

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Rendimiento de forraje de maíz, surcos estrechos y densidades de siembra

Por:

RAÚL RUIZ SARMIENTO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento de forraje de maíz, surcos estrechos y densidades de siembra

Por:

RAÚL RUIZ SARMIENTO

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

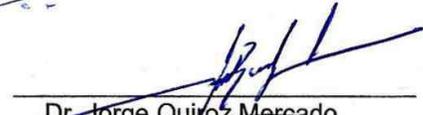
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Presidente


Dr. Armando Espinoza Banda
Vocal


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal SUPLENTE


M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División De Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento de forraje de maíz, surcos estrechos y densidades de siembra

Por:

RAÚL RUIZ SARMIENTO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

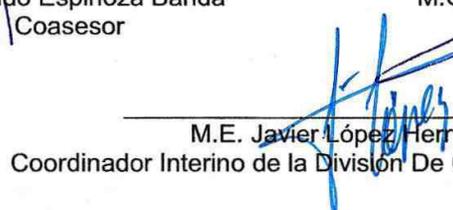
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Oralia Antuna Grijalva
Asesor Principal


Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Coasesor


M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División De Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2018

AGRADECIMIENTOS

A dios por haberme dado el privilegio de nacer y cumplir uno de mis grandes sueños en mi vida y por cuidarme siempre en donde quiera que éste.

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme brindado la oportunidad de estudiar para formarme profesionalmente.

A la **Dra. Oralia Antuna Grijalva** por permitirme y darme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación en sus proyectos y por todo su apoyo brindado durante todo el proceso para que este fuera realizado. Gracias por su paciencia.

Al **Dr. Armando Espinoza Banda** y al **M.C José Luis Coyac Rodríguez** por el apoyo brindado, por su disponibilidad de tiempo y por su conocimiento brindado durante la realización de este trabajo.

A mi gran amigo **Antonio López Murillo** por haberme brindado su amistad desde el primer momento en que ingrese a la universidad, por todo su apoyo durante toda la carrera y por todos los consejos.

A mis maestros, amigos y compañeros por todo su aprendizaje que me brindaron y por todas las experiencias obtenidas en el tiempo que los conocí.

DEDICATORIAS

A mis Padres:

Muy especialmente a mi madre Juana Sarmiento, por haberme dado la vida, por todo el apoyo que me ha brindado desde que nací, por sus regaños, por haberme inculcado mis valores, obligaciones, etc. Madrecita este logro se lo dedico a usted por ser mi motor principal día a día, por todos sus ánimos, que me ha dado a pesar de la situación que está pasando, espero que este orgullosa de mi ya que lo que ha querido y estado esperado es que sea un profesionalista. Gracias por todo Mamá.

A mi padre Feliciano Ruiz Bautista por que junto con mi madre me dieron la vida y todo el apoyo para cumplir este sueño, gracias por cada regaño, cada consejo y sobre todo cada experiencia que me conto para valorar todo su apoyo y también porque jamás ha dejado sola a mi madre, este logro va dedicado para usted que es lo que más ha anhelado.

A mi abuelo Aureliano Sarmiento Rodríguez por haberme cuidado y enseñado a cómo enfrentar la vida, por sus ánimos, este logro va también para usted abuelito.

A mis hermanas Rosalba, Marisol, Anahí y Sabina este primer logro se los dedico y así puedan seguir mi ejemplo, gracias por todo su apoyo, aunque a veces se molestaban porque todo el apoyo era para mí. Espero sigan mis pasos, las quiero muchos y espero que siempre estén orgullosas de mi.

A mi hermano Eleazar Ruiz Sarmiento por todo su apoyo brindado y sobre todo por ser una excelente persona.

A **Horiana Xochilt García Espinoza** por ser mi motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida. Te agradezco por tanta ayuda y tantos aportes para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

A **toda mi familia y amigos** por siempre haberme brindado su apoyo durante este proceso de mi vida, por todas las experiencias vividas a su lado y sobre todo por haber confiar en mí.

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el ciclo Primavera-Verano del año 2017, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Ubicada en las coordenadas geográficas 103°25`57” de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y 25°31`11” de latitud norte, con una altura de 1,123 msnm. El objetivo fue: Identificar la relación que existe entre los surcos estrechos y la densidad de siembra con base al rendimiento del forraje. Se midieron las variables agronómicas: de altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), rendimiento de materia seca (RFV), materia seca total (MST) y plantas estériles (PE). Se evaluó la calidad del forraje con los análisis de: fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), digestibilidad de la materia seca (8DIMS) y porcentaje de materia seca (PMS). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Los tratamientos presentaron un comportamiento similar (Cuadro 8 y 9) entre sí en todas las variables, a excepción de PMS, PJ y AR donde se presentaron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$). En el sistema de siembra los tratamientos (Trat*Dist) se observaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos en las variables de FND, PMS y PE. El resto de las variables no presentó diferencias estadísticas.

En relación con el distanciamiento las variables PMS y PE fueron diferentes estadísticamente ($P \geq 0.05$) entre sí. En densidades y en la interacción Dist*Dens PMS, RFV, MST y PE fueron significativas ($P \geq 0.05$). El tratamiento dos puede tener altos rendimientos tanto en surco convencional como en surcos estrechos. No se presentó diferencias estadísticas en la distribución espacial de plantas ni en densidades, se podría concluir que los genotipos evaluados pueden

ser sembrados tanto en surco convencional como en surcos estrechos. Se observa que al incrementarse la densidad de población la digestibilidad de la materia seca se mantuvo constante.

Palabras claves: Maíz, Distancia de surcos, Densidad de siembra, Fibra neutra detergente, Fibra ácido detergente.

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iv
INDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del maíz forrajero en la comarca lagunera.....	4
2.2 Selección de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad para forraje.	5
2.3 Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros	7
2.4 Fecha de siembra	8
2.5 Producción de maíz forrajero en surcos estrechos.....	9
2.6 Etapa de madurez para maíz forrajero	11
2.7 Calidad nutricional del maíz forrajero.....	12
2.9 Análisis bromatológico para evaluar la calidad nutricional de forrajes	13
2.10 Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Acida	14
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.	17
3.2 Localización del área experimental	17
3.3 Material genético utilizado en el experimento.....	17
3.4 Preparación del terreno.	18
3.6 Fecha siembra	18
3.7 Desahíje	18
3.8 Riegos requeridos	18
3.9 Fertilización.....	19

3.10 Control de maleza	19
3.11 Control de plagas.	19
3.12 Variables agronómicas determinadas.....	21
3.12.1 Altura de planta (AP).....	21
3.12.2 Altura de mazorca (AM).....	21
3.12.3 Plantas estériles (PE)	21
3.12.4 Cosecha	21
3.12.5 Peso verde de la planta (PVP)	21
3.12.6 Peso verde de la mazorca (PVM).....	22
3.12.7 Rendimiento de forraje verde (RFV)	22
3.12.8 Materia seca total	22
3.13 Variables de calidad forrajera.....	23
3.13.1 Determinación de fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND)	23
3.13.2 Digestibilidad de la materia seca (DIMS)	25
3.13.3 Consumo de materia seca (CMS).....	25
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
V.- CONCLUSIONES.....	40
VI.- BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017.	17
Cuadro 2. Número de riegos aplicados en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017	18
Cuadro 3. Fertilización aplicada en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017	19
Cuadro 4. Control de malezas en 3 híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017	19
Cuadro 5. Control de plagas en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017	20
Cuadro 6. Solución para determinación de Fibra Ácido Detergente	25
Cuadro 7. Solución para análisis de Fibra Neutro Detergente.	25
Cuadro 8. Cuadrados medios de calidad bromatología de planta completa de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017	26
Cuadro 9. Cuadrados medios de variables agronómicas de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento Promedio de Altura de Planta (AP) de tres híbridos de maíz.....	28
Figura 2. Comportamiento promedio de Altura de Mazorca (AM) de tres híbridos de maíz.....	30
Figura 3. Comportamiento promedio de Rendimiento de forraje verde (RFV) de tres híbridos de maíz.....	31
Figura 4. Comportamiento promedio de Materia Seca Total (MST) de tres híbridos de maíz.....	32
Figura 5. Comportamiento promedio de Plantas Estériles (PE) de tres híbridos de maíz.....	33
Figura 6. Comportamiento Fibra Detergente Neutro (FND) de tres híbridos de maíz.....	35
Figura 7. Comportamiento Fibra Detergente Ácido (FAD) de tres híbridos de maíz.....	36
Figura 8. Comportamiento Digestibilidad de Materia Seca (DIMS) de tres híbridos de maíz.....	38
Figura 9. Comportamiento del porcentaje de materia seca (PMS) de tres híbridos de maíz.....	39

I. INTRODUCCIÓN

En México, en el año del 2017, se sembró una superficie de 587, 962.64 ha¹ de maíz forrajero, de las cuales se cosecharon 585,652.94 ha⁻¹, obteniendo un rendimiento de 16, 575, 398.36 ton (SIAP, 2017).

En la región lagunera en el ciclo Primavera-Verano de 2017 se sembraron 55 mil 885 hectáreas de maíz forrajero verde y se cosecharon 54 mil 977 hectáreas, y se produjeron dos millones 449 mil 626 toneladas de forraje (El Siglo de Torreón, 2017).

El uso de altas densidades de población y la adecuada distribución de plantas en el terreno son técnicas usadas para incrementar el rendimiento de los cultivos por unidad de superficie. El maíz, diferentes estudios indican la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca y grano por hectárea con aumentos de densidades de población (Tetio-kagho y Gardner, 1998; Jollife *et al.*, 1994)

Mediante el modelo CERES Hodges y Evans (1990) estimaron un incremento en el rendimiento de 4.7% a 6.2% al reducir la distancia entre surcos de 0.76 m a 0.38 m. Laurer (1996) menciona ventajas de usar el sistema de siembra de surcos estrechos y doble hilera en maíz como un mejor control de las malezas al reducir la distancia entre surcos y permitir el cierre más rápido y más sombreado, uso de menos agua que se pierde por evaporación por menos incidencia de luz solar directa a la superficie del suelo a principios de temporada y por consecuencia periodos más largos de riego; una separación más equidistante entre plantas ayuda a minimizar

la competencia ente las plantas por agua, nutrientes y luz. Estos beneficios crean un potencial para incrementar el rendimiento (Nielsen, 1997).

Por su parte Farnham, (2001), menciona que los híbridos precoces rinden menos que los de ciclo tardío cuando se reduce la distancia entre surcos ya que el maíz de maduración temprana o precoz produce menos hojas y requiere menos tiempo para llegar a la floración femenina, lo que se traduce en menos área foliar disponible para interceptar la luz solar.

Widdicombe y Thelen (2002), citado por Reta et al., (2007); mencionan que el mayor rendimiento de grano de maíz en surcos estrechos ha sido relacionado con un incremento en el índice de área foliar y la eficiencia de intercepción de radiación solar por unidad de área foliar. Los materiales genéticos parecen desempeñar un papel importante en el éxito de la implementación de plantaciones en doble hilera; y la respuesta del maíz a la disminución de la distancia entre surcos puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales y a la adaptabilidad de los genotipos (Rivera et al., 2007).

1.1 Objetivos

Identificar la relación que existe entre los surcos estrechos y la densidad de siembra en base al rendimiento del forraje.

Identificar en que densidad de siembra se obtiene mayor rendimiento.

1.2 Hipótesis

Ho: En los surcos estrechos entre mayor sea la densidad de siembra, aumentara el rendimiento de forraje.

Ha: En los surcos estrechos entre mayor sea la densidad de siembra, no aumentara el rendimiento de forraje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz es uno de los cereales más utilizados para consumo humano y animal (Malvar et al. 2008, Madamombe et al. 2009) En términos de recepción de ingresos es el tercer cultivo más importante en el mundo, sembrándose 129 millones de hectáreas, con rendimientos de grano de 6,7 t ha⁻¹ en países desarrollados y 2,4 t ha⁻¹ en países en desarrollo (Khalily et al. 2010).

