

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Calidad nutricional de híbridos de maíz en diferentes distanciamientos de
surcos y densidades de siembra.**

POR:

MANUEL MACLOVIO RODRIGUEZ CHAVEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Calidad nutricional de híbridos de maíz en diferentes distanciamientos de surcos y densidades de siembra.

POR:

MANUEL MACLOVIO RODRÍGUEZ CHÁVEZ

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

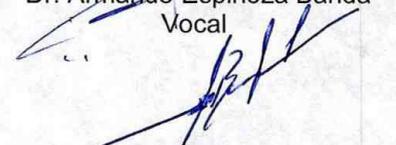
INGENIERO AGRÓNOMO

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


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Febrero, 2020

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Calidad nutricional de híbridos de maíz en diferentes distanciamientos de surcos y densidades de siembra.

POR:

MANUEL MACLOVIO RODRÍGUEZ CHÁVEZ

TESIS

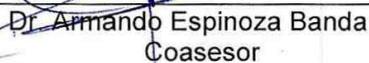
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

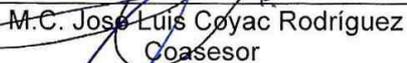
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Oralia Antuna Grijalva
Asesor principal


Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Coasesor


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.
Febrero, 2020

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Hugo Rodríguez Garay y Sofía Chávez Martínez por haberme dado la vida por su amor incondicional, cariño, confianza, entusiasmo y por su gran apoyo los amo.

A mi alma Mater por haberme brindado la oportunidad de formar parte de ella y así poder cumplir mi sueño de ser un ingeniero agrónomo muchas gracias.

A la Doctora Oralía Antuna Grijalva por haberme brindado su conocimiento, consejos, orientación y sobre todo haberme tenido paciencia. Le agradezco todo lo que aportó, fue un privilegio haber sido parte de su equipo de trabajo.

Al Doctor. Armando Espinoza Banda por sus grandes conocimientos que me ha transmitido y su disposición de apoyarme para ser posible este trabajo.

Al Ing. José Luis Coyac Rodríguez por transmitirme un poco de sus conocimientos y haber apoyado en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A mis padres: Hugo Rodríguez Garay y Sofía Chávez Martínez por su apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos Luciano Rodríguez Chávez, Adriana Rodríguez Chávez y Sheyla Rodríguez Chávez.

A mi abuelita Teresa Garay Rodríguez que gracias a sus oraciones y estar al pendiente de mí, y que ha sido de gran inspiración para poder seguir adelante muchas gracias.

A mis compañeros y amigos José Juan González, Elisabeth Arellanes Jesús Venancio Ojeda y Maricela Lira Rodríguez por su gran apoyo, compañía, paciencia y sobre todo por su disponibilidad de ayudarme en este trabajo, muchas gracias.

A mi familia, por creer en mí, sus buenos consejos y que sin importar nada siempre me está apoyando en los momentos más difíciles. Mil gracias a todos los que estuvieron y están conmigo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna, durante el ciclo Primavera-verano del año 2018, donde se evaluaron tres híbridos comerciales de maíz con tres diferentes distanciamientos de surcos y densidades de siembra. El diseño experimental fue un diseño factorial de 3x3, para el factor A se colocaron los 3 híbridos de maíz, el factor B fueron los tres distanciamientos entre surcos y el factor C fue la densidad de siembra. La parcela experimental consistió en 3 surcos de 5 metros de largo. La cosecha de forraje se realizó de forma manual, cuando la mazorca se encontraba en un tercio de la línea de leche. Se cosecharon de cada parcela 3 m lineales con competencia completa. Se midieron variables agronómicas y de calidad de forraje. El híbrido 3 presentó la mayor expresión en RFV. La distancia menor al surco convencional aumento el rendimiento, siendo el distanciamiento de 0.40 m el de mayor expresión en esta variable.

Palabras claves: *Zea Mays* L, Surcos convencionales-estrechos, Análisis bromatológico, Rendimiento y calidad de forraje.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDÌCE DE CUADROS	vi
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis	2
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia del maíz forrajero en la Comarca Lagunera.....	3
2.2 Calidad nutricional del maíz forrajero	3
2.3 Selección de híbridos de alto rendimiento y calidad para forraje	4
2.4 Fecha de siembra.....	5
2.5 Producción de maíz forrajero en surcos estrechos.....	6
2.6 Densidad de plantas.....	8
2.7 Etapa de madurez a la cosecha	10
2.8 Altura de corte	11
2.9 Pruebas bromatológicas.....	12
2.10 Fibra detergente Acida	12
2.11 Fibra detergente neutra.....	13
2.12 Digestibilidad	14
2.13 Materia seca	15
2.14 Consumo de materia seca.....	15
2.15 Energía metabolizable.....	16
2.16 Valor relativo de alimento.....	16
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Localización geográfica.....	17
3.2 Material genético	17

3.3	Diseño y parcela experimental.....	17
3.4	Manejo agronómico del lote experimental.....	18
3.4.1	Preparación del terreno.....	18
3.4.2	Siembra.....	18
3.4.3	Aclareo de plantas.....	18
3.4.4	Riego.....	18
3.4.5	Fertilización.....	19
3.4.6	Control de maleza.....	19
3.4.7	Control de plagas.....	19
3.5	Variables agronómicas evaluadas.....	20
3.5.1	Floración masculina (FM).....	20
3.5.2	Floración femenina (FF).....	20
3.5.3	Rendimiento materia verde (RV).....	20
3.5.4	Rendimiento de materia seca (RMS).....	20
3.5.5	Porcentaje de materia seca (PMS).....	21
3.5.6	Altura de planta (AP).....	21
3.5.7	Altura de mazorca (AM).....	21
3.6	Variables de calidad forrajera.....	21
3.6.1	Determinación de FDA y FDN.....	22
3.6.2	Fibra detergente neutra (FDN).....	22
3.6.3	Fibra detergente ácida (FDA).....	23
3.6.4	Digestibilidad de la materia seca (DIMS).....	23
3.6.7	Valor relativo de forraje (VRF).....	23
3.7	Análisis estadístico.....	24
IV.-	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1	Análisis de varianza de variables agronómicas y de calidad de forraje.....	25
4.2	Promedio de variables agronómicas respecto al distanciamiento de siembra.....	27
4.3	Comportamiento promedio de densidades de siembra.....	30
4.4	Comportamiento promedio de los tratamientos.....	33
V.-	CONCLUSIONES.....	36
VI.-	BIBLIOGRAFIA.....	37

INDÍCE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Características de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN UL 2018	17
Cuadro 2. Número de riegos aplicados en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2018	18
Cuadro 3. Fertilización aplicada en tres híbridos de maíz. UAAAN-UL 2018...19	19
Cuadro 4. Aplicación de herbicida. UAAAN-UL 2018	19
Cuadro 5. Aplicación química para el control de plagas UAAAN-UL 2018.....	19
Cuadro 6. Solución para determinar Fibra Ácido Detergente.	23
Cuadro 7. Solución para análisis de Fibra Neutra Detergente	23
Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables agronómicas y de calidad de forraje de tres híbridos comerciales de maíz en diferente distanciamiento de surco y densidad de siembra	26
Cuadro 9. Cuadrados medios de calidad bromatológica de la planta completa de tres híbridos comerciales de maíz en diferente distanciamiento de surco y densidades de siembra.	26
Cuadro 10. Comportamiento promedio de distanciamiento de las variables agronómicas de tres híbridos comerciales de maíz.....	29
Cuadro 11. Comportamiento promedio del distanciamiento en variables de calidad forrajera.	30
Cuadro 12. Comportamiento promedio de variables agronómicas con las densidades de siembra	34
Cuadro 13. Comportamiento promedio de variables de calidad forrajera con las densidades de siembra.	35
Cuadro 14. Comportamiento promedio de variables agronómicas con los tratamientos	35
Cuadro 15. Comportamiento promedio de las variables de calidad forrajera con los tratamientos	35

I.- INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más importante de México. Además de su presencia diaria en la mesa de las familias mexicanas, la planta es también un excelente forraje para el ganado, especialmente para las vacas lecheras, y los animales de tiro. Se aprovecha como alimento ganadero en varias etapas del crecimiento de la planta, principalmente a partir del momento en que aparece la panoja.

El maíz es una planta la cual ha sido utilizado como forraje para la alimentación de ganado en diferentes formas, tales como rastrojo, grano y ensilaje. Durante el 2017 de las 232 mil 738 hectáreas que se sembraron de maíz, 64 mil 599 fueron destinadas a la producción de forraje para abastecer en parte la demanda de alimento fresco para el ganado, aunado ello, a la práctica de ensilaje para mejorar y aprovechar al máximo sus nutrientes (SIACON, 2018).

En las principales cuencas lecheras de México, el maíz es el forraje más importante para la alimentación del ganado bovino productor de leche debido a su alto rendimiento y contenido de energía. Desafortunadamente, en México los ensilados de maíz presentan un contenido energético bajo debido principalmente al escaso mejoramiento genético para la generación de híbridos con características forrajeras y al desconocimiento de prácticas de cosecha adecuadas para mejorar la calidad del forraje, como contenido de humedad, etapa y altura de corte, tamaño de partícula, compactación del silo, en contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad de la FDN y de la materia seca (Johnson *et al.*, 2002).

