
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE FRANCISCO I. MADERO



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
DESARROLLO
AGROTECNOLÓGICO SUSTENTABLE**



**PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN
DIFERENTE DENSIDAD DE SIEMBRA**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN DESARROLLO
AGROTECNOLÓGICO SUSTENTABLE**

PRESENTA:

ING. VIOLETA JAZMÍN OSORIO SANTIAGO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALEJANDRO RODRÍGUEZ ORTEGA

CO-DIRECTOR

DR. JAVIER GRACIANO AGUADO RODRÍGUEZ

TEPATEPEC, FRANCISCO I. MADERO, HGO., 8 DE ABRIL DE 2022



TEPATEPEC, FRANCISCO I. MADERO, HGO., 8 DE ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE FRANCISCO I. MADERO

Se aprueba el proyecto titulado: **Producción de materia verde de maíz (*Zea mays* L.) en diferente densidad de siembra.** Que presenta: **Violeta Jazmín Osorio Santiago.** Como requisito para la obtención del grado de Maestra en Ciencias en Desarrollo Agrotecnológico Sustentable.

COMITÉ EVALUADOR

Dr. Alejandro Rodríguez Ortega
Director de tesis



Dr. Javier Graciano Aguado Rodríguez
Asesor Interno

M. en C. Nellybeth Rodríguez Martínez
Asesor Interno

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo a:

A DIOS, por darme la oportunidad de vivir, por darme la energía y la fuerza suficiente para terminar este trabajo porque sin él nada podemos hacer.

Daniel 2:21 “Él muda los tiempos y las edades; quita reyes, y pone reyes; da la sabiduría a los sabios, y la ciencia a los entendidos”

A las grandes mujeres que la vida me ha dejado conocer y aprender de cada una de ellas que lo que nos proponemos en la vida se puede lograr con esmero y perseverancia, gracias mamá **† Andrea Gudelia**, a mi madre adorada **Julita, Yobana, Margarita** y a **Sofía A.** que con sus palabras sabias nos inspira en todo.

Al apoyo incondicional de **Adela** y **Claudia** que siempre han estado en todo momento.

A mis hijos **Alejandro** y **Miguel Ángel** que son mi razón de seguir, gracias por el apoyo y afecto, **Aylin** por ahora ser parte de la familia.

A mi esposo **Alejandro** el cual ha estado en todo momento para alentarme y no desistir ante los obstáculos de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero por darme la formación necesaria para realizar este grado así como el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

A los profesores del área de posgrado quienes me brindaron el apoyo académico para obtener los créditos correspondientes.

Al Dr. Alejandro Rodríguez por su apoyo incondicional para la realización de esta investigación.

Al Dr. Javier Aguado por sus conocimientos en el área de estadística y por el apoyo para la realización de esta investigación.

A la Maestra Nellybeth Rodríguez por siempre estar ahí apoyándome para la realización de esta investigación y por su invaluable amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ACRÓNIMOS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13

CAPÍTULO I

1.0 ANTECEDENTES

2.0 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de maíz.....	15
2.2 Centro de origen.....	17
2.3. Clasificación taxonómica.....	19
2.4. Descripción botánica.....	19
2.5. Necesidades edáficas.....	20
2.6 Necesidades climáticas.	21
2.7. Necesidades nutricionales.....	22
2.8 Producción de maíz pata forraje.....	22

2.9 Importancia y calidad del forraje de maíz.....	24
3 Comportamiento de la producción mundial de maíz.....	25
3.1 Comportamiento de la superficie nacional de siembra de maíz.....	28
3.2 Comportamiento de la producción nacional de maíz.....	28
3.3 Rendimiento de maíz en México.....	29
3.4 Superficie sembrada de maíz en el estado de Hidalgo.....	30
3.5 Producción de maíz en el estado de Hidalgo.....	31
3.6 Rendimiento de maíz en el estado de Hidalgo.....	32