Anualmente en México se establecen 8,0 millones de hectáreas para grano y cerca de 500 000 de maíz forrajero, con un rendimiento promedio de 26,0 t ha⁻¹ de materia verde (SIAP 2010).

2.1 Importancia del maíz forrajero en la comarca lagunera

En la Comarca Lagunera de México, la producción de leche de bovino es la principal actividad agropecuaria, y demanda una gran cantidad de forraje de calidad. En 2004 se sembraron en la región 89, 076 ha de cultivos forrajeros, entre los cuales el maíz, ocupó el segundo lugar en importancia con 26, 539 ha y un rendimiento promedio de 49 t ha⁻¹ de forraje verde (17 t ha⁻¹ de materia seca). El ensilaje de maíz es sumamente importante en la dieta del ganado debido a su alto contenido de energía (Goodrich y Meiske, 1985).

En la región Lagunera el cultivo del Maíz para producción de forraje es de gran importancia por su calidad y en las explotaciones ganaderas, el ensilaje del maíz es un componente básico en la ración para ganado bovino lechero,

principalmente por su contenido energético y menor costo que otros cultivos forrajeros (Carrillo et al, 2002).

2.2 Selección de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad para forraje.

Un híbrido de maíz es resultado de la mejora genética de la especie mediante la cruce de dos líneas con características deseables. Algunas características que se buscan con esta técnica son: mejoras en el rendimiento y en la composición del grano, tolerancias a plagas y enfermedades, adaptación a situaciones de estrés abiótico, resistencia al acame y precocidad, entre otras. (INTAGRI, 2017).

Por lo general, los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca, y poco interés se ha puesto en mejorar su calidad nutritiva. Los datos indican que existe amplia variabilidad genética en la digestibilidad del rastrojo, grano, tallo y hojas en los híbridos en uso, así como en el contenido de FDN de hojas y tallos, factible de ser explotada genéticamente. Adicionalmente se ha determinado que la variabilidad genética de la digestibilidad es mayor en la parte vegetativa que en el grano, de tal manera que la selección por calidad del follaje podría favorecer avances más notables. Hay también ejemplos, en los cuales no se ha encontrado variación genética para digestibilidad del grano, ni de la planta total, ni interacción genética con el ambiente, pero sí diferencias importantes en producción de materia seca total y del follaje (Peña, 2002).

Rutger y Crowder (1967) señalan que híbridos con hojas erectas pueden producir mayores rendimientos que híbridos con hojas extendidas, a la vez que se puede sembrar en densidades de plantas más altas Edmeades y lafitte (1993)

indican que híbridos de maíz con menor altura de planta también permite aumentar la densidad de plantas sin afectar el contenido de planta en la materia seca total.

La selección de híbridos de maíz para forraje se basa en información de producción de materia seca por hectárea y variables de calidad nutricional. El almidón es fuente de carbohidratos que aporta energía que disminuye problemas de acidosis rumial, mejora eficiencia en el uso de energía consumida por el ganado y es fuente de glucosa para la síntesis de la lactosa de la leche. (Allen, 1991).

En el cultivo de maíz, los cambios en densidad de plantas y en fertilización, son las prácticas agronómicas que más impactan la producción de grano y forraje. Para la producción de forraje, existen evidencias que los maíces híbridos de ciclo tardío, con porte alto y de hojas laxas incrementan la producción de materia seca al elevar la densidad de siembra hasta 80 000 plantas ha⁻¹, mientras que los híbridos intermedios de hojas erectas responden positivamente hasta 120 000 plantas ha⁻¹ (Núñez *et al.*, 1994).

En Estados Unidos de América, Cusicanqui y Lauer (1999), registraron incrementos de 1.7 a 4.7 t ha⁻¹ en la producción de materia seca al aumentar la densidad de población de 44, 500 a 104, 500 plantas ha⁻¹, mientras que en otro estudio realizado Widdicombe y Thelen (2002), los incrementos fueron de 1.6 t ha⁻¹ al pasar la densidad de 64, 200 a 88, 900 plantas ha⁻¹. Por su parte Cuomo *et al.* (1998), obtuvieron el máximo rendimiento de materia seca con densidades superiores a 55, 000 plantas ha⁻¹; mientras que Reta *et al.* (2000) lo lograron a densidades mayores de 86, 000 plantas ha⁻¹.

2.3 Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno (Reta et al. 2000, Subedi et al. 2006), que en conjunto con un área foliar grande (Valentinuz y Tollenaar 2006) permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm (Tinoco et al. 2008), al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Strieder et al. 2008).

Las densidades de siembra en maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos, recomendándose para maíz forrajero una densidad de población óptima de 39,520 a 98,800 plantas por hectárea, ya que en teoría la biomasa total de forraje incrementa cuando lo hace la densidad de plantas. Se sabe también que la densidad óptima de plantas en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del tipo de híbrido, fertilidad del suelo y manejo agronómico del cultivo. Así, al evaluarse maíces forrajeros a una densidad de 104, 000 plantas por hectárea en condiciones de riego se obtuvieron rendimientos de forraje entre 27.8 y 70.2 t ha⁻¹ (Sánchez et al, 2013).

El uso de altas densidades de población y la adecuada distribución de plantas en el terreno son técnicas usadas para incrementar el rendimiento de los cultivos por unidad de superficie. En maíz, diferentes estudios indican la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca y grano por hectárea de maíz (Tetio-kagho y Garner, 1988; Jollife et al., 1990). Por otra parte, Graybill et al. (1991) al

aumentar la densidad de plantas por hectárea se incrementa el índice de área foliar, aun que se altera la distribución de luz dentro del dosel.

Se recomienda el empleo de híbridos de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares. Así, las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos (Widdicombe y Thelen 2002).

Por lo que Cuomo et al. (1998) recomendaron para maíz forrajero una densidad de población óptima de 98 800 plantas por hectárea, argumentando que la biomasa total de forraje se incrementa con la densidad de plantas. La densidad óptima en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico del cultivo (Subedi *et al.* 2006).

Las altas densidades de población en maíz pueden reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano, sin embargo existe una respuesta diferente de acuerdo a las características de los genotipos (Ramírez, *et al.* 2006).

2.4 Fecha de siembra

La producción de maíz forrajero está fuertemente influenciada por la fecha de siembra. Lo anterior se debe a la estrecha relación que existe entre los cultivos y los factores del clima. Por ejemplo, días más largos promueve la fotosíntesis de las plantas y altas temperaturas durante la noche reducen la producción de forraje (Widstrom et al., 1984).

En maíz la producción de materia seca por hectárea está relacionada a la cantidad de radiación solar interceptada por el cultivo. Las temperaturas altas afectan la tasa de fotosíntesis y acortan el ciclo de cultivo. Allison et al. (1979) indican un acortamiento del periodo de la siembra a la floración y una disminución del área foliar del cultivo debido a altas temperaturas y aun foto periodo más corto. Además, se disminuye el periodo de llenado de grano, el cual constituye un alto porcentaje de la materia seca por hectárea (Muchow et al., 1990).

En la comarca lagunera las fechas optimas para establecer un cultivo de maíz forrajero es: Temprana del 20 de febrero al 20 de marzo y tardía del 15 de junio al 15 de julio. La germinación óptima del maíz se obtiene con temperaturas de 18 a 21 °C, disminuyendo significativamente con temperaturas menores de 13 °C (INIFAP, 2015).

2.5 Producción de maíz forrajero en surcos estrechos.

Por otra parte, la respuesta del maíz a la utilización de surcos estrechos ha sido variable, la reducción de la distancia entre surcos de 0.76 a 0.38 m (Ottman y Welch, 1989) no incremento el rendimiento de maíz. Por el contrario, Murphy et al. (1996) encontraron un incremento en el rendimiento de maíz de 10 a 15 % al reducirse la distancia entre surcos de 0.76 a 0.5 m.

Respecto al cultivo de maíz en surcos estrechos (hasta 35-38 cm) se puede inferir un doble objetivo, de que el cultivo de maíz intercepte de manera eficiente la radiación solar y que paralelamente prive a las malezas de alcanzar dicho cometido. El espaciamiento más estrecho entre surcos resulta de 35-38 cm mientras que el de 100 cm es el más distante, entre ambos extremos se aprueban las ya clásicas distancias de 50-52 cm y 70-76 cm. Los resultados muestran que reducir por debajo del medio metro de distancia entre surcos no incide significativamente sobre el rendimiento en grano. No obstante, una respuesta agronomica en promedio no superior al 10 % al estrechar los surcos se vislumbra en aquellas situaciones en las que no se alcanzó el índice de área foliar máximo durante el periodo crítico del cultivo (Andrade *et al.*, 2002), se adelantó la fecha de siembra y se prevén rendimientos objetivos superiores a las 10 toneladas de grano por hectárea (Strieder *et al.*, 2008).

Desde hace algunos años, agricultores y asesores alrededor del mundo se dieron a la tarea de explorar otras formas de cultivar el maíz que les permitieran poder continuar incrementando las densidades de siembra, sin afectar el desarrollo individual de las plantas y con ello; continuar incrementando los rendimientos del maíz. Y la más efectiva de dichas alternativas es la siembra en surco angosto (INTAGRI, 2015).

Esta práctica permite incrementar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie debido, principalmente, a una mayor interceptación de radiación solar durante el ciclo de crecimiento (Barbieri *et al.*, 2000). En la medida en que se reduce la distancia entre surcos e incrementa la distancia entre plantas se mantiene

constante la densidad de plantación y es posible incrementar de 7 a 20% el rendimiento de grano (Murphy *et al.*, 1996; Porter *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2000) y de 4 a 19% el rendimiento de materia seca (Bullock *et al.*, 1988; Cox *et al.*, 1998; Cox y Cherney, 2001; Widdicombe y Thelen, 2002).

El mayor rendimiento de la siembra en surcos estrechos ha sido relacionado con un incremento en el índice de área foliar y la eficiencia de intercepción de radiación solar por unidad de área foliar (Hunter *et al.*, 1970; Bullock *et al.*, 1988).

La mayor cantidad y más temprana intercepción de radiación solar que se obtiene con la siembra de maíz en surcos estrechos, incrementa la tasa de crecimiento respecto a la siembra en surcos convencionales, lo cual se traduce en aumento en peso de tallo y hojas (Hoff y Mederski, 1960)

2.6 Etapa de madurez para maíz forrajero

El estado de madurez de la planta a la cosecha (o etapa de corte) es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilaje de maíz (Fylia, 2004). En México, la etapa de corte para ensilaje tradicionalmente se realiza en estado lechoso-masoso o masoso, por lo que los ensilajes presentan una baja proporción de elote que se refleja en menor producción y calidad del forraje. Wiersma *et al.* (1993) sugirieron el uso de la línea de leche durante la maduración del grano como criterio para determinar el momento oportuno del corte de maíz para ensilar. En etapas tempranas de cosecha las concentraciones de fibra son mayores (Hunt *et al.*, 1989), y se ha determinado que el máximo rendimiento de materia seca, mayor digestibilidad y menor contenido de

fibra se obtiene cuando se cosecha a 1/2 (Wiersma et al., 1993) o a 1/3 de línea de leche (Xu et al., 1995), debido principalmente a que incrementa la proporción de grano.

La etapa de cosecha en 1/2 de la línea de leche en maíz para ensilaje representa un incremento en alrededor del 12% en producción de materia seca y una digestibilidad superior en 3 unidades porcentuales, en comparación a la cosecha en estado lechoso masoso. Asimismo, la mayor producción, la mayor digestibilidad y una mayor calidad, puede representar una diferencia en producción de leche superior a un litro por vaca por día (INIFAP, 2015).

2.7 Calidad nutricional del maíz forrajero

Un principio básico en la nutrición animal es cuantificar el consumo de materia seca para determinar la ingestión de nutrientes. En ganado bovino lechero, se han llevado a cabo un número importante de ensayos para determinar el consumo de materia seca y desarrollar modelos matemáticos para predecirlo (Hristov et al., 2004). Sin embargo, en ganado caprino, el panorama es otro y el rango de valores encontrado en la literatura es muy amplio (Rodríguez y Elizondo, 2012).