Actualmente la Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país, por lo que la producción de forrajes tiene un papel muy importante en la estructura agropecuaria de la región, ya que representa la fuente más importante de alimento para la industria ganadera en sus distintas clases o tipos. Además, los forrajes representan el sustento económico y laboral de miles de productores de la región (pequeños propietarios, ejidatarios, jornaleros, etc.) que se han convertido en abastecedores de forrajes de los establos de la región. (CONAGUA, 2016)

En la región la industria lechera demanda incrementar el rendimiento de maíz forrajero sin disminuir su calidad. Una alternativa de manejo agronómico para atenderla es la siembra en surcos estrechos, con un distanciamiento menor al tradicional (75 cm). Esta práctica permite incrementar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie debido, principalmente a una mayor intercepción de radiación solar durante el ciclo de crecimiento (Barbieri *et al*, 2000).

La presente investigación tiene como objetivo estudiar la relación entre surcos estrechos para la producción y calidad de forraje.

1.1 Objetivo

Evaluar la producción y calidad de forraje del maíz en surcos convencionales – estrechos.

1.2 Hipótesis

H0: La distancia menor al convencional aumenta la producción.

Ha: La distancia menor al convencional disminuye la producción.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del maíz forrajero en la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera es una de las regiones más importantes del país en cuanto a actividad agrícola y ganadera se refiere (López *et al.*, 2006). Con relación a la actividad ganadera, esta región destaca principalmente por la producción de leche de bovino; tomando en consideración la información del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA, 2017), en la Comarca Lagunera, para el año 2017, se contaba con un inventario de 1, 300 000. Es importante señalar que, dependiendo del nivel de producción, la producción de leche es una actividad muy demandante de energía, por otro lado, el ganado bovino lechero demanda fibra para un buen funcionamiento del rumen, en base a lo anterior, se deben de cubrir estas dos necesidades nutritivas, para lo cual se debe utilizar forraje de buena calidad como lo es el ensilado de maíz forrajero (Flores y Figueroa, 2010)

2.2 Calidad nutricional del maíz forrajero

Los forrajes son importantes en la alimentación de los rumiantes por razones económicas y nutricionales (Chalupa, 1995; Núñez *et al.*, 2006). A un 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 proteína, 52% de la energía neta de lactancia, 79% de fibra detergente neutro, así como el 51% del calcio y 97% del potasio en las raciones, además estimulan el 90% del tiempo de rumia (Núñez *et al.*, 2006).

De manera general, la calidad nutricional de los forrajes se relaciona al consumo de energía y proteína metabolizarles (Chalupa *et al.*, 1998). La calidad nutricional de los forrajes es un concepto que se debe relacionar a la respuesta productiva del ganado para una mejor interpretación (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 *et al.*, 2006).

La calidad del forraje de maíz se mejora conforme la altura de corte es mayor debido a que se deja en el terreno la parte de la planta con menor digestibilidad (Shaver, 2003). Neylon *et al.* (2002), determinaron que al cosechar a 45.7 cm sobre el nivel del suelo disminuyeron los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en 1.6 y 1.9 unidades porcentuales y se aumentó la concentración de almidón y de la digestibilidad *in vitro* de la FDN en 2 y 2.4 unidades respectivamente, comparado con la altura de corte a 12.7 cm.

Para aumentar la cantidad y calidad de biomasa comestible, se emplean otras fuentes forrajeras que pueden desarrollarse adecuadamente en ese medio, donde las condiciones ambientales favorecen el crecimiento vegetal abundante (Elizondo, 2002).

2.3 Selección de híbridos de alto rendimiento y calidad para forraje

En ciertos híbridos, un mayor rendimiento de materia seca por hectárea está asociado a plantas altas y ciclo a cosecha más largo. Por otra parte, la digestibilidad está asociado a híbridos de porte más bajo, con ciclo a cosecha más corto y mayor porcentaje de mazorca. Debido a que el rendimiento y alta calidad nutricional (Núñez *et al.*, 2006) la selección de híbridos de maíz para forraje se lleva

a cabo principalmente por su rendimiento de materia seca por hectárea, ya que híbridos con menor rendimiento de materia seca por hectárea pero con alta digestibilidad pueden llegar a tener un mayor potencial para producción de leche por unidad de superficie que híbridos de alto rendimiento y baja digestibilidad (Ramos, *et al.*, 2002), se pueden presentar variaciones en el porcentaje de materia seca entre híbridos de maíz y aun en un mismo híbrido a un mismo estado de madurez (Laurer, 1998) también señalo que existen variaciones de 24 a 38 % de materia seca a un estado de madurez de 1/3 de avance de la línea de leche en el grano. Para la producción de surcos estrechos es recomendable utilizar solo genotipos tolerantes a altas densidades de población. Entre las características de estos genotipos sobresalen las siguientes: alta proporción de grano (40-50%), bajo porcentaje de plantas estériles, resistencia al acame, altura intermedia (2.20–2.80 cm), ciclo precoz o semiprecoz, hojas erectas y semierectas (Reta *et al.*, 2002)

Todas las variedades pueden cultivarse para forraje, pero las de mayor rendimiento son aquellas variedades regionales de porte alto. Los híbridos por su porte pequeño generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área (Elizondo *et al.*, 2001).

Existen evidencias que los híbridos precoces presentan menor rendimiento por unidad de superficie que híbridos de ciclo intermedios o tardíos, pero tienen mayor digestibilidad de la materia seca (Hernández *et al.*, 2005).

2.4 Fecha de siembra

La fecha de siembra está determinada principalmente por las condiciones climáticas y los patrones de cultivo en la región. La temperatura óptima para la germinación del maíz es de 18 a 21 °C. La germinación disminuye

significativamente cuando la temperatura es menor de 13°C la temperatura mediana óptima para el desarrollo del maíz es de 18 a 24°C (Núñez *et al.* (2006); Jurado, 2014).

2.5 Producción de maíz forrajero en surcos estrechos

En la región industria lechera demanda incrementar el rendimiento de maíz forrajero sin disminuir su calidad. Una alternativa de manejo agronómico para atenderla es la siembra en surcos estrechos, con un distanciamiento menor al convencional de 76 cm (Reta *et al.*, 2002) esto incrementa el rendimiento de materia seca y la eficiencia en la utilización del nitrógeno en la producción de maíz. Por lo tanto, este componente es importante para considerar en la producción de maíz forrajero en 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) sin que esta práctica reduzca el índice de cosecha ((Barbieri *et al.*, 2000; Cox y Cherney, 1998; Widdicombe y Thelen, 2002) Al disminuir la distancia entre surcos o aumentar la densidad de plantas se eleva el rendimiento de forraje verde o grano de maíz Cox y Cherney, 1998;y Laurer, 2002;.Los arreglos topológicos con surcos angostos respecto a surcos convencionales (0.76 m), permite incrementar el rendimiento al disminuir la competencia por luz, agua y nutrientes entre plantas dentro del surco (Bullock *et al.*, 1988; Sánchez *et al.*, 2003. El nivel de respuesta del maíz a la disminución de la distancia entre surcos puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales (Porter *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2003) y a la adaptabilidad de los genotipos (Sánchez *et al.*, 2003).

Para acortar la distancia entre surcos en maíz, se pueden usar surcos estrechos con distancias menores a la tradicional de 0.76 m, o bien surcos anchos sembrados con doble hilera de plantas (Sánchez *et al.*, 2003).

El crecimiento del maíz a una densidad de plantas constante, intercepta una proporción mayor de radiación total en surcos angostos debido a un incremento en el índice de área foliar y en la eficiencia en la intercepción de luz por unidad de superficie (Bullock *et al.*, 1988) la mayor parte de la respuesta a rendimiento de maíz la reducción de distancia entre surcos, estuvo estrechamente relacionada en el incremento en la intercepción de la radiación solar durante el periodo crítico en la formación de grano.

En diferentes regiones productoras de maíz en el mundo, como en los Estados Unidos de América y Argentina, la competencia entre las plantas cuando están cada vez más juntas en un surco convencional (0.7 a 0.8 m), se ha tratado de reducir mediante el uso de un surcado más angosto, permitiendo con esto que una mayor densidad de plantas por hectárea y que esté distribuida en forma más dispersa a través del surco, logrando así una menor competencia entre plantas, la cual permite un mejor aprovechamiento de la luz y distribución de las raíces.

Según Farnham (2001) la producción de maíz en surcos estrechos se ha intentado desde las últimas décadas con cierto grado de éxito.

Sarlangue *et al.* (2007) señalan que los incrementos en el rendimiento de grano al aumentar la densidad de plantas, estuvieron más asociados con incremento en la producción de biomasa que con incrementos en el índice de cosecha, con una densidad óptima que varió de 10.3 a 10.7 plantas m⁻².

2.6 Densidad de plantas.

El uso de altas densidades de población de maíz se traduce en un mejor uso del terreno (Reta et al. 2002, 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 (Striender *et al.* 2008)

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 ha, argumentando que la biomasa total de forraje se incrementa con la densidad de plantas.