CAPÍTULO II

2. JUSTIFICACIÓN.....	34
-----------------------	----

CAPÍTULO III

3. HIPÓTESIS.....	36
-------------------	----

CAPÍTULO IV

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general.....	38
4.2 Objetivos específicos.....	38

CAPÍTULO V

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Características del sitio experimental.....	40
5.2 Material para el establecimiento de la siembra.....	40

5.3 Tratamientos utilizados o densidades de siembra.....	41
5.4 Labores culturales.....	42
5.5 Control de malezas, plagas y enfermedades.....	45
5.6 Manejo nutricional del cultivo.....	47
5.7 Técnica de muestreo.....	48
5.8 Variables para cuantificar.....	50
CAPÍTULO VI	
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
7. CONCLUSION.....	58
8. LITERATURA CITADA.....	59
9. ANEXOS.....	67
9.1 Análisis de datos en el programa SAS.....	67
9.2 Análisis de datos de altura (cm) de planta a los 30 días de siembra.....	70
9.3 Análisis de datos de altura (cm) de planta a los 60 días de siembra.....	72
9.4 Análisis de datos de altura (cm) final de planta de maíz a los 76 días de siembra (6 de julio de 2021).....	74
9.5 Análisis de datos del diámetro (cm) de tallo en el cuello o nudo vital de la planta de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).....	76
9.6 Análisis de datos del peso fresco de planta (g) de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).....	78
9.7 Análisis de datos (ajustados 23 de julio de 2021) del peso fresco de planta (g) de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Producción de grano de maíz en algunos países de mayor importancia en Europa, Asia, África y Oceanía (SIAP, 2020).....	26
Tabla 2.	Producción de grano de maíz en países de mayor producción en América Latina (SIAP, 2020).....	27
Tabla 3.	Densidades de siembra utilizadas en la investigación.....	41
Tabla 4.	Productos aplicados para el control de malezas.....	46
Tabla 5.	Productos aplicados en la nutrición y control de insectos.....	47
Tabla 6.	Altura de planta a los 30, 60 y 76 días después de la siembra, diámetro de tallo, materia verde o peso de planta verde y rendimiento de materia verde DK-4018 sembrado a distintas densidades de siembra, en el ciclo primavera-verano en Tepatepec, Hidalgo.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Superficie sembrada de maíz en México (SIAP, 2010).....	28
Gráfica 2.	Producción nacional de maíz en México (SIAP, 2020).....	29
Gráfica 3.	Comportamiento del rendimiento de maíz en México (SIAP, 2020).....	30
Gráfica 4.	Superficie sembrada de maíz en los distritos de desarrollo rural en Hidalgo (SIAP, 2020).....	31
Gráfica 5.	Producción de maíz por distrito de desarrollo rural en el estado de Hidalgo (SIAP, 2020).....	31
Gráfica 6.	Rendimiento de maíz en los distritos de desarrollo rural en el estado de Hidalgo (SIAP, 2020).....	32
Gráfica 7.	Rendimiento estimado en toneladas por hectárea de materia verde en el cultivo de maíz DK-4018, en tres densidades de siembra, T1=112,500, T2=120,000 y T3=136,000 plantas por hectárea respectivamente	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la plataforma experimental de la UPFIM.....	40
Figura 2	Materiales utilizados al momento de la siembra a) Semilla de maíz DK-4018. b) Fertilizante.....	41
Figura 3	Distribución de los tratamientos para las tres densidades de siembra.....	42
Figura 4.	Tipos de sembradoras utilizadas.....	45
Figura 5.	Productos aplicados para el control de malezas.....	46
Figura 6.	Productos aplicados para la nutrición y control de insectos.....	48
Figura 7.	Arreglo espacial de los puntos de muestreo en la técnica cinco de oros.....	49
Figura 8.	Área de 4m ² en punto de medición para las variables.....	49
Figura 9.	Cultivo de maíz evaluado a diferentes densidades de siembra...	53