Los forrajes son importantes en la alimentación de los rumiantes por razones económicas y nutricionales (Chalupa, 1995; Núñez et al., 2006). Aun cuando el ganado lechero altamente productor de leche utiliza grandes cantidades de grano, subproductos agroindustriales y productos especializados, los forrajes contribuyen

del 40 al 60 % del consumo de materia seca en vacas de producción, 49 % de la proteína, 52 % de la energía neta de lactancia, 79% de la fibra detergente neutro, así como con el 51 % del calcio y 97 % del potasio en las raciones, además estimulan el 90% del tiempo de rumia (Núñez et al., 2006).

Los principales factores que se están asociados con la calidad nutricional de los forrajes son: el estado de madurez, especie de forrajes, métodos de conservación, clima, fertilidad del suelo y variedades (Núñez, 2006).

2.9 Análisis bromatológico para evaluar la calidad nutricional de forrajes

La instauración de los análisis bromatológicos o conocidos también como análisis físico-químicos durante la elaboración de las dietas de los animales domésticos es una actividad muy importante, pues a través de estos análisis bromatológicos se conoce la calidad del alimento, lo que impacta directamente en la salud, en el rendimiento y en la eficiencia reproductiva de los animales en producción. El uso de modelos permite conocer la influencia de la calidad nutricional de los forrajes en el consumo, digestión, metabolismo y producción a partir de análisis de laboratorio, son muy importantes debido a que la calidad nutritiva de los forrajes es muy variable (Núñez *et al.*, 2006) y ayuda en la interpretación de estudios de la relación entre la calidad nutricional de los forrajes y la producción de leche (NRC; 2001; Fox *et al.*, 2001).

La energía neta de lactancia de los forrajes se ha relacionado con las concentraciones de FDA o FDN (Harlan *et al.*, 1991; Núñez, 2006), y en el maíz forrajero se han encontrado diferencias en el valor energético hasta de 0.2 Mcal/kg de MS entre híbridos (Núñez, 2006).

2.10 Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Acida

Recientemente, los laboratorios de análisis de forrajes han comenzado a evaluar los forrajes por su digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN). Esta evaluación de forrajes basada en la digestibilidad del FDN está siendo realizada para ayudar a predecir la digestibilidad total del forraje. Hay varias razones importantes de porque se está haciendo esta evaluación de la digestibilidad del FDN. Primero, la investigación ha demostrado que las vacas lecheras en lactación comerán mas materia seca y producirán más leche cuando se alimentan con forrajes que tienen más alta digestibilidad del FDN. Segundo, mientras lignina y fibra detergente ácido (FDA) han sido usadas en el pasado para estimar la digestibilidad potencial del FDN y digestibilidad total del forraje, investigación reciente ha demostrado que FDA y lignina no consideran todas las variaciones en la digestibilidad del FDN o del forraje. Tercero, la digestibilidad del forraje se calcula en las tablas de requerimientos de nutrientes para Ganado lechero 2001 (NRC) usando una aproximación sumativa donde la contribución de energía proveniente de proteína, grasa, carbohidratos no-fibrosos (NFC), y FDN son sumadas. Una predicción de la digestibilidad del FDN es requerida para usar una predicción sumativa de la energía de los forrajes (Hoffman *et al.*, 2001).

Otra característica nutricional de los forrajes es su contenido de fibra. La fibra detergente neutro (FDN) representa las sustancias menos digestibles de los forrajes (celulosa, hemicelulosa y lignina) (Núñez *et al.*, 2006; Hernández, 2010).

Debido a que la FDN es un componente de los forrajes que se digiere lentamente tienen un efecto de llenado en el rumen. Este puede llegar a limitar el consumo de las vacas lecheras (Núñez *et al.*, 2006).

2.11. Digestibilidad

La digestibilidad se define como la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales; por lo tanto, el conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo, biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis en el tracto gastrointestinal (Navarro *et al.*, 2011).

La digestibilidad de la planta aumenta hasta el estadio de grano duro y después disminuye ligeramente con la maduración. No obstante, la variación de la digestibilidad es baja en el tramo que va desde un contenido de 20 % de MS hasta 50 %. (Jorgensen y Crowley, 1988). La digestibilidad de las hojas, tallo y chala disminuye con la maduración, pero ésta disminución se compensa por un aumento de la cantidad de grano (Weaver *et al.*, 1978). Por lo tanto, cuando la planta alcanza la madurez fisiológica, mayor es la energía digestible por hectárea. Diferencias en el valor nutritivo pueden ocurrir por otros factores ajenos a la maduración, como los

agronómicos, climatológicos, condiciones de cosecha y de almacenamiento (Jorgensen y Crowley, 1988).

Bosch *et al.*, (1994) compararon varios híbridos tardíos de germoplasma tropical y templado; concluyeron que la materia seca digestible total depende principalmente del rendimiento de mazorcas verdes y en menor medida del total de producción del resto de la planta y aun menos de la digestibilidad de los restos.

2.13 Energía neta de lactancia

Kromann (1973) indica que la energía neta es el mejor sistema de energía, por medio del cual se puede expresar el valor energético de los ingredientes toscos o de los requerimientos de energía de ciertos estadios fisiológicos de un animal.

2.14 Consumo de materia seca

El consumo de materia seca es de importancia en la nutrición bovina, especialmente en animales en pastoreo, ya que establece la cantidad de nutrientes disponibles para la salud, reproducción y producción animal (NRC, 2001). Es por esto que la estimación del CMS, aparte de ser considerada como un indicador de la capacidad productiva y el estado nutricional de los animales en pastoreo, se hace necesaria en estos sistemas de producción para evitar una subalimentación, lo que restringiría la producción e incrementaría los costos, debido a los bajos índices de transformación del alimento en productos de origen animal (Sánchez- Chopa *et al.*, 2012; Gaviria *et al.*, 2015).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 26° 00' y 26° 10' N y 104° 10' y 103° 20' O, con una altitud de 1119 m. El clima es seco desértico, con régimen de lluvias en verano e invierno fresco. La temperatura media anual varía de 19 a 21 °C y la precipitación promedio anual es de 215.5 mm (García, 1973).

3.2 Localización del área experimental

El experimento se realizó en el ciclo Primavera-Verano del año 2017, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 103°25'57” de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y 25°31'11” de latitud norte, con una altura de 1,123 msnm (Díaz, 2015).

3.3 Material genético utilizado en el experimento.

Se utilizaron tres híbridos comerciales provenientes de las empresas de VERSA y MONSANTO, los cuales se describen a continuación:

Cuadro 1. Características de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017.

HIBRIDO	CICLO VEGETATIVO	ALTURA DE PLANTA	DÍAS A FLORACIÓN
RS-8510 versa	Intermedio	285-300 cm	73-75
RS-8520 versa	Intermedio	285-300 cm	73-75
CRM-52 Monsanto	Intermedio-Tardío	250-280 cm	74-78

3.4 Preparación del terreno.

La preparación del terreno se realizó el día 29 de marzo, donde se realizó un barbecho, con un paso de rastra y nivelación del terreno. Las parcelas se marcaron el primero de abril de 2017.

3.6 Fecha siembra

La siembra se llevó a cabo el día 1 de abril del 2017, en seco, se llevó a cabo en forma manual, depositando de dos a tres semillas por punto de siembra.

3.7 Desahije

Se realizó después de 29 días después de la siembra, dejando plantas con buen vigor y una por cada punto de siembra.

3.8 Riegos requeridos

Los riegos se aplicaron de acuerdo a como el cultivo lo iba requiriendo.

Cuadro 2. Número de riegos aplicados en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017

Numero de riegos	Fecha
1	02/abril/2017
2	04/abril/2017
3	09/ abril/2017
4	15 de abril/2017
5	19/abril/2017
6	25 /abril/2017
7	28/abril/2017
8	19/ mayo/2017
9	8/junio/2017
10	21/junio/2017
11	07/julio/2017

3.9 Fertilización

Los fertilizantes se aplicaron con un inyector tipo venturi en el agua de riego y también granulado colocándolo en la base de la planta.

Cuadro 3. Fertilización aplicada en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017

Fertilizante	Fecha	Dosis
Sulfato de potasio K ₂ SO ₄	25-Abril-17	100 Unidades
Urea CO(NH ₂) ₂	05-Mayo-17	180 Unidades

3.10 Control de maleza

En el control de maleza se realizó una aplicación preemergente y se realizaron dos cultivadas, la primera se realizó el 03 y 6 de mayo de 2017, de forma manual, utilizando la mula con el arado.

Cuadro 4. Control de malezas en 3 híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017

Ingrediente activo	Dosis (L ha)	Fecha de aplicación
Acetoclor: 2-cloro-N-(etoximetil)-N-(2-etil-6-metilfenil)- acetamida	2	05 de abril del 2017

3.11 Control de plagas.

Las plagas que afectaron al cultivo de maíz se controlaron cuando se sobrepasaban el umbral económico, y se aplicaron los siguientes insecticidas correspondientes para cada una de las plagas presentadas.

Cuadro 5. Control de plagas en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017

Ingrediente activo	Dosis recomendada	Plaga	Fecha
Clorpirifos etil: O,O-Dietil-O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato 44.50 % (Equivalente a 480 g/L a 20°C)	0.5 a 1.5 L ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	13 de abril 2017
Clorpirifos etil: O,O-Dietil-O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato 44.50 % (Equivalente a 480 g/L a 20°C)	0.5 a 1.5 L ha	<i>Agrotis malefida</i>	16 de abril 2017
Clorpirifos etil 44.50 % i.a CE	0.5-1.5 L/ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	19 de abril 2017
Metomilo: S- Metil-N (metilcarbamoil) 90%.	1-2 L/ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	20 de abril 2017
Lambda cihalotrina 1,5% ia	65-130 mL ha	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	26 de abril 2017
		<i>Spodoptera frugiperda</i>	
Abamectina 1.8% ia	0.5 a 1.2 L ha	(<i>Tetranychus urticae</i>)	17 de mayo 2017
Abamectina 1.8% ia	0.5 a 1.2 L ha	<i>Tetranychus urticae</i>	30 de mayo 2017
Chlorantraniliprole 18.4%	100 ml/ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	5 junio del 2017
Imidacloprid 30.20% ia	1L ha	<i>Tetranychus urticae.</i> <i>Melanaphis sacchari</i>	20 junio de 2017

3.12 Variables agronómicas determinadas

3.12.1 Altura de planta (AP).

Se seleccionaron tres plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga (panoja). Se expresó en centímetros (cm).

3.12.2 Altura de mazorca (AM)

Se midió desde la base del tallo hasta la inserción de la mazorca superior. Se expresó en centímetros (cm).

3.12.3 Plantas estériles (PE)

En cada una de las parcelas se identificaron plantas que no produjeron frutos.

3.12.4 Cosecha

Se realizó en forma manual, cuando la mazorca se encontraba en un tercio de la línea de leche (punto óptimo para cosechar). La superficie cosechada fue determinada con la siguiente fórmula:

$SC = \text{número de surcos} * \text{largo de surco cosechado} * \text{ancho de surco cosechado}.$

3.12.5 Peso verde de la planta (PVP)

Se determinó mediante el peso de las plantas cosechadas en dos metros lineales con competencia completa y se expresó en $t\ ha^{-1}$.

3.12.6 Peso verde de la mazorca (PVM)

El registro de este dato consistió en pesar las mazorcas producidas en plantas cosechadas dentro de dos metros lineales con competencia completa y se expresó en t ha⁻¹.

3.12.7 Rendimiento de forraje verde (RFV)

Se cosechó el forraje de dos metros lineales de la parcela útil, no considerando las plantas que se encontraban a un metro del final de cada extremo del surco para evitar efecto de orilla y así tener plantas con competencia completa. Se expresó en toneladas por hectárea.

$$RFV = PVP + PVM \frac{10000}{SC}$$

donde: RFV: Rendimiento de forraje verde en t ha⁻¹, PVP: peso verde de planta en t ha⁻¹, PVM: peso verde de mazorca en t ha⁻¹ y SC: Superficie cosechada en t ha⁻¹.