Se considera que para obtener mayores rendimientos tanto en cantidad como en calidad, es indispensable aumentar la densidad de siembra, de manera que se incremente la población por área y se estimule una mayor relación hoja:tallo, por disminución en el grosor del tallo al elongarse más aceleradamente por competencia lumínica (Elizondo *et al.*, 2001).

La densidad óptima en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico del cultivo (Subedi *et al.*, 2006).

La producción de materia seca por hectárea de maíz forrajera aumenta con la densidad de plantas por hectárea se incrementa índice de área foliar, aunque se altera la distribución de luz dentro del dosel (Graybill *et al.* 1991).

Barriere y Traineau (1986) reportan índices de área foliar hasta de 6.0 para la máxima producción de materia seca por hectárea. Los híbridos con hojas erectas pueden producir mayores rendimientos que híbridos con hojas extendidas, a la vez que se pueden sembrar en densidades de plantas más altas (Rutger y Crowder, 1967). Los híbridos de maíz con menos altura de planta, también permite aumentar la densidad de plantas sin afectar el contenido del grano en la materia seca total (Edmeades y Lafitte, 1993).

La densidad de plantas es una práctica agronómica que influye sobre la cantidad y calidad del forraje a ensilar, estudios (Núñez *et al.*, 1994) indican que híbridos tardíos incrementan su producción de materia seca hasta densidades de 80 000 plantas ha^{-1} , mientras que híbridos de ciclo intermedio responden positivamente hasta 120 000 plantas ha^{-1} . Widdicombe y Thelen (2002) encontraron incrementos de 1.6 t ha^{-1} de materia seca al aumentar la densidad de plantas de 64 200 a 88 900 plantas ha^{-1} ; por su parte Graybill *et al.* (1991) lograron los máximos rendimientos de forraje con 79 000 plantas ha^{-1} , mientras que Cox y Cherney (1998) aumentaron en 3.7% la producción de materia seca con 116 000 plantas ha^{-1} , con relación a 80 000. En la mayoría de estos estudios el contenido de fibras se incrementó y la digestibilidad decreció conforme se aumentó la densidad de plantas; tal reducción en la calidad del forraje se encuentra asociada con una disminución en el porcentaje de grano y con una menor digestibilidad de hojas y tallos (Graybill *et al.*, 1991); sin embargo, el valor nutritivo del grano es relativamente constante entre genotipos y densidades de población

Elizondo y Boschini (2001) y Cuomo *et al.* (1998) han demostrado que para obtener mayores rendimientos de forraje por unidad de área, es necesario aumentar la densidad de siembra, sin que ello repercuta en el valor nutritivo de la hoja, el tallo o la planta entera.

2.7 Etapa de madurez a la cosecha

El estado de madurez afecta la producción de materia seca por hectárea, porcentaje de materia seca y la calidad del forraje (Núñez *et al.*, 2006, Núñez *et al.*, 2006). Al avanzar la madurez del maíz forrajero se promueve mayor acumulación de materia seca por hectárea, aumentando el porcentaje de materia seca debido a la pérdida de humedad de la planta y en particular del grano (Núñez *et al.*, 2006)

Con el avance de la madurez se incrementan las fracciones fibrosas en hojas y tallo, disminuye la digestibilidad de la fibra. Sin embargo, las concentraciones de las fracciones fibrosas en la materia seca de la planta entera disminuyen debido al efecto de dilución por el aumento en el contenido de grano; lo cual resulta en un aumento en la energía de lactancia del ensilado de maíz (Núñez *et al.*, 2006).

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 línea de leche se observa en los granos de elote y marca el avance de endurecimiento por la maduración, dividiendo las zonas de almidón líquido y sólido. El avance de esta línea va de la parte de afuera hacia el olote o centro de la mazorca (Núñez *et al.*, 2006).

2.8 Altura de corte

La altura de corte recomendada es de 15 cm, al cosechar a esta altura se maximiza el rendimiento de forraje y leche por hectárea. Si las plantas de maíz se encuentran estresadas por falta de agua concentran nitratos en la base del tallo que pueden ocasionar envenenamiento al ganado, en este caso se recomienda la altura de corte de 30 cm (Jurado, 2014).

Se recomienda la cosecha y el aprovechamiento del forraje de maíz entre 80 y 90 días de crecimiento. En edades posteriores, se puede obtener el beneficio de un mayor tonelaje por unidad de superficie, sacrificando la calidad nutricional.

En cuanto al impacto de la etapa de corte en la producción de leche, Bal *et al.* (1997) Observaron que vacas alimentadas con raciones de ensilado de maíz cosechado a 2/3 de línea de leche incrementaron en 3 % la producción diaria de leche, en comparación con vacas alimentadas con raciones de ensilados cosechados al final del estado masoso (Heather y Lauer 1998) obtuvieron mayor producción de leche cuando el contenido de materia seca del forraje se encontraba entre 33 y 37 %.

2.9 Pruebas bromatológicas.

Para cuantificar las fracciones de la pared celular de importancia nutricional frecuentemente se utiliza la metodología desarrolladas por Van Soest y Robertson (1979), la cual determina los contenidos de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa, lignina y sílica en los alimentos y forrajes.

2.10 Fibra detergente Acida

La FDA es obtenida al hervir una muestra de alimento o forraje durante una hora en una solución detergente ácida. El ácido disuelve la hemicelulosa, así que la FDA es una medida de la celulosa, lignina, cutina y sílica (Grant, 1991).

Este procedimiento utiliza un detergente catiónico en una solución de H₂SO₄ que disuelve o remueve los carbohidratos lábiles, proteína que no está ligada por la reacción de Maillard y lípidos. Se da una limitación en la acción de la solución detergente ácido cuando la muestra posee un contenido de lípidos superior al 5%, por lo que se recomienda la extracción de la muestra cuando se excede este porcentaje. Este procedimiento puede repetirse con mayor facilidad que el método de fibra cruda, además que aísla una fracción que básicamente es utilizada con poca eficiencia por los animales (De García, 2011).

Con este procedimiento, casi toda la hemicelulosa es hidrolizada, aunque la fracción cristalina de la celulosa no lo es. Adicionalmente, la lignina, presente en esta fracción, no es digerida, por lo que la fracción la constituye lo que se conoce como lignocelulosa. En esta fracción queda retenida igualmente proteína ligada y sílice. La proteína ligada es aquella que en el caso de productos vegetales y de origen animal se ha dañado por efecto del calor al cual fue sometido el producto

durante su procesamiento. De esta manera la fracción orgánica es identificada como la fibra detergente ácido. Esta fracción puede posteriormente ser digerida para identificar el contenido de cada uno de sus componentes, a saber, celulosa, lignina y sílice. En este procedimiento no deben utilizarse muestras que han sido secadas en horno a temperatura ≥ 60 °C (De García, 2011).

Van Soest (1994) afirma que forrajes con altos niveles de fibra (43% de FDA) permanecen más tiempo en el tracto digestivo, generando menor consumo voluntario.

2.11 Fibra detergente neutra.

El contenido de la FDN, es uno de los criterios más utilizados para determinar la calidad del forraje, puesto que indica la capacidad de consumo del animal y la densidad energética de la dieta. De acuerdo a Van Soest (1991) los forrajes con un contenido de FDN < 40 % pueden ser considerados de buena calidad, mientras que aquellos con FDN > 60 %, pueden interferir con la digestión y el consumo.

Para su determinación se hierve una muestra de alimento o forraje durante una hora en una solución detergente neutra. La FDN ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular en el alimento. La FDN es una medida de la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílica (Grant, 1991). De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS) (Chalupa *et al.*, 1996).

El contenido de fibra en la dieta se asocia con la composición de la leche, ya que por medio de su digestión se producen los principales precursores de la grasa láctea. Además, la calidad y cantidad de fibra consumida afectan la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que pueda aportar una ración. Así, la fibra tiene implicaciones importantes en las prácticas de alimentación del ganado lechero al afectar la salud, la producción y servir para estimar el contenido de energía de los forrajes y alimentos, así como el consumo voluntario (Weiss, 1994a, 1994b).

2.12 Digestibilidad

Thomas *et al.* (2001) mencionan que un híbrido con menor proporción de elote pero mayor digestibilidad de la materia seca produjo 1.5 kg d⁻¹ más leche por vaca que otro de menor digestibilidad.

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, no siendo suficiente con los análisis químicos, hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Bondi, 1989). Las pruebas de digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo (Church y Pond, 1994) quedando disponibles para el animal (Bondi, 1989).