ACRÓNIMOS

DDS: días después de la siembra

DK: Dekalb

cm: centímetro

g: gramo

ha: hectárea

kg: kilogramo

m: metro

ml: milímetro

t: tonelada

Trat: Tratamiento

SAS: Statistical Analysis System

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de materia verde de maíz en diferentes densidades de siembra, en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. En el ciclo primavera-verano de 2021, se sembró el híbrido de maíz DK-4018. Los tratamientos (T) fueron distintas densidades de siembra, (T1) 112 500, (T2) 120 000 y (T3) 136 000 plantas por hectárea. El diseño experimental fue completamente al azar, las variables fueron altura de planta a los 30, 60 y 76 días después de la siembra (cm), diámetro final de tallo a nivel del suelo (cm), peso de planta verde (g) y rendimiento de materia fresca ($t\ ha^{-1}$). Los resultados se analizaron con el programa SAS (2001) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P<0.05$). La mejor densidad de siembra de maíz para la producción de materia verde con el híbrido DK-4018; se obtuvo con 136 000 plantas por hectárea y un rendimiento estimado de 114.6 toneladas. Se concluye que, con una densidad poblacional de 136 000 plantas de maíz por hectárea, se estima un rendimiento de 114.6 toneladas de materia verde de maíz DK-4018.

Palabras clave: Producción, peso fresco, altura de planta, Valle del Mezquital.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the green matter production of corn at different planting densities, in the Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico. In the spring-summer cycle of 2021, the corn hybrid DK-4018 was sown. The treatments (T) were different planting densities, (T1) 112,500, (T2) 120,000 and (T3) 136,000 plants per hectare. The experimental design was completely random, the variables were plant height at 30, 60 and 76 days after sowing (cm), final stem diameter at ground level (cm), green plant weight (cm) and material yield. fresh (t ha⁻¹). The results were analyzed with the SAS program (2001) and the comparison of means with the Tukey test (P<0.05). The best maize sowing density for the production of green matter with the DK-4018 hybrid was obtained with 136,000 plants per hectare and an estimated yield of 114.6 ton. It is concluded that, with a population density of 136,000 corn plants per hectare, a yield of 114.6 ton of DK-4018 corn green matter is estimated.

Keywords: production, fresh weight, plant height, Valle del Mezquital.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) originario de México y Centroamérica, es después del trigo y el arroz, el cultivo más importante en varias partes del mundo y tiene la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas y suelo. Se utiliza para consumo humano principalmente y en la alimentación animal como grano o forraje fresco por su alto contenido de biomasa aérea de 35 a 95 toneladas por hectárea (Sánchez *et al.*, 2013). En las cuencas lecheras de México el forraje de maíz se utiliza principalmente en la alimentación del ganado lechero (Zaragoza *et al.*, 2019). Es uno de los cultivos más importantes en el mundo por superficie sembrada cada año, en promedio 8.5 millones de hectáreas para grano, 25 % de ellas con semilla mejorada, y el 75 % con semillas nativas (Tadeo *et al.*, 2016). En países industrializados sus usos son principalmente para la producción de alimentos procesados y, recientemente, para la producción de etanol. Su rendimiento y calidad dependen de la fertilidad del suelo, manejo del cultivo y su genética, es considerado un excelente alimento para rumiantes por su alto contenido energético y contenido de proteínas (Santiago *et al.*, 2018). En la actualidad esta gramínea es la planta cultivada con mayor diversidad de usos, aplicaciones, formas y condiciones de producción. Los productores consideran que la planta de maíz es un excelente forraje en fresco o en seco. La densidad de plantas para producir forraje es mayor en los maíces forrajeros que en aquellos destinados a producción de grano. De esta forma se han recomendado densidades de siembra de 30 000 a 90 000 plantas ha⁻¹, en función de la región, del riego, genotipo y nivel de fertilización, aunque en otros ensayos se ha obtenido una mayor cantidad de biomasa utilizando de 73 000 hasta 80 000 plantas ha⁻¹ (Vázquez *et al.*, 2013; Sánchez *et al.*, 2019).