3.12.8 Materia seca total

Se molieron dos plantas completas elegidas al azar de los dos metros lineales (en el momento de la cosecha) y se llevó a una estufa marca FELISA por un periodo de 24 h a una temperatura de 65°C ±1°C hasta alcanzar peso constante, para estimar el contenido de materia seca total en t ha⁻¹. Se determinó con la siguiente fórmula:

$$MST = \frac{\%MS * RFV}{100}$$

donde: % MS = Por ciento de materia seca y RFV = Rendimiento de forraje verde

3.13 Variables de calidad forrajera

Se determinaron variables de calidad bromatológica: a cada uno de los materiales cosechados a un tercio de la línea de leche, se le realizan los análisis de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), % de materia seca (%MS), energía neta de lactancia (ENL), digestibilidad de materia seca (DIMS), energía metabolizable (EM), consumo de materia seca (CMS) y el valor relativo de forraje (VRF).

Antes de realizar el análisis para determinar la calidad bromatológica del forraje, se colocaron las muestras de forraje en un horno marca FELISA modelo 2484 durante un aproximado de 48 a 72 horas dependiendo de la humedad del material, después de secarse se molieron las muestras en un molino marca CYCLONE SAMPLE MILL modelo 3010-030 hasta obtener muestras pequeñas para la realización del análisis.

3.13.1 Determinación de fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND)

El análisis bromatológico se determinó bajo el principio de (Van Soest, 1967) utilizando un analizador de fibras ANKOM 220. El ensayo consistió en tomar 0.500 g (± 0.01 g) de la muestra molida de materia seca de las plantas que se cosecharon, las cuales se colocaron en una bolsa de papel filtro ANKOM F57. En seguida las muestras se pasaron al analizador de fibras, agregándose 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FDA y para la obtención de FDN, a la solución se le agregaron 20.0 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 mL de alfa amilasa.

Posteriormente las muestras para FDA y FDN fueron digeridas en el analizador de fibras por un tiempo de 60 minutos, a una temperatura de 100 °C (± 1 °C).

Cuando el tiempo de digestión fue alcanzado, se lavaron con agua destilada caliente a una temperatura aproximada de 100°C, realizándose este proceso tres veces para cada uno de las fibras. Para el análisis de FDN se agregaron 4.0 mL de alfa amilasa a cada uno de los dos primeros enjuagues, posteriormente se retiraron las bolsas de papel filtro con las muestras y se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml y se agregaron 200 ml de acetona dejándose por 3 minutos en la solución, con la finalidad de eliminar probables residuos de las soluciones utilizadas.

A continuación se dejaron las muestras expuestas al medio ambiente por un lapso de 45 min, esto para permitir la evaporación de la acetona, en seguida las muestras se sometieron a secado en estufa a una temperatura de 105 °C (± 1 °C) por 24 horas y posteriormente se procedió a pesar las muestras y así determinar el porcentaje de FAD y FND con la siguiente fórmula:

$$\%FAD \text{ ó } FND = \frac{(W3 - (W1 * C1))}{W2} \times 100$$

$$c1 = \frac{\text{peso de bolsa en blanco después del proceso}}{\text{peso de bolsa en blanco antes del proceso}}$$

donde: FAD= Fibra Ácido Detergente; FND = Fibra Neutro Detergente; W1= peso de bolsa, W2 = peso de muestra, W3 = peso de bolsa con muestra después del

proceso y C1 = peso de bolsa en blanco después de proceso/ peso de bolsa en blanco antes del proceso.

Cuadro 6. Solución para determinación de Fibra Ácido Detergente

Reactivo	Cantidad
Bromuro de cetyl ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$) Trimetil amonio	20 g
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	1 L

Cuadro 7. Solución para análisis de Fibra Neutro Detergente.

Reactivo	Cantidad
Lauril sulfato de sodio ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}_4\text{SNa}$)	150g
Sal disódica (EDTA)	93.05g
Tetraaorato de sodio decahidratado	34.05g
Fosfato ácido disódico (Na_2HPO_4)	22.80g
Agua destilada	5L
Etilenglicol	50 MI

3.13.2 Digestibilidad de la materia seca (DIMS)

La digestibilidad de la materia seca se determino en base a la siguiente ecuación:

$$DIMS = 88.9 - (0.779 * \% FAD)$$

Donde: DIMS = Digestibilidad de la materia seca y FAD: Fibra Ácido Detergente

3.13.3 Consumo de materia seca (CMS)

El consumo de materia seca se estimó con la siguiente fórmula:

$$CMS = \frac{120}{\%FND}$$

Donde: FND = Fibra Neutro Detergente.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos presentaron un comportamiento similar (Cuadro 8 y 9) entre sí en todas las variables, a excepción de PMS, PJ y AR donde se presentaron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$). En el sistema de siembra los tratamientos (Trat*Dist) se observaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos en las variables de FND, PMS y PE. El resto de las variables no presentó diferencias estadísticas.

En relación con el distanciamiento las variables PMS y PE fueron diferentes estadísticamente ($P \geq 0.05$) entre sí. En densidades y en la interacción Dist*Dens PMS, RFV, MST y PE fueron significativas ($P \geq 0.05$).

Se observa que el efecto de siembra no presenta ventaja en el RFV con respecto al método tradicional.

Cuadro 8. Cuadrados medios de calidad bromatología de planta completa de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017

FV	gl	FND	FAD	DIMS	PMS
Rep	2	102.74 ns	1.25ns	0.75ns	10.35**
Trat	2	79.60 ns	72.07ns	43.74ns	1.95**
Trat*Dist	4	1.86**	7.06ns	4.28ns	1.84**
Trat*Dens	4	60.83 ns	1.25*	0.76*	6.55**
Dist	2	6.98 ns	29.49ns	17.89ns	5.93**
Dens	2	64.03 ns	5.20ns	3.15ns	0.80**
Dist*Dens	4	68.73 ns	5.72ns	3.47ns	0.37**
Error	6	62.12	12.96	7.87	0.00
Total	26				
CV %		14.24	10.74	4.46	0.00
Media		55.33	33.5	62.80	27.69

*, ** Los valores significativos al 0.05 y 0.01% ns= no existe significancia, FND = Fibra Neutro Detergente, FAD= Fibra Ácido Detergente, DIMS= Digestibilidad de Materia Seca y PMS= Por ciento de Materia Seca.

Los coeficientes de variación se consideran aceptables en todas las variables, ya que todas se encuentran dentro de los intervalos de confianza

(coeficientes de variación con menos de 10% se consideran de buena precisión) para el valor obtenido, lo cual podría ser útil para una la toma de decisiones (Steel and Torrie, 1980).

Cuadro 9. Cuadrados medios de variables agronómicas de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2017.

FV	gl	AP	AM	RFV	MST	PE
Rep	2	45.16 ns	34.24ns	2782.74ns	115.21ns	2.11**
Trat	2	136.39ns	781.51ns	1567.24ns	68.77ns	1.00**
Trat*Dist	4	102.76ns	17.01ns	981.87ns	110.58 ns	0.16**
Trat*Dens	4	48.89 *	18.56ns	1600.08ns	97.63ns	1.27**
Dist	2	932.69ns	189.99ns	6006.18ns	506.78ns	0.33**
Dens	2	66.84 ns	50.18ns	81.58*	8.57*	0.77**
Dist*Dens	4	241.32ns	91.33ns	211.15*	11.52**	0.11**
Error	6	393.20	104.42	2171.76	192.76	0.00
Total	26					
CV %		8.18	7.53	28.84	31.10	0.00
Media		242.34	135.59	161.58	44.63	0.333

*, ** Los valores significativos al 0.05 y 0.01% de probabilidad ns= no significativo, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca, RFV= Rendimiento de Forraje Verde, MST= Materia Seca Total, y PE= Plantas estériles.

4.1 Promedio de variables agronómicas

4.1.2 Altura de planta (AP)

En la Figura 1 se observan los resultados de altura de planta (AP), mismos que no presentaron diferencias significativas. La altura de planta (AP) de mayor promedio entre los tratamientos fue en el híbrido 1 con 246.30 cm y la menor AP fue en el híbrido 3 con 238.51 cm.

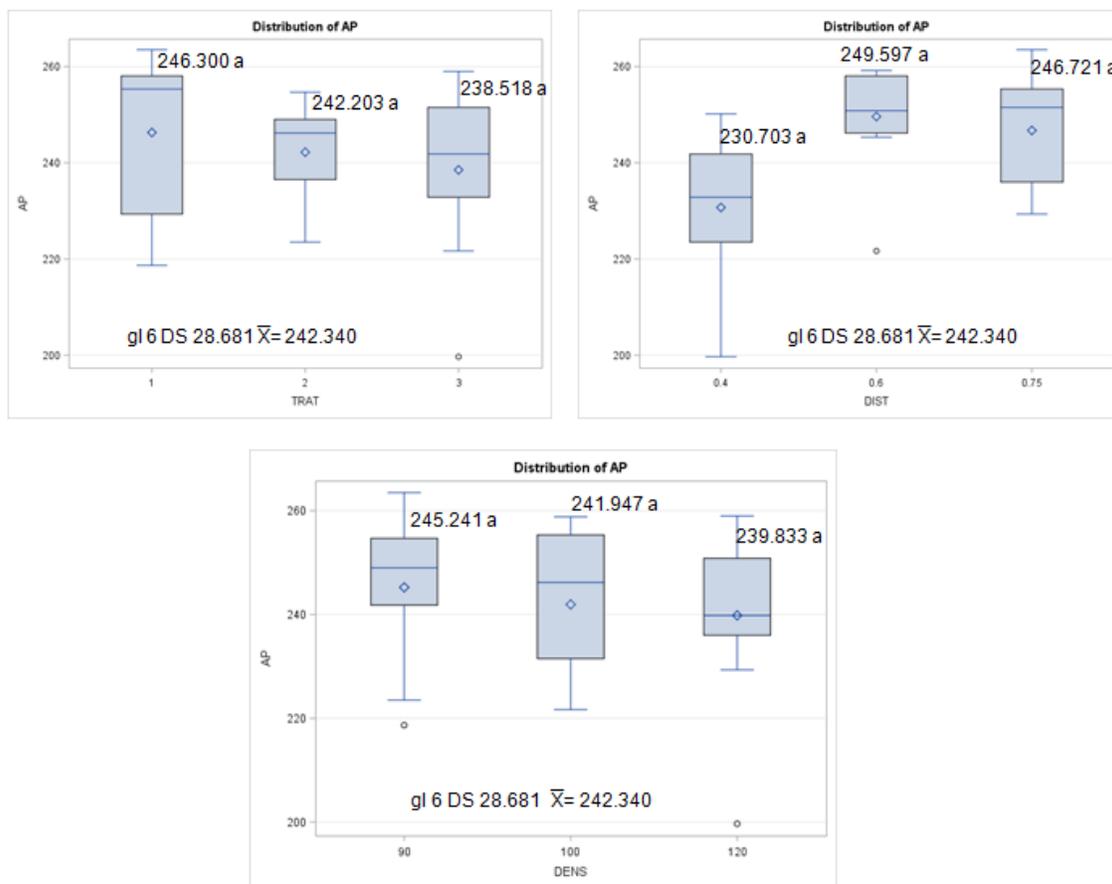


Figura 1. Comportamiento Promedio de Altura de Planta (AP) de tres híbridos de maíz

En el distanciamiento de surcos (0.60 cm) la mayor AP, se reflejó en el híbrido 2 con 249.59 cm; por lo que es posible afirmar que la incidencia directa de la radiación solar sobre los tallos en las plantas con mayor área vital dificulta que se desarrollen en altura, porque al emplearse una distancia de plantación amplia no tendrán que competir entre ellas por la luz; por tanto el crecimiento de las ramas laterales debe ser mayor (Noda *et al.*, 2007).