Los valores estimados de digestibilidad aparente de las fracciones correspondientes a proteínas y lípidos, sin incluir los aportes de compuestos endógenos de la misma naturaleza, son siempre menores a los coeficientes de digestibilidad verdadera. Por lo que un dato de gran utilidad al trabajar con rumiantes es que el aporte de nitrógeno endógeno se encuentra alrededor de 0,5 a 0,6 g por 100 g de materia seca consumida (aproximadamente un 4% de la proteína

de la ración), por lo que los coeficientes de digestibilidad aparente en raciones con un contenido de proteína inferior al 4%, son negativos (Bondi, 1989)

2.13 Materia seca

El porcentaje de materia seca (% MS) de los alimentos es uno de los parámetros que presentan mayor variabilidad. Algunos alimentos, como la leche bovina, tienen muy bajos porcentajes de materia seca (12,5 %), mientras que otros llegan a casi el 100 %. Dentro de los alimentos que habitualmente se utilizan para animales de producción, las variaciones son también altas. Los verdeos de invierno (Stritzler *et al.*, 1985) y las pasturas (Castillo *et al.*, 1992) pueden tener % MS sumamente bajos, de hasta 12 %, mientras que en el otro extremo, granos y henos tienen porcentajes cercanos al 90 % (Stritzler *et al.*, 2004).

2.14 Consumo de materia seca.

El consumo de materia seca (CMS) es un parámetro de suma importancia en la producción animal ya que determina el estatus nutricional y la capacidad productiva de los animales (Mayes y Dove 2000) y es determinante del valor nutricional de los alimentos (Galyean 1997, Van Soest 1994).

La cantidad de materia seca de forraje consumida es el factor más importante que regula la producción de rumiantes a partir de forrajes. Así, Allison (1985) señala que el valor de un forraje en la producción animal depende más de la cantidad consumida que de su composición química.

También se ha estudiado el efecto de la calidad de la dieta sobre el consumo; un factor nutricional primario que limita el consumo, es un bajo contenido de nitrógeno en la dieta.

Allison (1985) indica que en dietas con forrajes toscos que contienen de 8 a 10% de proteína cruda, el consumo es limitado aparentemente por la capacidad del retículo-rumen y la tasa de pasaje de la ingesta, y si la dieta excede del 10%, el consumo es afectado probablemente por otros factores metabólicos.

2.15 Energía metabolizable

La energía digestible menos la energía perdida en la orina y gases dejan la energía conocida como metabolizable (EM), que no contempla el incremento por calor, es decir, la energía que se pierde como resultado de las fermentaciones microbianas y el metabolismo de los nutrientes (Elizondo 2008).

2.16 Valor relativo de alimento

Es un índice que se utiliza para clasificar henos o ensilajes basado en el cálculo de digestibilidad y consumo de materia seca, la digestibilidad y el consumo se estiman a partir del análisis de FDA y FDN (Garcia *et al.*, 2005).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, localizada entre los paralelos 25°33'00" de latitud norte y entre los 102° y 103°40' de latitud oeste del meridiano de Greenwich a una altitud de 1100 a 1400 msnm. El clima es muy seco con diferencias de lluvia en todas las estaciones del año y presenta temperaturas semicalidas con inviernos benignos (Santamaria *et al.*, 2006).

3.2 Material genético

Se utilizaron 3 híbridos comerciales provenientes de la empresa Versa y Monsanto (8510, 8520, provenientes de Versa y CRM54, proveniente de MONSANTO).

Cuadro 1. Características de tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN UL 2018

HÍBRIDO	COMPañIA	CICLO VEGETATIVO
8510	VERSA	intermedio
8520	VERSA	intermedio
CRM54	MONSANTO	Intermedio-precoc

3.3 Diseño y parcela experimental

El diseño experimental fue un diseño factorial de 3x3, donde el factor A fueron los tratamientos (3 híbridos de maíz), el factor B fueron tres distanciamientos entre surcos de 0.40 m, 0.60 m y 0.75m, y el factor C fueron tres densidades de siembra, 90,000, 100,000 y 120,000 plantas por hectárea.

3.4 Manejo agronómico del lote experimental

3.4.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se llevo acabo el 21 de abril de 2018, que consistio en practicas de labranza como barbecho, rastreo, nivelación, trazo de bordos y trazo de surcos.

3.4.2 Siembra

La siembra se realizó el 23 de abril del 2018, en suelo seco, de forma manual, depositando 2 semillas por punto de siembra, a una distancia de 11 cm entre planta y planta para obtener una densidad de 120, 000 pl ha⁻¹, para la densidad de 100, 000 pl ha⁻¹, la semilla se coloco a 13.33 cm y a 14.6 cm entre planta y planta para obtener una densidad de 90, 000 pl ha⁻¹. El distanciamiento de surcos fue de 0.75 m, de 0.60 m y 0.40 m.

3.4.3 Aclareo de plantas

El aclareo de plantas se llevo a cabo 22 días después de la siembra, eliminado las plantas más debiles.

3.4.4 Riego

Se realizaron en base a un sistema de riego presurizado por cintilla calibre 6000 con goteros cada 20 cm con un total de 8 riegos con una duración de 5 horas en un intervalo de 5 a 8 días, en el Cuadro 2 se describe la aplicación del mismo.

Cuadro 2. Número de riegos aplicados en tres híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2018

Riego	Fecha
1	24-abril-18
2	28-abril-18
3	08-mayo-18
4	13-mayo-18
5	26-mayo-18
6	02-junio-18

7	25-junio-18
8	09-julio-18

3.4.5 Fertilización

La fórmula de fertilización que se utilizó para el experimento fue de 180-100-00 de N-P-K, inyectándose con un inyector tipo venturi a través de la cintilla.

Cuadro 3. Fertilización aplicada en tres híbridos de maíz. UAAAN-UL 2018

Fertilizante	Fecha de aplicación
Sulfato de amonio(NH ₄) ₂ SO ₄)	07-mayo-2018
Acido fosfórico (H ₂ PO ₄)	07-mayo-2018
Acido fosfórico (H ₂ PO ₄)	02-junio-2018
Sulfato de amonio(NH ₄) ₂ SO ₄)	02-junio-2018
Sulfato de amonio(NH ₄) ₂ SO ₄)	30-junio-2018
Acido fosfórico (H ₂ PO ₄)	09-julio-2018

3.4.6 Control de maleza

Para el control de maleza se realizó una aplicación química en forma manual con una dosis recomendada que a continuación se describe en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Aplicación de herbicida. UAAAN-UL 2018

Ingrediente activo	Dosis (L Ha)	Fecha de aplicación
Atrazinats-metoclor	5	25-abril-2018

3.4.7 Control de plagas

Las plagas se monitorearon constantemente para saber si sobrepasaban el umbral económico. Para el control se aplicaron los insecticidas siguientes para sus correspondientes plagas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Aplicación química para el control de plagas UAAAN-UL 2018

Ingrediente activo	Dosis recomendada/ Ha	Plaga	Fecha
Kendo-lambda cyhalotrina	200 ml	Spodoptera frugiperda	03-mayo-18
Du pont coragen-clorantraniliprol	75 a 125 ml	Spodoptera frugiperda	08-mayo-18

Du pont coragen- clorantraniliprol	75 a 125 ml	Spodoptera frugiperda	15-mayo-18
Du pont coragen- clorantraniliprol	75 a 125 ml	Spodoptera frugiperda	02-junio-18
SUNFIRE(insecticida acaricida)	250-500 ml	Tetranychus urticae	05-junio-18
GLANCE (abamectina)	500 ml	Tetranychus urticae	12-junio-18

3.5 Variables agronómicas evaluadas.

3.5.1 Floracion masculina (FM).

Se registro el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela senencontraban en período de antesis.

3.5.2 Floracion femenina (FF)

Se registro el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en el cual el 50% de las plantas de la parcela presentaban jilotes receptores que tuvieron.

3.5.3 Rendimiento materia verde (RV)

El rendimiento de forraje verde se calculó con la siguiente fórmula:

$$RV = \frac{\text{peso de planta completa cosechada en Kg} * 10,000m^2}{\text{superficie cosechada}(m^2)}$$

3.5.4 Rendimiento de materia seca (RMS)

El rendimiento de materia seca se calculó con la siguiente fórmula:

$$RMS = \frac{\text{peso muestra después de secado (g)} * 10,000m^2}{\text{superficie cosechada}(m^2)}$$

3.5.5 Porcentaje de materia seca (PMS)

El porcentaje de materia seca se calculó con la siguiente fórmula:

$$PMS = \frac{\text{peso de muestra después de secado} * 100\%}{\text{peso de la muestra representativa de forraje verde}}$$

Peso de la muestra representativa de forraje verde =500 g

3.5.6 Altura de planta (AP)

Se seleccionadas tres plantas al azar con competencia completa y se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). Se expreso en metros.

3. 5.7 Altura de mazorca (AM)

Se seleccionadas tres plantas al azar con competencia completa y se midió la distancia desde la base de la planta hasta el nudo de la mazorca principal. Se expreso en metros.

3.6 Variables de calidad forrajera

Cuando los híbridos se encontraban en un tercio de la linea de leche, se cosecharon, se molieron tres plantas completas y se tomo una muestra representativa de 500 g, posteriormente se llevo a un horno marca FELISA modelo 2484 por un espacio de aproximado de 48 horas, para eliminar el contenido de humedad de la muestra. Se procedio a triturar la muestra en un molino marca CYCLONE SAMPLE MILL modelo 3010-030.