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANTECEDENTES

El forraje de maíz es la principal fuente de alimentación del ganado en el centro del país, lo anterior ha conducido a implementar programas para la elección de variedades de maíz con mayor valor nutritivo. El incremento en la demanda de forraje y la baja disponibilidad de terreno para su cultivo ha requerido la búsqueda de nuevas variedades de maíces híbridos, debido a la necesidad de maíces de mayor potencial productivo se siguen evaluando híbridos de maíz amarillo que se adapten a valles altos bajo condiciones de humedad residual, así como a siembras que se establecen con riesgo de auxilio y después con la ayuda de secado o bien a lluvias de buen temporal. Estos híbridos se requieren que sean de ciclos intermedios o tardío y que representen rendimientos superiores a la media. En los valles altos se utiliza una gran cantidad de variedades de híbridos de maíz para ensilar, sin embargo, estas variedades fueron generadas para producir grano, posteriormente son evaluadas para verificar con base en su potencial si es factible utilizarse con fines de ensilado. El maíz es el cereal más cultivado en el mundo y un 98 % se emplea para la alimentación animal y humana, mientras que el 2% restante tiene aplicación industrial (Robles *et al.*, 2017).

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

El maíz, cuyo nombre científico es *Zea mays L.* es una planta americana la cual procede de una mutación genética del teocintle (*Zea mays spp mexicana*), como lo señala Delgado (2017), el maíz es una gramínea silvestre que permite hacer cruzamientos fácilmente entre variedades. Acosta (2009), afirma que el maíz (*Zea mays L.*) es uno de los granos que se usan para la alimentación desde hace mucho tiempo, el cual surgió aproximadamente en los años 8000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala).

2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ

Castillo *et al.* (2009), nos indica que el constante crecimiento de la población mundial demanda la implementación de sistemas agropecuarios productivos y eficientes para satisfacer las demandas del mercado, así como las normativas internacionales de comercio. Sin embargo, esto implica mantener los suministros de alimento durante todo el año. La investigación dirigida a la conservación de forrajes es de suma importancia ya que se debe

garantizar la demanda de alimento, así que el ensilaje permite la siembra de diversos cultivos y con ello optimizar el uso de los recursos forrajeros producidos.

Así mismo nos mencionan que el maíz es el cultivo más empleado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina como ensilaje, ya que presenta un alto rendimiento de biomasa área que va de 35 a 95 t/ha y un alto contenido de carbohidratos los cuales favorecen el proceso de fermentación.

En algunos estados del país hay producción elevada de maíz, sin embargo, existen bajos rendimientos. Lo cual se debe principalmente al uso de semillas criollas, que pese a estar adaptadas a las condiciones ambientales no tan favorables, presentan un bajo potencial productivo con lo cual son más susceptibles a padecer enfermedades reduciendo la calidad del cultivo y la productividad.

De acuerdo a esto el utilizar semillas mejoradas de maíz nos va a permitir tener una mejora tecnológica y con esto aumentara el rendimiento, así como la rentabilidad. Sin embargo, el establecimiento de semilla mejorada para todo tipo de productores se complica ya que los precios son elevados, la promoción es poca y falta asistencia técnica. En base a esto, se requiere que los productores adopten tecnologías que se requieren para el establecimiento de las semillas (Sánchez *et. al.* 2017)

Desde el punto de vista alimentario, político, económico, y social, el maíz es el cultivo más importante del país ya que el consumo per cápita en México es 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América. Este cereal cubre poco más de la mitad de la superficie agrícola sembrada, aproximadamente 7.5 millones de hectáreas principalmente en las zonas sub-húmeda. De la cual el 80% se siembra en temporal y son los pequeños productores quienes lo hacen para autoconsumo. El 20% restante son maíces mejorados (híbridos) y estos son los que cubren las necesidades de la agroindustria en México las cuales se producen bajo sistemas de riego (Fernández *et. al.*, 2013).