La AP mayor se consiguió en el tratamiento 1 con 245.24 cm, para la densidad de 90, 000 plantas por ha^{-1} , y la menor altura fue en el híbrido 3 con 239.83 cm. Se observa que las plantas tuvieron un mayor crecimiento con la densidad de

90,000 y 100,000 plantas por ha⁻¹ y el menor crecimiento fue en la densidad de 120,000 plantas por ha⁻¹, estos datos coinciden con Paéz (1991) quien planteó que la luz influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas de varias maneras, según su calidad, intensidad y duración; el uso de altas densidades de siembra trae consigo problemas relacionados con la competencia dentro del cultivo, por lo que al final del ciclo las plantas tienen un menor crecimiento.

La altura de planta es un parámetro, ya que es un indicativo de la velocidad de crecimiento, está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, lo a que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano. Además, está fuertemente influenciados por condiciones ambientales como: Temperatura, humedad y cantidad de luz (Cuadra, 1988).

4.1.3 Altura de mazorca (AM)

Al evaluar la altura de mazorca (AM) no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Figura 2), en densidades y en distanciamientos, sin embargo Celiz y Duarte (1996) señalan que la altura de inserción de mazorca es un factor íntimamente relacionado con los rendimientos del cultivo, por lo que puede aumentar los niveles de rendimiento de grano, ya que a menor altura de mazorca se obtienen mayores rendimientos (Maya, 1995).

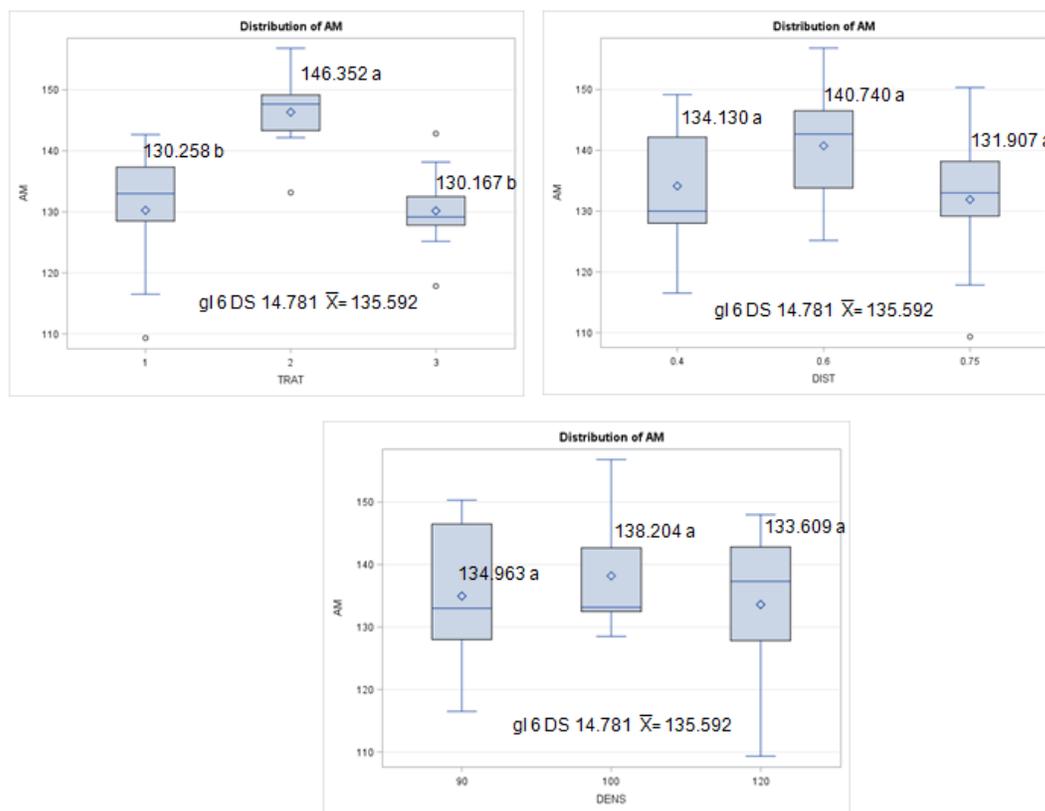


Figura 2. Comportamiento promedio de Altura de Mazorca (AM) de tres híbridos de maíz

En los tratamientos lo mayor AM fue en el tratamiento 2 con 146.32 cm, los tratamientos 1 y 3 presentaron la menor altura con 130.25 y 130.16 cm respectivamente. En el distanciamiento de siembra de 0.60 cm nuevamente el tratamiento dos fue el de mayor AP con 140.74 cm y el de menor AP fue el tratamiento 3 con 131.90 cm. En la densidad de 100,00 plantas por ha^{-1} , el de mayor expresión con 138.20 cm fue el tratamiento 2 fue y el de menor altura fue en los tratamientos 1 y 3 (134.96 y 133.60 cm respectivamente).

4.1.4 Rendimiento de forraje verde (RFV)

Al realizar el análisis de varianza y separación de medias no se encontró diferencias significativas entre tratamientos, distanciamiento y densidades de siembra (Figura 3).

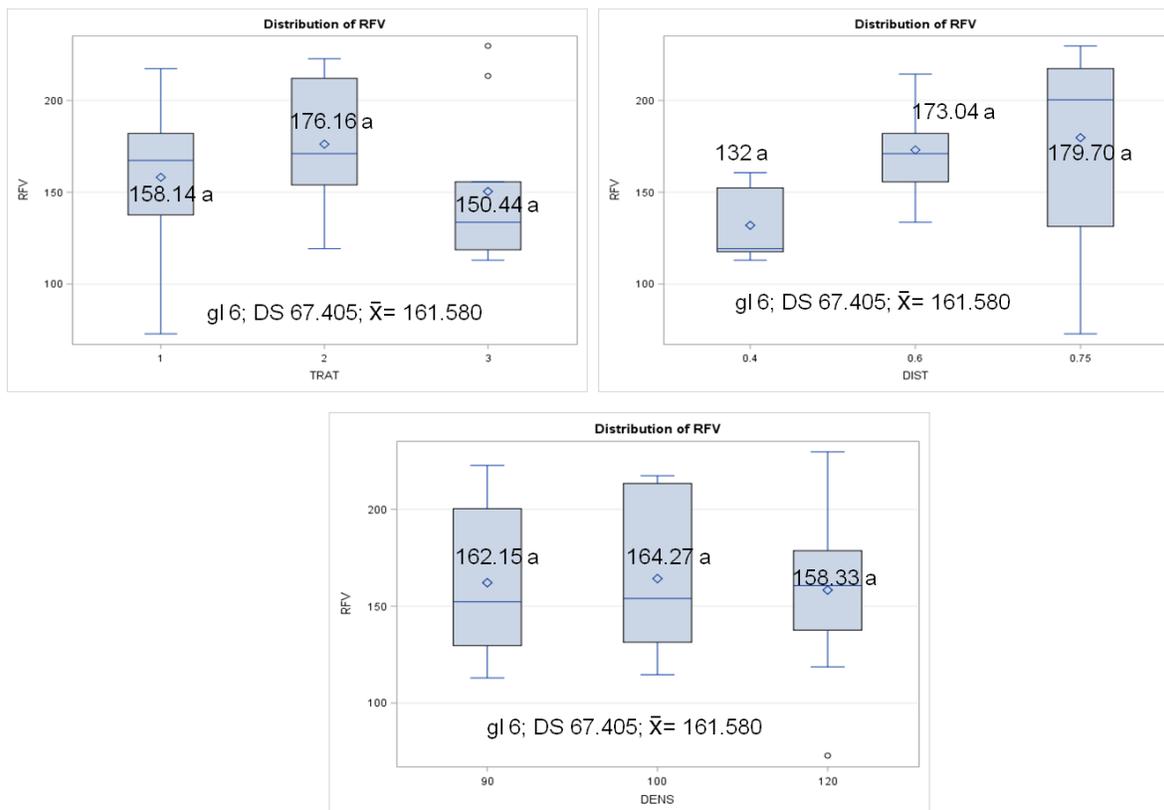


Figura 3. Comportamiento promedio de Rendimiento de forraje verde (RFV) de tres híbridos de maíz

Sin embargo, matemáticamente el RFV el tratamiento 2 se ubicó como una de los de mayor respuesta en esta variable (176.16 g) tanto en distanciamiento de siembra como en densidades.

Lo cual indica que el tratamiento dos tiene una buena respuesta en surcos estrechos y a una alta densidad de plantas. Por lo tanto y de acuerdo con Porter *et al.* (1997);

Widdicombe y Thelen (2002) se puede concluir tal vez que este híbrido puede tener altos rendimientos tanto en surco convencional como en surcos estrechos.

4.1.5 Materia seca total (MST)

El rendimiento de los tratamientos 1(44.09) y 2 (47.62) fue mayor que el obtenido por el tratamiento 3 (42.17), debido a una mayor producción de materia seca (MST), sin embargo en el distanciamiento de surcos fue mayor con 50.92. En densidades de siembra el tratamiento 1 y 2 fueron los de mayor acumulación de MST con valores de 45.15 y 42.23 (Figura 4).

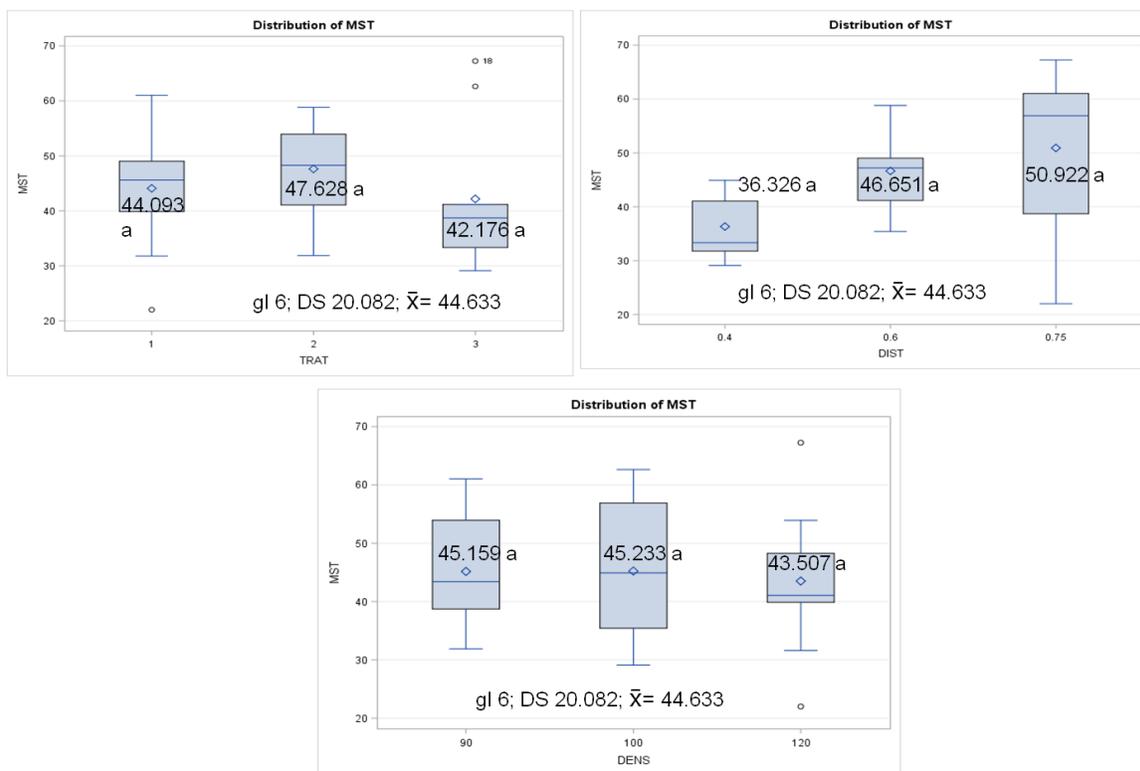


Figura 4. Comportamiento promedio de Materia Seca Total (MST) de tres híbridos de maíz

En general no se presentó diferencias estadísticas en la distribución espacial de plantas ni en densidades, se podría concluir que los genotipos evaluados pueden ser sembrados tanto en surco convencional como en surcos estrechos.