Se determinaron las variables de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acido (FDA), digestibilidad (DIMS) y valor relativo de forraje(VRF).

3.6.1 Determinación de FDA y FDN

El análisis bromatológico se determinó bajo el principio de (Van Soest 1967). Consistió en tomar 0.500 g de cada una de las muestras molidas de materia seca 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 (digestor) agregandose 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FDA y para la obtención de FDN, se le agrego a la solución 20 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 ml de alfa amilasa, se dejó en el Digestor por un tiempo de 60 minutos a una temperatura de 100 °C.

Cuando se alcanzó el tiempo de digestión, se lavaron las muestras con agua destilada caliente a una temperatura aproximada de 65 °C, realizandose este proceso tres veces para cada una de las fibras. En el análisis de FDN se agregaron 4.0 L de alfa amilasa a cada uno de los primeros enjuagues, posteriormente se retiraron las bolsas de papel filtro con las muestras y se agregaron 200 ml de acetona dejandose por 3 minutos de solución, con la finalidad de eliminar posibles residuos de soluciones utilizadas.

Posteriormente se dejaron expuestas al medio ambiente por un lapso de 45 minutos, para permitir la evaporación del acetona, después las muestras se sometieron a secado en estufa a una temperatura de 100 °C por 24 horas para luego ser pesadas y así determinar el porcentaje de FDA y FDN.

3.6.2 Fibra detergente neutra (FDN)

El contenido de fibra detergente neutra se determinó con la siguiente fórmula:

$$FDN = \frac{\text{peso final} - \text{peso de la bolsa}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.3 Fibra detergente ácida (FDA)

El contenido de fibra detergente ácida se determinó con la siguiente fórmula:

$$FDA = \frac{\text{peso final} - \text{peso de la bolsa}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Cuadro 6. Solución para determinar Fibra Ácido Detergente.

Reactivo	Cantidad
Bromuro de cetyl (CH ₃ (CH ₂) ₁₅ N(CH ₃)Br Trimetil amonio	20 g
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	1 L

Cuadro 7. Solución para análisis de Fibra Neutra Detergente

Reactivo	Cantidad
Lauril sulfato de sodio (C ₁₂ H ₂₅ O ₄ Na)	150 g
sal disódica (EDTA)	93 g
Tetrabaratato de sodio decahidratado	34 g
Fosfato de ácido disodico (Na ₂ HPO ₄)	22.8 g
Agua destilada	5 L
Etilenglicol	50 mL

3.6.4 Digestibilidad de la materia seca (DIMS)

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

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

donde: DIMS= digestibilidad de la materia seca y FDA= fibra ácido detergente

3.6.7 Valor relativo de forraje (VRF)

El valor relativo de forraje se estimó con la siguiente fórmula:

$$VRF = \frac{CMS * DIMS}{1.29}$$

donde: *VRF*=valor relativo de forraje, *CMS*=consumo de materia seca y *DIMS*= digestibilidad de la materia seca.

3.7 Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó bloques al azar en parcelas subdivididas

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza de variables agronómicas y de calidad de forraje

Los cuadrados medios del análisis de varianza mostraron un efecto significativo para los tratamientos en todas las variables agronómicas y de calidad de forraje medidas en el estudio (Cuadro 8 y 9).

En los distanciamientos entre surcos se presentaron diferencias estadísticas solo en las variables agronómicas de floración masculina (FM), rendimiento de forraje verde (RFV), rendimiento de materia seca (RMS), porcentaje de materia de materia seca (PMS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). En las variables de calidad de forraje no se presentaron diferencias estadísticas (Cuadro 8).

En la interacción distancia por densidad (Dist*Den) no existieron diferencias significativas, para las variables evaluadas tanto agronómicas como de calidad de forraje.

En tratamiento por distancia (Trat*Dist) floración masculina (FM), floración femenina (FF), rendimiento de forraje verde (RFV) y altura de mazorca (AM) fueron significativas estáticamente, el resto de las variables no presentaron diferencias estadísticas.

En la fuente de variación tratamiento por densidad (Trat*Den) los tratamientos presentaron un comportamiento similar ya que ninguno presentó diferencias estadísticas en ninguna de las variables evaluadas en el experimento.

Los coeficientes de variación oscilaron de 2.06 a 25.61%, los cuales en su mayoría fueron aceptables a excepción de la variable de rendimiento de materia

seca (RMS), pero en general son aceptables de acuerdo con Martínez (1994) quien señala que los coeficientes de variación (CV) en experimentos uniformes de maíz, trigo y caña de azúcar no deben de exceder del 20%.

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables agronómicas y de calidad de forraje de tres híbridos comerciales de maíz en diferente distanciamiento de surco y densidad de siembra

FV	GL	FF	FM	RV	RMS	PMS	AP	AM
Dist.	2	8.3ns	7.41*	668.1**	36.76*	0.65ns	0.38**	0.22**
Den	2	8.46ns	1.18ns	98.36ns	6.89ns	1.44ns	0.0012ns	0.0012ns
Trat	2	42.53**	46.99**	458.15*	14.83*	35.11**	0.27**	0.18**
Dist*Den	4	8.29ns	2.54ns	110.53ns	7.2ns	0.58ns	0.01ns	0.0089ns
Trat*Dist	4	20.37*	7.76*	285.95*	19.93*	3.26ns	0.04ns	0.02*
Trat*Den	4	6.22ns	2.27ns	43.71ns	3.88ns	2.36ns	0.0027ns	0.0032ns
Error	59	4.81	1.9	86.47	5.49	1.89	0.02	0.0074
Total	77							
Cv(%)		3.11	2.06	24.68	25.61	5.65	7.49	8.16

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, FF=floración femenina, FM= floración femenina, RV=rendimiento de forraje verde, RMS=rendimiento de materia seca, PMS= Porcentaje de materia seca, AP=altura de planta y AM= altura de mazorca.

Cuadro 9. Cuadrados medios de calidad bromatológica de la planta completa de tres híbridos comerciales de maíz en diferente distanciamiento de surco y densidades de siembra.

FV	gl	FDN	FDA	DMS	VRF
Dist.	2	21.46ns	16.72ns	10.14ns	144.18ns
Den	2	8.06ns	19.05ns	11.56ns	3.5ns
Trat	2	156.47**	122.69**	74.45**	1006.79**
Dist*Den	4	7.37ns	10.12ns	6.14ns	46.04ns
Trat*Dist	4	11.53ns	8.09ns	4.91ns	40.35ns
Trat*Den	4	11.51ns	16.32ns	9.9ns	55.16ns
Error	59	14.84	11.43	6.94	66.38
Total	77				
Cv(%)		6.31	8.92	4.43	8.93

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, FDN= fibra detergente neutra, FDA=fibra detergente ácida, DMS= digestibilidad de la materia seca y VRF=valor relativo del forraje.

4.2 Promedio de variables agronómicas respecto al distanciamiento de siembra.

En el Cuadro 10 se presenta el comportamiento promedio de las variables evaluadas en diferentes distanciamientos de siembra.

En las variables de floración masculina (FM), rendimiento de forraje verde (RFV), rendimiento de materia seca (RMS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) los tratamientos fueron diferentes.

Se observa que en el distanciamiento entre surcos de 0.40 cm fue mayor la respuesta en el rendimiento de forraje verde (RV) y en rendimiento de materia seca (RMS) con respecto a los demás tratamientos. La mayor producción de forraje verde (RFV) fue de 42.40 t ha⁻¹ y de 32.47 t ha⁻¹ en distanciamiento de 0.75 cm. Lo anterior coincide con Bullock *et al*, (1998) y Barbieri *et al*, (2000) quienes señalan que la siembra del maíz (*Zea mays* L.) en arreglos topológicos con surcos angostos respecto a surcos convencionales (0.76 m), permite incrementar el rendimiento de grano como consecuencia de disminuir la competencia entre plantas dentro del surco por luz, agua y nutrientes.

La floración masculina (FM) se presentó alrededor de los 67 días en todos los distanciamientos de siembra, solamente el distanciamiento de 0.40 cm se superó a la media. Por otra parte en floración femenina (FF) los tratamientos se comportaron de manera similar, presentándose la floración femenina a los 70 días. Se observa en general que los asociados en el estudio no influyeron negativamente en esta variable.

En el distanciamiento de 0.40 y 0.60 cm la altura de planta (AP) y la altura de mazorca fueron mayores con respecto al surco convencional, y superaron a la

media. La altura de planta exhibió valores de 1.82 m a 2.03 m, y la altura de mazorca fue desde 1.12 m a 0.95 m.

La altura de mazorca es un factor íntimamente relacionado con los rendimientos del cultivo, por lo que puede aumentar los niveles de rendimiento (Maya, 1995) coincidiendo estos resultados con el estudio ya que se observa que los mayores rendimientos de forraje verde, materia seca y alturas de mazorca fueron en los distanciamiento de 0.40 m y 0.60 m.

En el distanciamiento se observa que todos los materiales tuvieron un comportamiento similar entre sí.