Como lo señala Vásconez *et al* (2021), es imprescindible reconocer la importancia de la producción agrícola para que la humanidad se desarrolle al igual que en el uso de los recursos

naturales con la finalidad de implementar la utilización de productos alternativos, su estudio, así como planeación, en aras de obtener una producción óptima, eficiente y sustentable.

2.2 CENTRO DE ORIGEN

Como nos indica Boege (2009), México es un país mega biodiverso, multicultural y centro de origen de la domesticación, así como de la diversificación genética de 15.4% de las especies que componen el sistema alimentario mundial, lo cual puede ser por el sistema agrícola tradicional en donde todavía se cultiva germoplasma autóctono en pueblos y comunidades indígenas.

Así mismo nos indica que centro de origen se la llama a aquellas regiones del planeta donde se desarrolló la domesticación de plantas silvestres las cuales conforman los sistemas alimentarios.

Los criterios para definir los centros de origen y diversificación genética del maíz, son:

1. Áreas con historia agrícola.
2. Características geográficas delimitadas por barreras naturales, así como concentración de variedades.
3. Diversidad de seres vivos en los diferentes ecosistemas.
4. Presencia de agricultores nativos, los cuales han cultivado, transformado, domesticado, diversificado y dispersado las especies ya que con esto resguardan sus necesidades culturales.
5. Condiciones socioculturales.
6. Diversificación en los procesos evolutivos.
7. Diversificación en los centros de origen.
8. Existencia de progenitor de híbrido de alta calidad.
9. La selección y adaptación de las plantas al medio ambiente, así como las preferencias culturales.
10. Conservación de líneas genéticas originales, con centros de domesticación, evolución y diversificación genética que incluye un proceso de dispersión y adaptación continúa.
11. Asociaciones de maíz con algunos pueblos indígenas.

12. Adaptación del germoplasma nativo a las prácticas agrícolas difíciles o estrés ambiental.
13. La domesticación y diversificación se desarrolla principalmente en la milpa, bosques y selvas secundarias, así como en los huertos familiares.
14. Deben tener reconocimiento y denominación de origen ya que conservan y protegen el conocimiento tradicional de propiedad intelectual.

Las muchas variedades nativas o criollas de maíz en México se siguen sembrando por razones culturales, sociales, técnicas y económicas y en su mayoría se realiza en agricultura de temporal.

Serratos (2009), menciona que Nikolai Vavilov genetista y estudioso de las plantas cultivadas del siglo XX, es quien consolidó el concepto de centro de origen. Así mismo nos indica que se ha define al “centro de origen” de plantas cultivadas a la zona geográfica en donde se localiza la diversidad de un cultivo en el que coexisten sus parientes silvestres. Vavilov toma en cuenta diferentes aspectos para definir los centros de origen de los cultivos agrícolas.

1. El área geográfica donde se siguen cultivando.
2. Que existan en grandes extensiones de territorio.
3. Que se encuentren en regiones montañosas.

Según observaciones el origen del maíz está en el centro sur de México hasta la mitad del territorio de Centroamérica. Así el pariente más cercano del maíz es el teocintle, el cual se describe desde tiempos de la Colonia en México. Teocintle es una versión invertida de la palabra cinteotl que entre los mexicas era el templo en donde se hacía culto a la diosa del maíz Xilonen.

Nos menciona otros estudios sobre el origen del maíz realizados por Harshberger en 1893, en donde decía que el maíz es un producto de la hibridación con algún pasto ya extinto. De acuerdo a la investigación realizada desde tiempo atrás se puede concluir que el origen del maíz ha es un desafío científico.

