INIFAP- CIRNOC – CELALA. 52 P.

- Peña R A, F González C, G Núñez, L H Maciel P (2006) Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población. Rev. Fitotec. Méx. 29 (3) 207- 213.
- Peña R A. G Núñez H, F González C (2003) Importancia de la planta elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Tec. Pec.Méx. 41: 47-48.
- Peña R A, G Núñez H, F González C (2002) Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Tec. Méx. 40: 215 -228.
- Peña R A, Núñez H F, González C (2003) Importancia de la planta elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Tec. Pec.Méx. 41: 47-48..
- Pérez F R, Arévalo C G, Spzz S, Gargiulo C A (1986) Selection between and within half-sib families in the Maize variety TEEA64.
- Pinter L, Z Alfoldi, Z Burucs, E Paldi (1994) Feed value of forage Maize hybrids varying in tolerance to plant density. Agro J. 86: 799 -804.
- PIONEER (1990) Pioneer Forage manual. A nutritional guide. Published by Pioneer Hi-Bread Internacional, Inc. Des Moines, Iowa, USA.
- Ramírez R G, Quintanilla-González J B, Aranda J (1997) White-tailer Deer food habits in north-eastern Mexico Small Rumin. Res. 25:142-14.
- Reta S D G, J S Carrillo A, A Gaytán M, J A Cueto W (2001) Sistemas de productividad para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP; CENID-RASPA-INIFAP. 21p.

- Rodríguez H S A, J Santa R, A J Lozano R, J G Bolaños J, M E Vásquez B (1999) Fitomejoramiento del maíz para ensilaje. In: 2 Taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN. 9 y 10 de septiembre de 1999. Saltillo. Coahuila. México. P 181-186.
- Russell W A (1991) Genetic improvement of maize yield. *Adv. Agron.* 46: 245-298.
- Segovia A M (1990) Selección de líneas de maíz de S₁ derivadas de la población 76 mediante uso de probadores y ambientes. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah Méx.
- SAS (2002) Versión 9.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAGARPA (2006) Estadística básica por estados. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/>.
- Van Soest PJ (1996) Environmental and forage quality. *Proa Cornell Nutrition conferences for feed manufacturer.* Búfalo. NY. PP. 1-6.
- Vatikonda M R, R B Hunter (1983) Comparison of grain yield and whole-plant silaje production of recommended corn hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 63:601-609.
- Vergara N, A Ramírez, M Sierra, H Córdoba (2002) Comportamiento de cruza simples y aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz de grano blanco. In: memoria de la XLVIII reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales. Republica Dominicana. 52 p.
- Widdicombe W D, K D Thelen (2002) Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agro J.* 94: 326-330.
- Wolf D P, J G Coors, K A Albrecht, D J Undersander, P R Carter (1993) Agronomic Evaluations of Maize Genotypes Selected for Extreme Fiber Concentrations. *Crop Sci.* 33: 1359-1365.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Metas.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 EL maíz como cultivo forrajero.....	3
2.2 Calidad de forraje.....	4
2.3 Contenido de fibras.....	6
2.4 Fibra detergente Neutra (FDN).....	6
2.5 Fibra de detergente ácida (FDA).....	7
2.6 Mestizos.....	7
2.7 Probadores.....	9
2.8 Densidad de población.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
V. CONCLUSIONES.....	23
VI. BIBLIOGRAFIA.....	24

ÍNDICE DE CUADROS

Numero de cuadro	Página
Cuadro 1. Significancia de cuadros medios para materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), digestibilidad de la materia seca (DiMS) y energía neta de lactancia	15
Cuadro 2. Variables agronómicas y porcentajes de fibras en dos densidades de población	20
Cuadro 3. Promedios, máximos, mínimo y rango de materia seca y cuatro variables de calidad de forraje de 15 mestizos más el testigo (T) evaluados en dos densidades en la UAAAN-UL. 2005.....	21
Cuadro 4. Correlación fenotípica entre las variables evaluados	22