Los valores de digestibilidad encontrados fueron de 59.83% a 60.05% ubicándolos como de baja calidad ya que cuanto más grande es la digestibilidad mayor será su utilidad nutritiva de la materia. La digestibilidad del forraje depende sobre todo del grado de madurez de la planta o de la fase de su desarrollo vegetativo. En las fases tempranas del desarrollo de las plantas, se dan los valores más elevados de digestibilidad de la materia seca. Es cuando hay mayor proporción de hojas en la planta y menor contenido en materiales lignificados (<https://www.agronewscastillayleon.com/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-distintos-forrajes-en-la-granja-agropa>) l.

Los valores promedio del valor relativo de forraje (VRF) no presentaron diferencia significativa entre los distanciamientos de surco. En el surco convencional se presentó un valor de 93.75 y en el distanciamiento de 0.60 m y 0.40 m oscilo de 90.27 a 89.32. Estos valores se ubicaron en general como forraje de tercera de acuerdo con FEDNA (2014).

No se encontró diferencia significativa para los valores de FDN y FDA, para ninguno de los distanciamientos de surco (Cuadro 11).

Los porcentajes observados de fibra detergente neutra (FDN) se consideraron como de calidad regular de acuerdo FEDNA (2014) quienes señalan que valores 61 a 55% son todavía de calidad. Los porcentajes fueron 61.74 a 60 % en esta variable.

La calidad de fibra detergente ácida (FAD) se clasificó como bueno ya que los porcentajes observados en cada uno de los distanciamientos fueron alrededor de 37.02 a 38.59 y de acuerdo con FEDNA (2014) se consideran que porcentajes de 36-40 % son de buena calidad.

El porcentaje de materia seca (PMS) no se vio influenciado por el distanciamiento de surcos. El surco convencional de 0.75 m y el de 0.60 m superaron a la media general con 24.47% y 24.40% respectivamente. Sin embargo, estos valores se encuentran por debajo de los recomendados por Harrison y Johnson (1998) quienes indican que un 28 a 35% de materia seca promueve una buena fermentación durante el proceso de ensilaje de maíz.

Cuadro 10. Comportamiento promedio de distanciamiento de las variables agronómicas de tres híbridos comerciales de maíz.

DIST	FM	FF	RMS	PMS	AP	AM
0.75	67.25a	71.11a	7.93b	24.47a	1.82b	0.95b
0.6	66.12b	70a	9.28ba	24.40a	2.03a	1.09a
0.4	66.85ab	70.2a	10.26a	24.16a	2.02a	1.12a
DMS	0.9216	1.4656	1.56	0.9199	0.098	0.0576
MEDIA	66.76	70.47	9.15	24.34	1.95	1.05

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares, FF=floración femenina, FM= floración femenina, RV=rendimiento de forraje verde, RMS=rendimiento de materia seca, PMS= Porcentaje de materia seca, AP=altura de planta, AM= altura de mazorca.

Cuadro 11. Comportamiento promedio del distanciamiento en variables de calidad forrajera.

DIST	DIMS	VRF	FDN	FDA
0.75	60.05a	93.75a	60.00a	37.02a
0.6	59.26a	90.27a	61.25a	38.04a
0.4	58.83a	89.32a	61.74a	38.59a
DMS	1.7593	5.4412	2.5727	2.2585
MEDIA	59.38	91.14	60.99	37.88

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares, DIMS= digestibilidad de la materia seca, VRF=valor relativo del forraje, FDN= fibra detergente neutra y FDA=fibra detergente ácida.

4.3 Comportamiento promedio de densidades de siembra

Al realizar el análisis de varianza y separación de medias, no se encontraron diferencias significativas en densidades de siembra. Sin embargo, en la interacción Trat*Den solo se presentó diferencia estadística en floración femenina (FF), floración masculina (FM), rendimiento de forraje verde (RFV) y altura de mazorca (AM).

En floración masculina (FM) y floración femenina (FF) los tratamientos no superaron a la media. Se observaron valores de 66 a 67 días en FM y 70 días en FF donde se observó que la floración fue más tardía en la densidad de 100 pl h⁻¹.

En densidad de 120,000 pl h⁻¹ el rendimiento en verde (RFV) tuvo una mayor expresión con 39.60 t ha⁻¹ en comparación con las demás densidades, 35.57 t ha⁻¹ y 37.57 t ha⁻¹ se presentaron en la densidad de 100,00 y 90, 000 pl h⁻¹, respectivamente.

Las diferentes densidades de siembra de 120, 000 y 100, 000 pl h⁻¹ no superaron a la media general, presentaron porcentajes de 24.26 a 24.13 respectivamente. Un pequeño incremento solo se presentó en la densidad de 90, 000 pl h⁻¹ con 24.64%.

Respuestas positivas al incremento en la densidad de siembra y diferencial entre híbridos fueron reportadas por Alibes (1976), Andrade *et al.* (1994), Bertoia *et al.* (1994), Romero *et al.* (1994), Scheneiter *et al.* (1997), Bertoia *et al.* (2001). Contrariamente, Díaz y Di Nucci (2001) evaluando los cultivares Cargill 350 y Sil 3 en tres densidades de plantas no encontraron interacción significativa para la producción de materia seca total, el rendimiento de grano, la composición porcentual de la planta y de la espiga sobre peso seco. Scheneiter *et al.* (1997) no hallaron cambios en la producción de materia seca, con el aumento en la producción de materia seca con el aumento en la densidad de siembra. Sotomayor *et al.* (1980) no encontraron una mejora en el rendimiento de materia seca al aumentar la densidad de 45 a 100.000 pl ha¹.

Uhart *et al.* (2000) consideran que las plantas de maíz presentan escasa posibilidad de modificar la superficie foliar ante reducciones en la densidad de siembra, debido a la escasa capacidad de macollaje y de expansión foliar. Bertoia *et al.* (2001) mencionan que un alto rendimiento de forraje puede alcanzarse en plantas de gran envergadura (morfotipo vertical) con densidades similares o aún menores que en los híbridos modernos. En éstos últimos, los individuos son más bajos, con caña más delgada, y una arquitectura que les permite mayor tolerancia a la competencia intrapoblacional.

La altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) tuvieron un comportamiento similar al igual que en la interacción de los tratamiento por densidad.

Sánchez *et al.* (2011) en un estudio señala que la altura de planta considerando densidades, en promedio de genotipos, tuvo un comportamiento

similar lo que en primera instancia sugiere que el número de plantas por hectárea no influyó en los componentes de rendimiento. Aunque, al analizar la interacción GxD las densidades de siembra tuvieron un efecto muy marcado sobre los genotipos en estudio lo que repercutió en que se detectaran alturas de planta estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

En calidad de forraje el comportamiento de las diferentes densidades no presento diferencias estadísticas, tampoco en la interacción de Trat*Dens. En la separación de medias solo se conformó un grupo, indicando que la densidad no influyo en la calidad del forraje.

Los valores de digestibilidad fueron desde 58.83 hasta 60.07, donde el valor mayor fue la densidad de 90, 000 pl ha⁻¹. Estos valores se ubican por debajo de los reportado por Núñez *et. al.* (2003) en evaluación de híbridos de maíz en la Laguna de Coahuila.

En el valor relativo de forraje (VRF) fue mayor matemáticamente en la densidad de 100 000 y 90, 000 pl ha⁻¹, con 91.56 y 91.17 respectivamente. Estos valores son considerados como una calidad de tercera (FEDNA, 2014).

Los porcentajes de FDN no superaron a la media. El 61.66 % fue el mayor valor encontrado en la densidad de 90, 000 pl ha⁻¹, los menores porcentajes fueron desde 60.72 a 60.66%. En general la calidad de la FDN se considera regular (Núñez *et. al.*, 2003).

La densidad de 120, 000 pl ha⁻¹presento el porcentaje de FDA con un valor de 38.59, el menor porcentaje de FDA fue la densidad de 90, 000 pl ha⁻¹ (37%). Aunque no se presentaron diferencias estadísticas, los valores encontrados se ubican como de buena calidad (FEDNA, 2014).

4.4 Comportamiento promedio de los tratamientos

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticas y al separar los promedios. Sin embargo en las interacciones de Trat*Dis y Trat *Den solo se presento diferencia en FF, FM, RV y AM. En calidad de forraje no existieron diferencias.

Los días a floración masculina (FM) y femenina (FF) se presentaron a los 68 y 71 días en el híbrido 3 siendo este el más tardío con respecto a los demás. La floración masculina (FM) se presentó a los 66 días y a los 70 y días la floración femenina en los híbridos 1 y 2.

Los híbridos 3 y 1 presentaron los mayor rendimientos de forraje verde (RFV) con 42.30 y 37.06 t ha⁻¹, respectivamente.

El mayor porcentaje de materia seca acumulado fue 25.35% en el híbrido 1 superando a la media, seguido del híbrido 2 con 24.61%. Sin embargo se ubican por debajo de los encontrados por Núñez (2006) en la evaluación de híbridos comerciales de maíz en la Comarca Lagunera.

Lauer (1998) señala que el principal factor de variación en el porcentaje de materia seca es el estado de madurez, existe una gran variabilidad de la relación entre el avance de la línea de leche en el grano y el porcentaje de materia seca del maíz forrajero. Este autor reporto variaciones de 24 a 30% de materia seca a un estado de madurez de 1/3 de avance de la línea de leche en el grano.