4.1.6 Plantas estériles (PE)

En cada parcela se determinó el porcentaje de plantas estériles (PE). Los híbridos con mayor número de plantas estériles (PE) fue en el tratamiento 3 con un porcentaje de 0.55 para el distanciamiento de surcos de 0.75 m. Los tratamientos 1 y 2 con distanciamientos de 0.40 y 0.60 respectivamente, presentaron un menor porcentaje de PE con un valor de 0.22 (Figura 5).

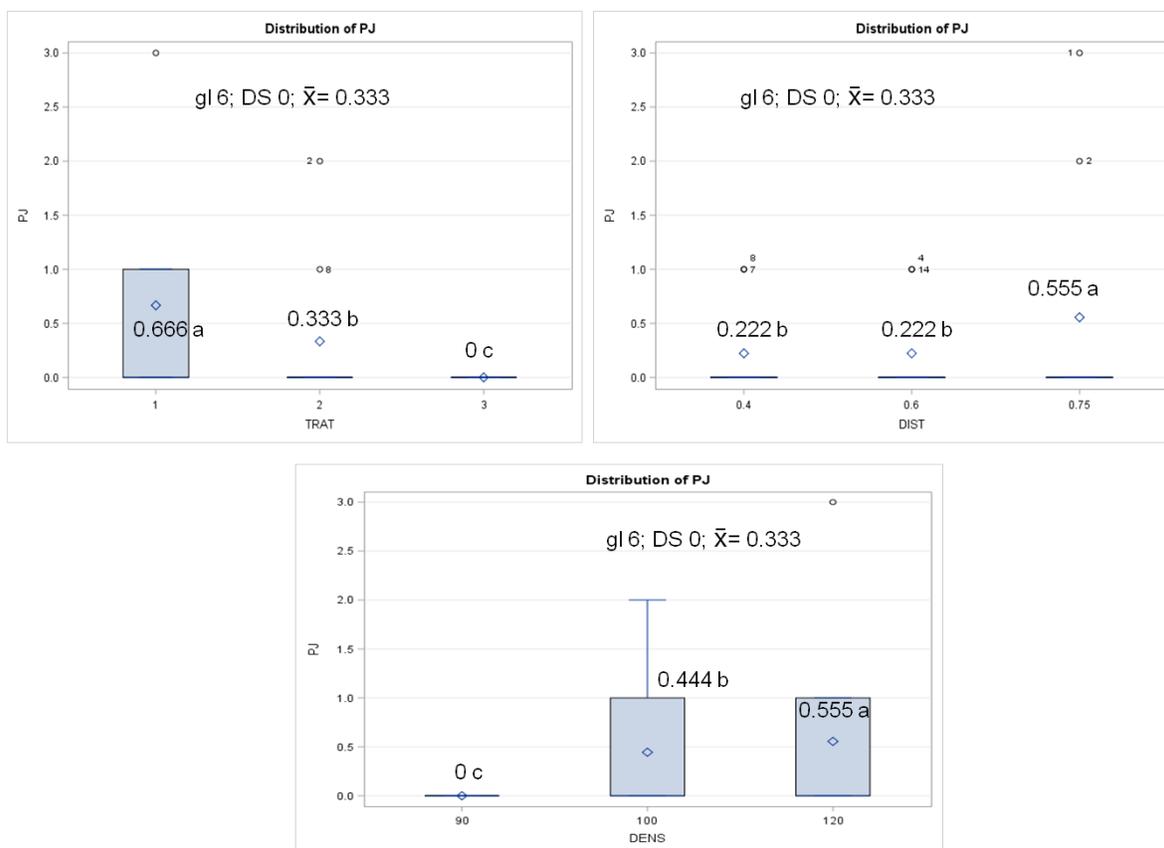


Figura 5. Comportamiento promedio de Plantas Estériles (PE) de tres híbridos de maíz

En densidades de siembra con 120 plantas por ha⁻¹ el tratamiento 3 reflejo el mayor número de PE con 0.55, seguido del tratamiento 2 con una densidad de 100,000 plantas por ha⁻¹, con un porcentaje de 0.44. Para el tratamiento 1 con una densidad de 90,000 no observo presencia de PE.

En general se observa que el tratamiento 3 con una densidad de 120, 000 plantas por ha⁻¹, presento el mayor número de PE y también reflejo el menor rendimiento de forraje verde (RFV), mientras que los tratamientos 1 y 2 al disminuir la densidad de siembra tienden aumentar su rendimiento de forraje verde.

En muchas variedades de plantas se ha encontrado que los rendimientos disminuyen cuando las siembras se hacen con altas poblaciones (Medina, 1982). Esto es provocado por un aumento en el porcentaje de plantas estériles, en maíz por ejemplo, Termunde *et al.* (1963) encontró que el rendimiento de grano tiende a disminuir al sobrepasar la densidad óptima, pero el rendimiento de forraje tiende a aumentar.

4.2 Promedio de caracteres de calidad de forraje

4.2.1 Fibra detergente neutra (FND)

En el análisis bromatológico de los tres híbridos (Figura 6) no se observa diferencias estadísticas entre los tratamientos. Los porcentajes de FND en el distanciamiento de surcos oscilaron de 54.63 a 56.32, donde la mayor concentración de FDN exhibida fue en el distanciamiento de 0.60 para el tratamiento 2 con 56.32%.

Para densidades la densidad de 90,000 plantas, el tratamiento 1 presento un porcentaje de 58.39 superando a los demás tratamientos.

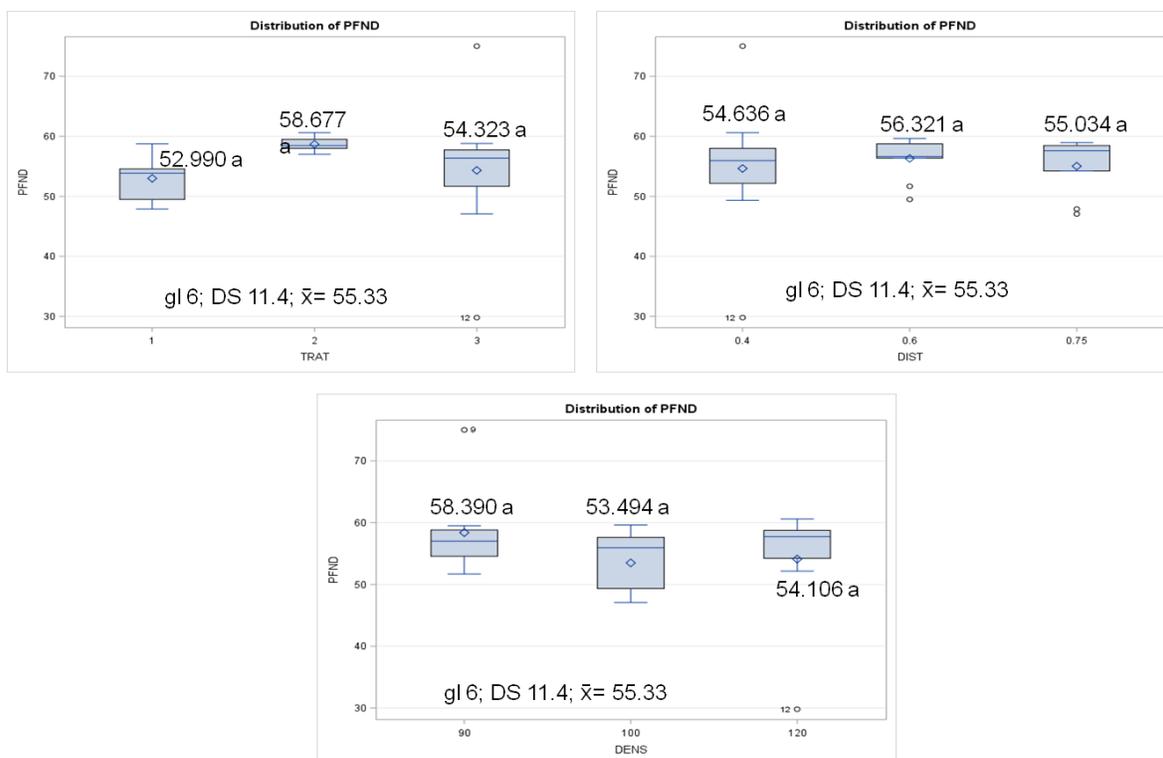


Figura 6. Comportamiento Fibra Detergente Neutro (FND) de tres híbridos de maíz.

El método de siembra y la densidad de plantas no afecto la concentración de la FND en los tratamientos 1 y 2 de acuerdo con los parámetros de calidad de forraje propuestos por Lozano (2000) quien señala que cultivos con valores 40 a 55% de FND, son todavía aceptables, lo cual puede significar un mayor consumo potencial de forraje por el ganado.

4.2.2 Fibra Detergente Ácido (FAD)

En los distanciamientos de surcos de 0.40 y de 0.75 m los tratamientos 1 y 3 presentaron un contenido total de fibra detergente ácido de 32.39 y 32.51% respectivamente. Para densidad de siembra los porcentajes de FAD oscilaron de 32.65 a 34.11, donde el tratamiento 3 con una densidad de 120,000 plantas por ha⁻¹ fue el de mayor contenido de FAD con 34.11%; la de menor concentración en esta variable fueron en los tratamientos 1 y 2 (33.70 y 32.65%, respectivamente) con las menores densidades de siembra.

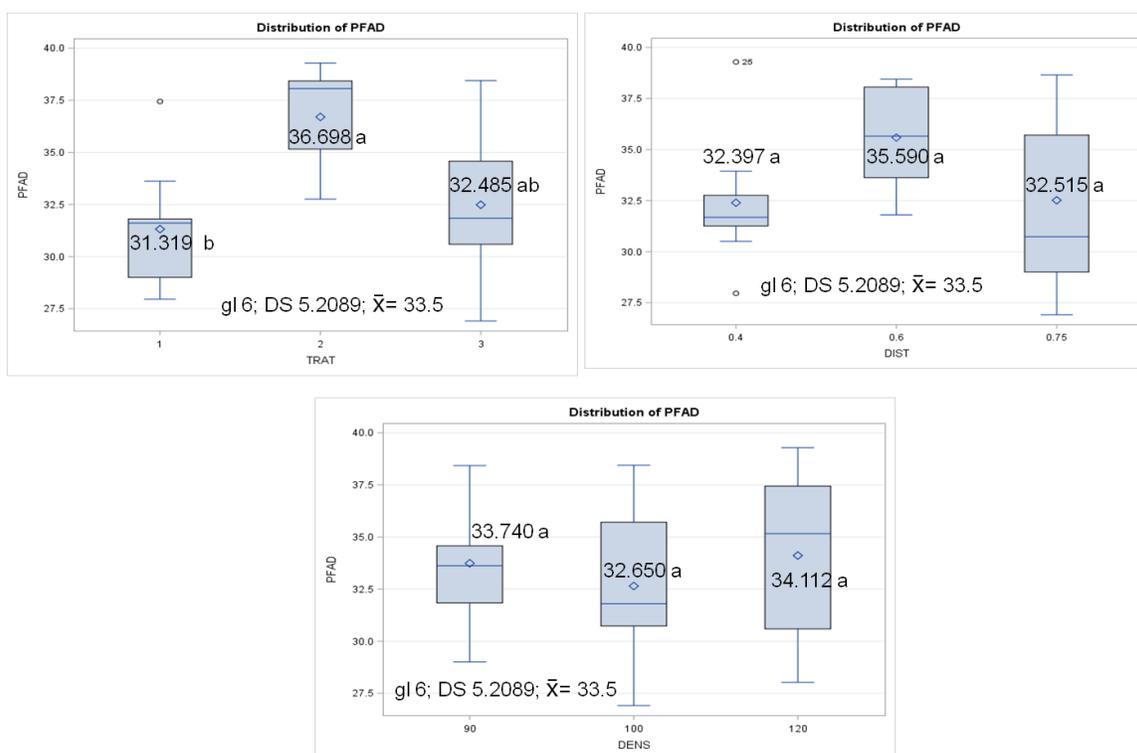


Figura 7. Comportamiento Fibra Detergente Ácido (FAD) de tres híbridos de maíz.