Un factor para la supervivencia de la cultura y la diversidad del maíz fue la cultura indígena campesina en las comunidades de los pueblos originarios ya que constituyó el soporte de la resistencia indígena durante más de 500 años, incluso son los guardianes de la riqueza

genética del maíz a pesar de la amenaza por factores económicos lo cuales obligan a desplazarse de sus territorios en busca de mejores condiciones de vida.

2.3 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA

El maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones. Perteneciente a la familia de las Poáceas, de la tribu Maydeas. Cabe señalar que *Zea mays* es la que se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (Sánchez 2014).

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledonea

Orden: Graminales

Familia: Graminae

Género: *Zea*

Especie: *mays*

2.4 DESCRIPCIÓN BOTANICA

Yescas (2005), nos señala que el maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo, que se puede describir como un sistema metabólico cuyo producto final es fundamentalmente almidón, depositado en órganos especializados, que son los granos. El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas. En la primera fase vegetativa, se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales, esta fase vegetativa consta de dos ciclos. En el primero se forman las primeras hojas y el desarrollo es ascendente; la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción. En el segundo ciclo se desarrollan las hojas, órganos de reproducción; y termina con la emisión de estigmas. La segunda fase, llamada fase de reproducción, inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos.

La etapa inicial de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de hojas y otras partes de la flor, durante la segunda etapa, el peso de granos aumenta con rapidez, alcanzando su

madurez fisiológica cuando el grano termina su completo desarrollo; es decir, cuando el grano pierde humedad, ya no crece e incluso se puede caer de la planta o desgranarse; al cosecharlo, el grano germina, debido a que la semilla tiene completamente formadas todas sus estructuras.

Existe una relación fuerte entre la productividad y duración del área verde de la planta, ya que esta produce materia seca a través de la fotosíntesis y la captura de radiación por las hojas verdes. Además, las hojas son la parte más importante del aparato fotosintético de la planta Yescas (2005).

Como nos indica Elizondo (2015), el maíz pertenece a la familia Poaceae, es un cultivo anual, con un ciclo vegetativo de 120 a 150 días para la producción de grano, esto va a depender de la altitud. Se cultiva en una gran variedad de climas y es un cereal básico para la alimentación humana, constituyéndose en la base alimenticia de muchas culturas. Este se cultiva con frecuencia para producir forraje verde, ya que es muy palatable y de gran valor nutritivo para los animales. Suele cosecharse cuando el grano se encuentra en estado lechoso-pastoso y las hojas están todavía verdes, obteniéndose únicamente una cosecha en cada siembra.

Así mismo nos indica que 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. Incluso los rendimientos que se puedan obtener varían según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra entre otros factores Así un buen cultivo de maíz forrajero puede producir entre 60 y 80 toneladas de forraje fresco por hectárea.

2.5 NECESIDADES EDAFICAS

El suelo es importante por su textura, estructura, contenido de elementos orgánicos e inorgánicos como fuente de nutrientes, humedad, aireación, temperatura, flora microbiana, conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico. Estos factores están relacionados con la capacidad del suelo para proveer a las plantas las condiciones necesarias para crecer, producir la calidad y cantidad de forraje esperada Yescas (2005).

2.6 NECESIDADES CLIMATICAS

Yescas (2005), menciona que los principales factores que afectan el rendimiento y calidad del maíz son temperatura, radiación, viento, fotoperiodo y precipitación.

Nos indica que el cultivo de maíz presenta problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9 °C durante el día y de 12.8 °C durante la noche. Si el maíz sufre temperaturas bajas durante la formación del grano, la actividad fotosintética disminuye rápidamente y el rendimiento de la planta disminuye de un 25 a un 27 % en su contenido de materia seca, lo que afecta la calidad del ensilado. Las altas temperaturas después del desarrollo, incrementan la producción de materia seca y tienden a reducir la digestibilidad de la parte vegetativa de la planta (planta sin mazorca) a causa del incremento del contenido de las paredes celulares. Asimismo, las heladas tienden a lixiviar el contenido celular por la ruptura de la célula reduciendo la solubilidad de carbohidratos y nitrógeno.