Los resultados del análisis indican que los híbridos que presentaron la mayor altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) fueron el 3 con 1.99 m y 1.15m y el 2 con 2.03 m de AP y 1.01 m de AM.

En cuanto a la calidad de forraje los valores encontrados en DIMS oscilaron de 58.51 a 61.35, donde destaco el híbrido 1. Sin embargo se ubican como de mala calidad.

El valor relativo del forraje (VRF) fue considerado como de tercera (FEDNA, 2014), ya que los promedios encontrados fueron de 98.31 a 86.15, siendo el híbrido 1 el de mayor acumulación.

Los porcentajes de FDN son de calidad regular (Núñez, 2006). El mayor valor fue el híbrido 3 con 63.04% y el híbrido 1 fue el de menor porcentaje con 58.41%.

El valor promedio de la FDA indica que el híbrido 2 supero a la media, ya que presento la mayor expresión con 39.27% y el de menor porcentaje fue el híbrido 1 con 35.35%. Sin embargo estos valores clasifican a los híbridos como de buena a regular calidad (FEDNA, 2014).

La baja calidad nutricional, en especial el valor energético de los ensilados de maíz producidos en México se debe en parte al empleo de híbridos considerados como “forrajero” por su alto potencial y gran capacidad para la producción de follaje. Por otra parte, existe el debate en lo que se refiere a sí los híbridos de maíz desarrollados para grano también son apropiados para la producción de forraje (Núñez, 2006).

Cuadro 12. Comportamiento promedio de variables agronómicas con las densidades de siembra

Den	FM	FF	RV	RMS	PMS	AP	AM
120	66.55a	70.18a	39.60a	9.59a	24.26a	1.96a	1.05a
100	67.03a	71.11a	35.57a	8.58a	24.13a	1.97a	1.05a
90	66.72a	70.12a	37.57	9.26a	24.64a	1.94a	1.06a
DMS	0.9206	1.4638	6.2039	1.56	0.919	0.0979	0.0576
MEDIA	66.76	70.47	6.2104	9.15	24.34	1.95	1.05

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares, Den= densidad, FM= floración masculina, PMS= porcentaje de materia seca, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca.

Cuadro 13. Comportamiento promedio de variables de calidad forrajera con las densidades de siembra.

Den	DIMS	VRF	FDN	FDA
120	58.83a	90.73a	60.72a	38.59a
100	59.30a	91.56a	60.62a	37.98a
90	60.07a	91.17a	61.66a	37.00a
DMS	1.7575	5.4355	2.57	2.2561
MEDIA	59.38	91.14	60.99	37.88

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares, Den= densidad, DIMS= digestibilidad de materia seca, VRF= valor relativo de forraje, FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente ácida.

Cuadro 14. Comportamiento promedio de variables agronómicas con los tratamientos

Trat	FM	FF	RV	RMS	PMS	AP	AM
3	68.30a	71.38a	42.30a	9.83a	23.06b	1.99a	1.15a
2	66.00b	71.00a	33.63b	8.28a	24.61a	1.84b	1.00b
1	66.00b	69.03b	37.06ab	9.34a	25.35a	2.03a	1.01b
DMS	0.9202	1.4631	6.2009	1.56	0.9185	3.4	0.0575
MEDIA	66.76	70.47	6.2104	9.15	24.34	1.95	1.05

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares, Trat= tratamiento, FM= floración masculina, FF= floración femenina, RV= rendimiento en verde, RMS= rendimiento de materia seca, PMS= porcentaje de materia seca, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca.

Cuadro 15. Comportamiento promedio de las variables de calidad forrajera con los tratamientos

Trat	DIMS	EM	CMS	VRF	FDN	FDA
3	58.51b	211.23b	1.89b	86.15b	63.40a	39.00a
2	58.30b	210.46b	1.96b	88.97b	61.16a	39.27a
1	61.35a	221.49a	2.06a	98.31a	58.41b	35.35b
DMS	1.7566	6.3414	0.0839	5.4328	2.5688	2.255
MEDIA	59.38	214.39	1.97	91.14	2.57	37.88

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares, Trat= tratamientos, DIMS= digestibilidad de materia seca, EM= energía metabolizante, CMS= consumo de materia seca, VRF= valor relativo de forraje, FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente ácida.

V.- CONCLUSIONES

- El análisis de varianza mostro un efecto significativo para los tratamientos en todas las variables agronómicas y de calidad de forraje medidas en el estudio.
- En tratamiento por distancia (Trat*Dist) floración masculina (FM), floración femenina (FF), rendimiento de forraje verde (RV) y altura de mazorca (AM) fueron significativas estáticamente.
- En la interacción Trat*Den los tratamientos presentaron un comportamiento similar ya que ninguno presento diferencias estadísticas en ninguna de las variables evaluadas en el experimento.
- El híbrido 3 presento la mayor expresión en RFV.
- La distancia menor al surco convencional aumento el rendimiento, siendo el distanciamiento de 0.40 m el de mayor expresión en esta variable.

VI. – BIBLIOGRAFIA

- Allison, C. D. (1985). Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management*, 305-311.
- Alibes, X. 1976. Ensayo comparativo del valor alimenticio de dos variedades de maíz I. La planta entera consumida verde composición morfológica, química y rendimientos. II. La planta entera ensilada. Influencia del estado de recolección y de la densidad de las plantas. Departamento de Producción animal, pastos y forrajes C.R.I.D.A.- 03 I.N.I.A. Zaragoza.
- Andrade, F. H.; F.A. Margiotta; R. M. Martínez; P. Heiland; S. Uhart; A.Cirilo & M. Frugone. 1994. Densidad de plantas de maíz. Boletín Técnico N- 108. Est. Exp. Agrop. Balearce. INTA.
- Bal, MA, Coors, JG y Shaver, RD (1997). Impacto de la madurez del maíz para su uso como ensilaje en las dietas de las vacas lecheras en la ingesta, la digestión y la producción de leche. *Journal of Dairy Science* , 80 (10), 2497-2503.
- Barbieri, P. A., Rozas, H. N. R. S., Andrade, F. H., & Echeverria, H. N. E. (2000). Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal*, 92(2), 283-288.
- Barriere, Y., Traineau, R., Dolstra, O., & Miedema, P. (1986). Characterization of silage maize: Patterns of dry matter production, LAI evolution and feeding value in late and early genotypes. *Breeding of silage maize. Wageningen*, 131-136.
- Bondi, A. A. (1989). Nutrición Animal. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p
- Bullock, D. G., Nielsen, R. L., & Nyquist, W. E. (1988). A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, 28(2), 254-258.
- Bertoia, L.M. ; M.S. Borlandelli & R. Burak. (1994). Densidad de siembra de maíz (Zea mays. L.) 1. Efecto sobre la producción de materia seca. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 14:62-63.
- Bertoia, L. M., & Peper, A. (2001). Respuesta forrajera de híbridos de maíz a factores ambientales y de manejo. In *Actas del VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, Argentina..*

- Castañeda, F. G., Ramo, A. P., Hernández, G. N., & González, C. A. J. (2005). Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 393-397.
- Castillo, A. R., Kloster, A., Latimore, N., & Ustarroz, E. Factores que afectan la ganancia de peso de novillos sobre pasturas de calidad durante el otoño. *Información para Extensión*, no. 1 (1992).
- Chalupa, W. (1995). Requerimientos de forrajes de vacas lecheras. *Primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo*. Gómez Palacio, Dgo. LALA, 19-28.
- Chalupa, W., Galligan, D. T., & Ferguson, J. D. (1996). Animal nutrition and management in the 21st century: dairy cattle. *Animal feed science and technology*, 58(1-2), 1-18.
- Chalupa, W., R. Boston., Ch. J. Sniffen., and D. G. Fox. (1998). *Development of dairy cow nutritional models*. In: *advanced dairy workshop*. Torreón, Coah. 1-42.
- Church, D. C. y W. G. Pond. (1994). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. pp 438.
- Contreras, G., Eduardo, F., Faz Contreras, R., & Núñez Hernández, G. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México*.
- Cox, J. W., Cherney, D. R., & Hanchar, J. J. (1998). Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. *Journal of Production Agriculture*, 11(1), 128-134.
- CONAGUA.2016.Estadísticas agrícolas de los distritos de riego 2014-2015 [En línea]. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/SGIH-6-15.pdf>.
- Cuomo, G. J., Redfearn, D. D., & Blouin, D. C. (1998). Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy Journal*, 90(1), 93-96.
- De García, M. S., & Gallardo, A. (2011). Guía para el análisis bromatológico de muestras de forrajes. *Universidad de Panamá, PAN*. López-Martínez, J. D., Ávalos-Marines, A., de Celis, E. M. R., Valdez-Cepeda, R., & Salazar-Sosa, E. (2006). Características físicas del suelo y rendimiento de maíz forrajero evaluados con labranza y fertilización orgánica-inorgánica. *Terra Latinoamericana*, 24(3), 417-422.