La calidad de la fibra evaluada en los métodos de siembra y diferentes densidades de plantas se consideran aceptables de acuerdo con Lozano (1995)

quien menciona que forrajes con contenidos de FAD comprendidos entre 31 a 35 % son aún de buena calidad.

La fibra detergente neutra y la fibra detergente ácida están íntimamente relacionadas ya que a mayor contenido será menor el consumo y digestibilidad del forraje y por consiguiente afectara la producción en los animales (Van Soest, 1994).

4.2.3 Digestibilidad de materia seca (DIMS)

En la evaluación para determinar la DIMS (Figura 8) los resultados de comparación de medias no detectaron diferencias estadísticas para los tratamientos en distanciamiento de surcos y densidades de plantas, los tratamientos 1 y 3 presentaron porcentajes similares. El tratamiento 1 en distanciamiento de surcos de 0.60 m presento los valores más pequeños con 61.17% y en densidad de 100,000 plantas presento el valor más grande (63.46%) con respecto a los demás tratamientos.

La digestibilidad de la materia seca en los híbridos se considera buena de acuerdo con Lozano (2000) quien señala que forrajes con valores mayores de 63% son todavía de calidad. Se observa que al incrementarse la densidad de población la digestibilidad de la materia seca se mantuvo constante, por lo que de acuerdo con Reta *et al.* (2000) la densidad de plantas se puede aumentar sin afectar la calidad del forraje.

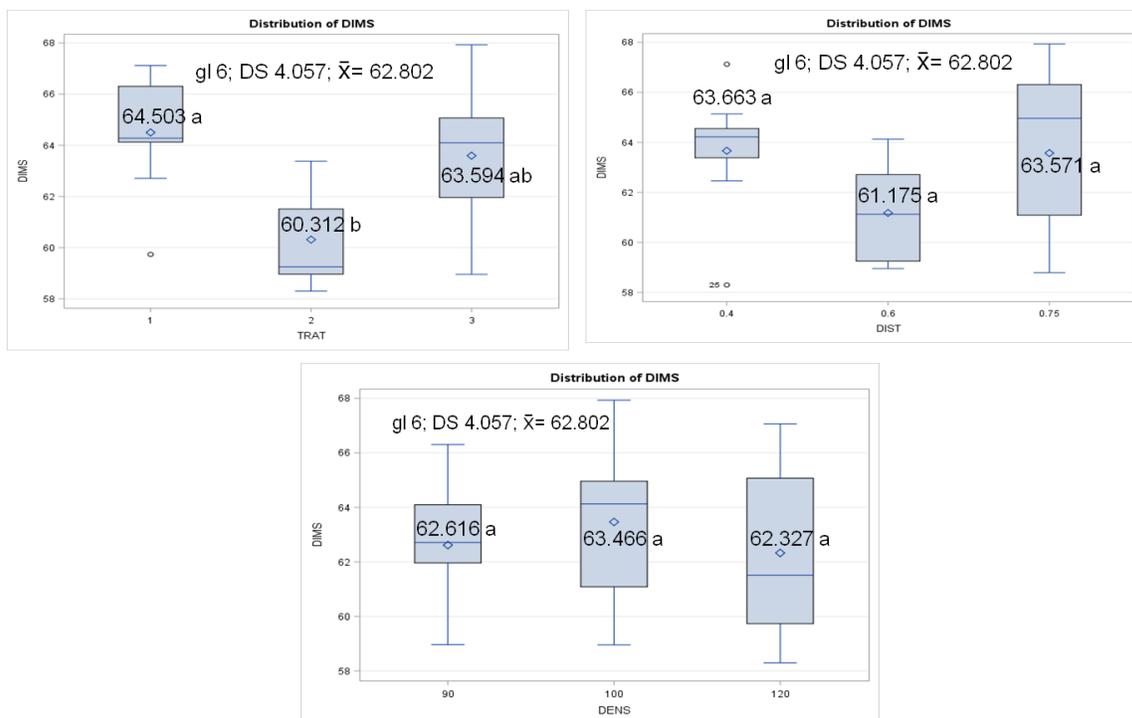


Figura 8. Comportamiento Digestibilidad de Materia Seca (DIMS) de tres híbridos de maíz

4.2.4 Porcentaje de materia seca (PMS)

El sistema de surco convencional (0.75 m) fue el de mayor porcentaje de materia seca (Figura 9) en el tratamiento 3 con 28.59 %, los tratamientos 1 y 2 un mantuvieron un porcentaje similar con valores de 27.00 a 27.50 %.

En densidades de siembra los tratamientos también observaron diferencias estadísticas resultando el tratamiento 1 con el mayor porcentaje de materia seca (PMS), los tratamientos 2 y 5 presentaron los menores porcentajes con 27.48 y 27.57. Los resultados presentados por los tratamientos tanto en distanciamiento de surcos como en densidades de siembra son aceptables para promover un buen proceso de ensilaje, coincidiendo estos resultados con Harrison y Johnson (1988) quienes recomiendan que un contenido de materia seca entre 27 a 35% es

adecuada para promover una buena fermentación durante el proceso de ensilaje de maíz.

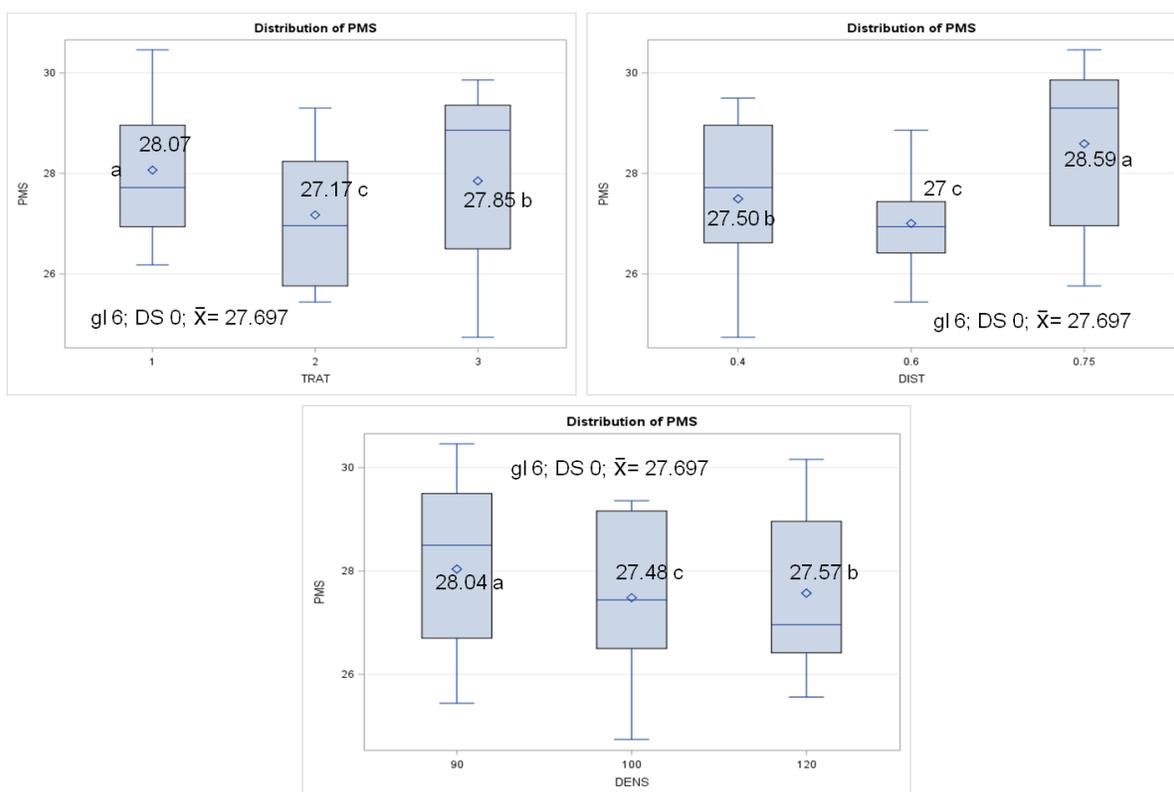


Figura 9. Comportamiento del porcentaje de materia seca (PMS) de tres híbridos de maíz

V.- CONCLUSIONES

Los tratamientos presentaron un comportamiento similar entre sí en todas las variables, a excepción de PMS, PJ y AR donde se presentaron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

En el sistema de siembra los tratamientos (Trat*Dist) se observaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos en las variables de FND, PMS y PE. El resto de las variables no presentó diferencias estadísticas.

En relación con el distanciamiento las variables PMS y PE fueron diferentes estadísticamente ($P \geq 0.05$) entre sí.

En densidades y en la interacción Dist*Dens PMS, RFV, MST y PE fueron significativas ($P \geq 0.05$).

El tratamiento dos puede tener altos rendimientos tanto en surco convencional como en surcos estrechos.

No se presentó diferencias estadísticas en la distribución espacial de plantas ni en densidades, se podría concluir que los genotipos evaluados pueden ser sembrados tanto en surco convencional como en surcos estrechos.

El método de siembra y la densidad de plantas no afectó la concentración de la FND y la FAD.

Se observa que al incrementarse la densidad de población la digestibilidad de la materia seca se mantuvo constante.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M. S., 1991. Economic value of differences in quality of corn hybrids for silage. Miner institute Farm Report. Chazy, NY.
- Allison, J.C.S., and T.B. Daynard. 1979. Effect of change in time of flowering, Induced by altering photoperiod or temperatura, on Atributes related to field in maize. J.Crop. Sci. 19:1-45.
- Barbieri, P. A.; Sainz–Rozas, H. R.; Andrade, F. H. and Echeverria, H. E. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. Agron. J. 92:283–288.
- Bosch, L., Casanas, F., Ferret, A., Sánchez, E. & Nuez, F. 1994. Screening tropical maize populations to obtain semiexotic maize hybrids. Crop Sci., 34: 1089-1096.
- Bullock, D. G.; Nielsen, R. L. and Nyquist, W. E. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. Crop Sci. 28:254–258.
- Carrillo, J. Gaytan, A. Reta, D. (2000). Respuesta del maiz para ensilaje a metodos de siembra y densidades de poblacion. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 23. p 38.
- Chalupa, W. 1995. Requerimientos de Forrajes de Vacas Lecheras. En: La Importancia de los Forrajes en la Optimización Económica. Ciclo Internacional de Conferencia sobre Nutrición y Manejo. Noviembre 13-14. Torreón, Coah. P 19-28.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2019. Edición 2010. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed). México, D.F. 323 p.
- Cox, W. J. and Cherney, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. Agron. J. 93:597–602.
- Cox, W. J.; Cherney, D. R. and Hanchar, J. J. 1998. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. J. Prod. Agric. 11:128–134.
- Cuomo, JG; Redfearn, DD; Blouin, CD. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. Agronomy Journal 90:93-96.
- Cusicanqui J A, J G Lauer (1999) Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. Agron. J. 91:911-915.
- Delgado, J. 2017. La Selección del Híbrido de maíz. [En línea] Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/cereales/la-seleccion-del-hibrido-de-maiz> (revisado el 5/10/2017).

- Edmeades, G; O. y Lafitte, H. R. 1993. Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height *Agron. J.*, 85:850-857.
- Elizondo J, A. 2015. Calidad nutricional y consumo de forraje de maíz (*Zea mays* L.) y forraje de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras. pp14.
- Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agron. J.* 93:1049-1053.
- Fassio A. Ibáñez W. Fernández, E. Cozzolino, D. Pérez, O. Restaino, E. Pascal, A. Rabaza, C. Vergara, G. 2018. El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. Serie Técnica N° 239. INIA.
- Filya, I. (2004). Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Tec.* 116:141-150.
- Flores, L. et al. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Coahuila. Maíz forrajero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Progreso Núm. 5. México. p 44.
- García, Gregorio. 2008. Cálculo de la energía neta para lactación y su predicción desde el punto de vista de la fibra. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO. 12p.
- García, M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gaviria, X., J.F. Naranjo, D.M. Bolívar, y R. Barahona. 2015. Consumo y digestibilidad en novillos cebuínos en un sistema silvopastoril. *Arch. Zootec.* 64:21-27.
- Genter, C.F.; Jones, G.D.; Carter, M.T. 1970. Dry matter accumulation and depletion leaves, stems and ears of maturing maize. *Agronomy Journal.* 62: 535-537.
- Gonzales, D. 2017. Forraje, principal cultivo de la región. [en línea] <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1417063.forraje-principal-cultivo-en-la-region.html>. Consultado el 12/12/2018.
- González, F. Peña, A. Núñez, G. 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 29 (Núm. Especial 2): 103 – 107.
- Goodrich, R. D and J. C. Meiske. 1985. Corn and sorghum silages. In: Forages. The science of Grassland Agriculture. M.E. Heath, R.F. Barnes, D. S. Metcalfe (ed). Fourth Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. p 527-536.