Con respecto a la radiación solar y la humedad relativa nos menciona que tienen un efecto en la actividad metabólica de las plantas influyendo en la concentración de azúcares libres y en los contenidos de los componentes de la pared celular. La alta intensidad de luz reduce la producción de materia seca, particularmente la fracción de grano, pero tiende también a promover el incremento del valor nutritivo del rastrojo de maíz por reducción de la concentración de los constituyentes totales de la pared celular. También nos menciona que la velocidad del viento afecta el comportamiento de los forrajes, a mayor viento más evaporación aumentando el requerimiento de agua por las plantas, especialmente si esto ocurre durante la polinización y llenado de grano.

El fotoperiodo influye notablemente, ya que el maíz se considera una planta de requerimientos bajos, aunque algunos autores lo consideran una planta insensible al mismo debido a que se adapta a regiones neutras, cortos o largos. La variación estacional de luz afecta la calidad del forraje. El forraje cosechado en primavera, así como al final del verano o en el otoño, tiene mayor contenido de hojas y proteína, que el producido en verano, considerando que todos tienen el mismo estado de madurez. Una disminución de 30 a 40 %

En la intensidad de la luz produce un retraso en la madurez de cinco a seis días. Las variedades tardías son más sensibles a la falta de luz.

En cuanto a la precipitación, los climas lluviosos, cálidos y húmedos favorecen la lignificación de la planta y reducen la digestibilidad. La precipitación puede disminuir considerablemente la calidad del forraje al romper y destruir las hojas (una vez cortado), lixiviar los nutrientes y prolongar la respiración Yescas (2005).

2.7 NECESIDADES NUTRICIONALES

Núñez *et al.* (2010), nos mencionan que las variaciones nutricionales en el forraje de maíz se deben en parte a las diferencias que presentan los diferentes híbridos en porcentaje de mazorca, ya que es una de las características más importantes que determinan el valor energético de los ensilados. Así mismo Orozco *et al.*, (2016), señala que para evaluar el desarrollo del cultivo de maíz se debe analizar el crecimiento de la planta en todas sus etapas fenológica. Zaragoza *et al.*, (2019), nos indica que el valor nutritivo del ensilado de maíz depende del híbrido que se siembre, de la densidad utilizada, de las condiciones de crecimiento, del grado de madurez y humedad al momento de la cosecha, así como de las condiciones en que se dé el ensilaje. Así mismo nos señala que si queremos obtener en ensilado de alto valor nutritivo y alta producción de materia seca, es necesario seleccionar el híbrido o variedad a sembrar.

2.8 PRODUCCIÓN DE MAÍZ PARA FORRAJE

Como señala Martínez y Leyva (2014), la familia de las gramíneas es probablemente la que mayor importancia tiene para la economía humana. Alrededor del 70% de la superficie cultivable del mundo se encuentra sembrada con gramíneas y el 50% de las calorías consumidas por la humanidad proviene de las numerosas especies de gramíneas que son utilizadas directamente en la alimentación, o bien, indirectamente como forrajes para los animales domésticos.

Así mismo Sánchez *et. al.*, (2011), indican que el maíz es uno de los cereales más utilizados para consumo humano y animal, es el tercer cultivo más importante en el mundo en términos de recepción de ingresos, sembrándose 129 millones de hectáreas, en donde se obtiene un rendimiento de grano de 6.7 t/ha en países desarrollados y 2.4 t/ha en países en desarrollo. Así mismo mencionan que 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 de materia verde. También nos mencionan que si se siembra con alta densidad de población de plantas por hectárea esto se va a reflejar en un mejor uso del terreno y con esto el productor va a obtener mejor rendimiento del cultivo por unidad de superficie. Es por ello que se recomienda el uso de semilla híbrida de doble propósito, que sea para grano y forraje. Con una densidad de siembra según el objetivo que tenga el productor ya que puede ser para grano, forraje o ambos. Recomiendan que una densidad óptima para maíz forrajero de 98,000 plantas por hectárea, sin embargo, la densidad óptima en maíz depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico que se le dé al cultivo.