- Díaz, M.G. & Di Nucci de Bedendo. (2001). *Efecto de la densidad y del cultivar sobre el comportamiento productivo de maíz para silaje en siembras tardías*. Actas del VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, 7-9 de Noviembre de 2001.
- Domínguez, M. A., Ronquillo, M. G., Cedeño, S. G., Vara, I. A. D., & González, C. A. (2009). Rendimiento y producción de gas in vitro de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47(4), 413-423.
- Edmeades, G. O., & Lafitte, H. R. (1993). Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. *Agronomy Journal*, 85(4), 850-857.
- Elizondo, J., & Boschini, C. (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181-187.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2008). Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1), 115-122.
- [FEDNA] Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2014. Forrajes. [Internet]. Disponible en: <http://fundacionfedna.org/forrajes>
- Farnham, D. E. (2001). Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*, 93(5), 1049-1053.
- Flores, O., & Figueroa, V. (2010). Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. *Folleto Técnico*, (30).
- Galyean, M. L. (1997). Laboratory procedures in animal nutrition research. West Texas A&M University, Division of Agriculture and Texas A&M Research and Extension Center.
- García, A., Thiex, N., Kalscheur, K., & Tjardes, K. (2005). Interpretación del análisis del ensilaje de maíz.
- Grant, R. J. (1991). G91-1034 Evaluating the Feeding Value of Fibrous Feeds for Dairy Cattle.
- Graybill, J. S., Cox, W. J., & Otis, D. J. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agronomy journal*, 83(3), 559-564.
- Harrison, J. H., & Johnson, L. (1998). Factores que afectan el valor nutritivo del ensilaje de maíz. IV Conferencias internacionales sobre nutrición y manejo. *Gómez Palacio, Dgo. LALA*. pp, 54-65.

- Hernández, G. N., Contreras, R. F., Castañeda, F. G., & Ramos, A. P. (2005). Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México*, 43(1), 69-78.
- Hoff, D. J., & Mederski, H. J. (1960). Effect of equidistant corn plant spacing on yield. *Agronomy Journal*, 52(5), 295-7.
- Hunt, CW, Kezar, W. y Vinande, R. (1989). El rendimiento, la composición química y la fermentabilidad ruminal de la planta, la mazorca y la mazorca enteras de maíz se ven afectadas por la madurez. *Journal of Production Agriculture*, 2 (4), 357-361.
- Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Robutti, J. L., Swift, M., Mahanna, W. C., & Shinnors, K. (2002). Corn silage management I: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *Journal of dairy science*, 85(4), 833-853.
- Jurado Guerra, P., Lara Macías, C. R., & Saucedo Terán, R. A. (2014). Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en Chihuahua.
- Lauer, J. (1998, January). Corn kernel milk stage and silage harvest moisture. In *Proc. 1998 Forage Symposium, Madison*.
- Malvar, R. A., Revilla, P., Moreno-González, J., Butrón, A., Sotelo, J., & Ordás, A. (2008). White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop science*, 48(4), 1373-1381.
- Martínez Garza, A. (1994). *Experimentación agrícola: Metodos estadísticos*. Universidad Autonoma Chapingo, Chapingo (Mexico)..
- Mayes, R. W., & Dove, H. (2000). Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. *Nutrition Research Reviews*, 13(1), 107-138.
- Neylon, J. M., Ebling, T. L., Taylor, C. C., Lynch, M. P., Reddish, M. A., Endres, M. I., & Kung, L. (2002). The effects of height of cutting, hybrid, and stage of maturity at harvest on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 85(Suppl 1), 383.
- Núñez, H. G., González, C. F., & Martín del Campo, V. S. (1994). Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. *Avances de investigación agropecuario*, 3(1), 25-30.
- Núñez, H. G., Peña, R. A., González, C. F., & Faz, C. R. (2006). Características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje. *Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. INIFAP, Libro Científico*, (3), 45-97.

- Núñez, H. G. y R. Faz. C. 2003^a. Selección de híbridos de maíz para forraje con alto potencial para producción de leche con ganado bovino. Memoria XV Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED.477-482.
- Porter, P. M., Hicks, D. R., Lueschen, W. E., Ford, J. H., Warnes, D. D., & Hoverstad, T. R. (1997). Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. *Journal of Production Agriculture*, 10(2), 293-300.
- Ramos, A. P., Hernández, G. N., & Castañeda, F. G. (2002). Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 40(3).
- Reta Sánchez, D. G., Cruz Cruz, S., Palomo Gil, A., Serrato Corona, J. S., & Cueto Wong, J. A. (2010). Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nevadura café. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(1), 13-23.
- Reta, S. D. G., Carrillo, S. J., Gaytán, M. A., Castro, M. E., & Cueto, W. J. A. (2002). *Guía para cultivar maíz forrajero en surco estrecho. Folleto para Productores nº 5*. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Romero, L.A.; O.A. Bruno & C. Diaz. (1994). Respuesta a la fertilización y densidad de siembra de maíz y sorgo para silaje. In: Jornada de actualización técnica sobre la producción de forrajes conservados de alta calidad. INTA Rafaela. 26 de octubre de 1994. 10 p.
- Rutger, J. N., & Crowder, L. V. (1967). Effect of High Plant Density on Silage and Grain Yields of Six Corn Hybrids 1. *Crop Science*, 7(3), 182-184.
- Sánchez, D. G. R., Mascorro, A. G., & Amaya, J. S. C. (2003). Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 75-80.
- Sánchez-Hernández, M. Á., Aguilar-Martínez, C. U., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M. C., & Villanueva-Verduzco, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía mesoamericana*, 22(2), 281-295.
- Scheneiter, J.; J. Carrete; P. Rimieri & C. Devito. 1997. Maíz para silaje: efecto de la densidad de siembra sobre la producción y el valor nutritivo del forraje. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. Pergamino, pp.23-26.
- Santamaria-cesar, J., Reta-sanchez, D. G., Chavez-Gonzalez, J. F. J., cueto-wong, J. A., Y Rubio, J. R.P(2006). Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la comarca lagunera. Libro Técnico Num. 2. 240 p. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coah., Mexico.

- Sotomayor Rios A., C. Torres & M. Ellis. 1980. Effects of plant density on yield and plant characters of twelve corn hybrids and selectons. *J. of Agrie, of Univ. of Puerto Rico* 64:407-413.
- Sarlangue, T., Andrade, F. H., Calviño, P. A., & Purcell, L. C. (2007). Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density?. *Agronomy Journal*, 99(4), 984-991.
- Shaver RD (2003) Practical application of new forage quality tests. Department of Dairy Science. *Crop Sci.* 191(2):146-151.
- SIAP.1980-2018.SIACON. Modulo Agrícola. México.
- Strieder, M. L., Silva, P. R. F. D., Rambo, L., Sangoi, L., Silva, A. A. D., Endrigo, P. C., & Jandrey, D. B. (2008). Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola*, 65(4), 346-353.
- Stritzler, N.P., Gingsins, M.A., Gallardo, M. y Santucho, G. (1985). Algunos factores que afectan el volumen ruminal en bovinos. *Revista Argentina de Producción Animal* 5: 145-148.
- Stritzler, N.P., Rabortnikof, C.M. y Pagella, J.H. (2004). Guía de Trabajos Prácticos, Cátedra de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. 129 p.
- Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*.
- Subedi, K. D., Ma, B. L., & Smith, D. L. (2006). Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science*, 46(5), 1860-1869.
- Thomas, E. D., Mandebvu, P., Ballard, C. S., Sniffen, C. J., Carter, M. P., & Beck, J. (2001). Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2217-2226.
- Van Soest, P., & Robertson, J. (1979). Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In *Standardization of analytical methodology for feeds: proceedings*. IDRC, Ottawa, ON, CA.
- Van Soest, PJ, and JB Robertson, and RA Lewis. (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci.* 74:3583-97
- VAN SOEST, P.J.; GINER-CHAVES. (1994). "Nutritioe aalue of fibrotts feeds. Cornell Uniaersity. Ithaca" . IN: *Beef cattle production systems in the troPics. Seminario MAG/Prograsa. Atenas, Costa Rica.* 10 p.

Vega, M., & del Carmen, N. (1995). *Evaluación de siete genotipos de maíz (Zea mays L.) en cuatro localidades de Nicaragua* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).

Uhart, S.A.; F. Andrade; A. Cirilo; N. Frugone & O. Correa. 2000. *Densidad y distribución de plantas en maíz*, [http:// www.megaagro.com.uy](http://www.megaagro.com.uy).

Weiss, W. P. (1994). Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. *Forage quality, evaluation, and utilization*, 644-681.

Widdicombe, W. D., & Thelen, K. D. (2002). Row width and plant density effects on corn grain production in the northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 94(5), 1020-1023.

Wiersma, D. W., Carter, P. R., Albrecht, K. A., & Coors, J. G. (1993). Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *Journal of production agriculture*, 6(1), 94-99.

Xu, S., Harrison, J. H., Kezar, W., Entrikin, N., Loney, K. A., Riley, R. E., ... & Hunt, C. (1995). Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing corn hybrids harvested at three stages of maturity. *The Professional Animal Scientist*, 11(3), 157-165.