- Harrison, J.H. y I. Johnson. 1998. Factores que afectan el valor del ensilaje de maíz. IV conferencias internacionales sobre Nutrición y Manejo. Gómez Palacio, Dgo. Pp 54-65.
- Hodges T, D W Evans (1990) Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. *J. Prod. Agric.* 3:190-195.
- Hoff, D. J. and Mederski, H. J. 1960. Effect of equidistant corn plant spacing on yield. *Agron. J.* 52:295-297.
- Hoffman, P.C. Lundberg, K.M. Bauman, L.M. Shaver, D. Y Contreras, F. 2001. Digestibilidad in vitro del FDN (fibra detergente neutra): El debate de 30 vs 48 horas. *The Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Revised Edition. National Academy of Sciences, Washington, D.C. Focus on Forage - Vol 5: No. 16.*
- Hristov, A., Price, W., Shafii, B. 2004. A meta analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake and milk protein yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 3052-3062.
- Hunt, C W, W Kezar, R Vinande. (1989). Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 2:357-361.
- Hunter, R. B.; Kannenberg, L. W. and Gamble, E. E. 1970. Performance of five maize hybrids in varying plant populations and row widths. *Agron. J.* 62:255-256.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). 2017. [En línea]. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/fundamentos-del-sistema-de-siembra-en-surco-angosto-en-el-cultivo-del-maiz> (Revisado el 12/10/2017)
- J. Montemayor, J. Lara, et al. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México.
- Jorgensen, N.A.; Crowley, J.W. 1988. Ensilaje de maíz para el ganado: producción, cosecha, almacenamiento y utilización en raciones de establecimientos lecheros. Montevideo, Hemisferio Sur. 51 p.
- Khalily, M; Moghaddam, M; Kanouni, H; Asheri, E. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constrain of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science* 2:60-69.
- Kromann, R. 1973. Evaluation of net energy systems. *J. of Animal Science* 37: 201-212.
- Laurer, J. 1996. Planting corn in rows narrower than 30-inches. University of Wisconsin. Agronomy Advice. Publication. *Field Crop.* 28.423-8.

- López G. 2014. Rendimiento de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y valor nutritivo de ensilados en el rancho del Carmen. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Bermejillo, Dgo. 22 p.
- Lozano del R, J A, 2000. Competencia intraespecífica e interespecífica en mezclas de especies forrajeras anuales. Tesis UAAAN, Saltillo, Coah., Méx., Pp 46-48.
- Madamombe, MI; Vibrans, H; López, ML. 2009. Diversity of coevolved weeds in smallholder maize fields of México and Zimbabwe. *Biodiversity and Conservation* 18:1589-1610.
- Maich,R. Losano.P;Richard. F. Lujan.J. 2016. Efecto de la distancia entre surcos y la densidad de siembra sobre el rendimiento de maíz en Cordoba.pp 54.
- Malvar, RA; Revilla, P; Moreno, GJ; Butron, A; Sotelo, J; Ordás, A. 2008. White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science* 48:1373-1381.
- Medina, D. E. F. 1982. Estudios sobre densidades de siembra y fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex. 123p.
- Muchow, R.C., T.R. Sinclair, and J.M. Bennett. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agron J.* 2:338-343.
- Murphy, S. D., Y Yakubu, S. F. Weise, and C.J. Swanton. 1996. Effects of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. *Weed Sci.* 44:856-870.
- Navarro C.A., Díaz J.C., Roa M.L., Cuellar E. 2011. Comparison of digestibility technical in vitro with in situ of ten fodder in cattle "rumino-fistulados" in: the "Piedemonte Llanero of Meta". *Revista de Sistemas de Producción Agroecológicas.* 2:2-24.
- Nielsen, R. L. 1997. Perspectives on narrow row spacings for corn (less than 30 inches). Purdue University. PublicationNo.AGRY: 96-17.
- Noda YI, G. Martín I y A.R. Mesa. 2007 Influencia de la densidad de plantación en el establecimiento de la morera. *Pastos y Forrajes* v.30 n.4 supl.20074 Matanzas oct.-nov. 2007.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrients requirements of dairy cattle. 7th ed. National Academy Press, WA, USA.
- Núñez H G, A Payan G, R Barrera O, A Álvarez C. 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Calidad nutricional del forraje y producción de leche del ganado bovino. INIFAP, Matamoros, Coahuila. 217-220 p.

- Núñez H G, A Peña R, F Gonzales C, R Faz C. 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Fecha de siembra, densidad de plantas y estado de madurez del maíz forrajero. INIFAP, Matamoros, Coahuila. 99, 110, 124 p.
- Núñez H G, A Peña R, F González C, R Faz C (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.) Libro Científico Núm. 13. INIFAP-CIRNOCCELALA. Pp: 45-97.
- Núñez H G, F González C, S Martín del Campo V (1994) Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. Avances Invest. Agropec. 3(1):25-30.
- Núñez, H. G (2006). Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional.
- Núñez, H. G., F. Contreras G, y R. Faz C. 2003b. Características agronómicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Tec Pecu Mex. 41(1):37-48
- Núñez, H. G., Francisco, B. I., Arturo, P. G. J., Gamaliel, O. H., Humberto, M. P. L., Rodolfo, J. I., & Rodolfo, F. C. (2006). Tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional.
- Ottman, M. J. and L. F. Welch. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn: Agron. J. 81:167-174.
- P.C. Hoffman, K.M. Lundberg, L.M. Bauman, Randy D. Shaver, y Francisco E. Contreras.2007. Digestibilidad in vitro del FDN (fibra detergente neutra): El debate de 30 vs 48 horas. [En línea] Revisado en <https://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/30vs48esp-FOF.pdf> 12/10/17.
- Páez, O. 1991. El Cultivo del arroz. Densidad de siembra, control de malezas y fertilización. Fonaiap divulga. N° 36
- Paliwal, R. Granados, G. et al. (2001). El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Maíz forrajero. Colección FAO. Roma. p 229.
- Paliwal, R.L. Mejoramiento del maíz con objetivos especiales. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). [En línea] <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s20.htm> Revisado el 09 de noviembre de 2018.
- Pedroza, A. Ríos, José L. Torres, M. Cantú, Jesús E. Piceno, C. Yáñez, Luis G. 2014. Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. Terra Latinoam vol.32 no.3 Chapingo.

- Peña, A. Núñez, G. González, F. (2002). Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Tec. Pecu. Mex.* 40: 215-228
- Peña, R.A., González, C. F., Y F.J. Robles. E. (2010). Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Campo Experimental Pabellón. INIFAP.*
- Porter P M, D R Hicks, W E Lueschen, J H Ford, D D Warnes, T R Hoverstad (1997) Corn response to row width and plant population in the northern Corn Belt. *J. Prod. Agric.* 10:293-300.
- Porter, P. M.; Hicks, D. R.; Lueschen, W. E.; Ford, J. H.; Warnes, D. D. and Hoverstad, T. R. 1997. Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. *J. Prod. Agric.* 10:293–300.
- Ramírez, J. Montemayor, J. Bravo, Fortis, R. Aldaco, R. Ruiz, E. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Téc Pecu Méx* 2006; 44(3):351-357
- Reta S, DG; Mascorro, GA; Carrillo A, JS. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:37-48.
- Reta, D. Carrillo, J. et al. Surcos Estrechos y Altas Densidades de Población Para Incrementar el Rendimiento en Maíz Forrajero. 2002. Inifap. [En línea] <http://utep.inifap.gob.mx> (revisado el 31/08/17).
- Reta, S.D.G, A. Gaytán m, y J. S. Carrillo A. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotecnia Mexicana.* Vol. 23:37-48.
- Rivera, G. M.; González, C. G.; González, B. J. L.; Estrada, Á. J. y Cueto, W. J. A. 2007. Comparación de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en dos arreglos topológicos, alta población y siembra de verano, *Producción Agrícola - AGROFAZ.* 7(3).
- Rivera, M. Palomo, M. et al. Funcion de produccion hidrica para maiz forrajero (*Zea mays* L.) en riego por goteo superficial. Matamoros,coahuila inifap. [En línea] http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013131III_1.pdf. (Revisado 31/08/2017).
- Rodríguez, J., Elizondo, J. 2012. Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Agronomía Costarricense.* 36(1):13-23.
- Rutger, J.N and L. V. Crowder. (1967). Effect of high density on silage and grain yields of six corn hybrids. *Crop Sci.* 7(3): 182-184. United States of America.

- SAGARPA. 2004. Resumen agrícola. Delegación Región Lagunera, Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Comarca Lagunera, México.
- Sánchez, M. Á., C. U. Aguilar. M., N. Valenzuela. J., C. Sánchez. H., M. C. Jiménez. R., y C. Villanueva. V. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros.
- Sánchez-Chopa, F., L.B. Nadin, and H.L. Gonda. 2012. Two drying methods of bovine faeces for estimating n-alkane concentration, intake and digestibility: A comparison. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177:1-6.
- Siap (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la producción agrícola 1980-2017 (En línea). Consultado 09 de noviembre 2018 Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Strieder, LM; Ferreira S, PR; Rambo, L; Sangoi, L; Alves, SA; Endrigo, PC; Batista, JD. 2008. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* 65(4):346-353.
- Subedi, KD; Ma, BL; Smith, DL. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science* 46:1860-1869.
- Termunde, D. 1963. Effects of population levels on yield and maturity of maize hybrids grown on the Northern great plains. *Agronomy Journal* 55:551-556
- Tetio-Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships, and Agron. J. 80:930-935.
- Tetio-Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988b. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agron. J.* 80:935-940.
- Tinoco A, CA; Ramírez, FA; Villareal, FE; Ruiz, CA. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México* 34(3):271-278.
- U.A. González García, J.G. Estrada Flores, L. Corona Gochi, D. K. Abarca Amesquita and M. González Ronquillo. 2017. Ruminant and intestinal digestion of maize (zea Maize) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) using different digestibility techniques (in vivo, in vitro and in sacco). *Tropical and subtropical Agroecosystems.* 20: 183-194.
- Valentinuz, RO; Tollenaar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per- leaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98:94-99.
- Van Soest, P.J. (1994) *Nutritional ecology of the ruminant.* 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 476.

- Weaver, D.E.; Coppock, C.E.; Lake, G.B.; Everett, R.W. 1978. Effect of maturation on composition and in vitro matter digestibility of corn plant parts. *Journal of Dairy Science* 61: 1782-1788.
- Widdicombe W D, K D Thelen (2002) Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron. J.* 94:326-330.
- Widdicombe W D, K D Thelen (2002) Row width and plant density effects on corn grain production in the northern corn belt. *Agron. J.* 94:1020-1023.
- Widstrom, N.W, J.R. Young. Martin, and D.L. Shaver. 1984. Grain and Forage fields of Irrigated Second-Crop Corn Seeded on Five Planting Dates. *Agron.J.* 76:883-886.
- Wiersma, D. A, Carter P. R, Albrecht K A, Coors, J. G. (1993). Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod Agric.* 6:94-99.
- Xu S, J H Harrison, W Kezar, N Entrikin, K A Loney, R E Riley. (1995) Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof. Anim. Sci.* 11:157-165.
- Zamudio, B. Espinosa, A, et al. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. [En línea] <http://www.scielo.org.mx> (Revisado el 07/09/2017).