Amador & Boschini (2000) afirman que existen escasos datos estadísticos precisos sobre el área destinada a la producción de maíz forrajero, especialmente al destinado para la alimentación del ganado. El uso en el ganado bovino es en maíz en grano, forraje verde así como ensilado de maíz. Así mismo mencionan que el maíz para forraje contiene un alto rendimiento de biomasa por unidad de área que va desde 40 a 95 t/ha la cual se consigue en un corto tiempo así mismo el valor nutritivo es bueno e incluso excelente esto va a depender de la etapa de crecimiento en que se encuentre el cultivo al momento de la cosecha.

Elizondo & Boschini (2002), afirman que la producción de maíz para forraje presenta características deseables de palatabilidad por lo que hay un alto consumo del ganado. Afirman que es un cultivo muy bueno para ensilar por presentar un alto valor nutritivo, alto contenido en azúcares y un alto rendimiento por unidad de área, el cual se puede alterar según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra principalmente. Así mismo nos dicen que las variedades con mayores rendimientos son las de porte alto. Y que las variedades híbridas producen menos cantidad de forraje por unidad de área ya que son de porte pequeño.

Como nos indica Olague *et al* (2006), las altas densidades de población en cultivos de 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.

El maíz se cultiva en la mayoría de los casos para la producción de forraje verde ya que es palatable y presenta un alto valor nutritivo, para hacer un ensilado suele cosecharse cuando el grano se encuentra en estado lechoso pastoso y las hojas aún están verdes. Todas las variedades se pueden cultivar para forraje, aunque las que presentan un mayor rendimiento son aquellas variedades de porte alto, el rendimiento que presenta un cultivo de maíz forrajero es entre 60 y 80 toneladas de forraje fresco por hectárea, así lo señalan Elizondo & Boschini (2001). Así mismo señalan que para obtener mayor rendimiento en calidad y cantidad resulta 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.

2.9 IMPORTANCIA Y CALIDAD DEL FORRAJE DE MAÍZ

Cueto *et al*, (2006), nos indican que el desarrollo de tecnología para incrementar el rendimiento unitario y la calidad del forraje de maíz permitiría incrementar la proporción de ensilaje de maíz de calidad en las raciones de ganado y con ello reducir los costos de producción de leche. Debido a que existen dos factores determinantes del rendimiento y calidad del maíz forrajero como son la densidad de población y la dosis de fertilización nitrogenada. Así que es posible incrementar el rendimiento de materia seca y grano por hectárea con el aumento en la densidad de plantas y uso de genotipos con tolerancia a altas densidades.

Elizondo y Boschini (2001), afirman que el maíz puede cultivarse en los diferentes genotipos para forraje, pero los de mayor rendimiento son aquellas variedades de porte alto, replicando que los híbridos por su porte pequeño, generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área. El empleo de maíz en la alimentación animal tiene una gran versatilidad, ya

que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano Yescas (2005).

Robledo (2017), nos menciona que el maíz, es un cultivo de suma importancia en México, tanto para la alimentación humana como para la animal, aunque en este caso, se utiliza tanto como forraje verde ensilado o como rastrojo (el cual tiene un bajo valor nutritivo), así mismo se usa en la obtención de productos industriales, sin embargo en la zona tropical su utilización es baja con relación al potencial de impacto para la intensificación de los sistemas de producción bovina; se considera como la principal fuente de energía para el ganado; se produce a menor costo porque se puede cosechar rápido. Así mismo nos indica que el ensilaje de maíz permite la alimentación del ganado todos los días durante todo el año, se utiliza comúnmente como una fuente primaria de energía, es fácil producir y almacenar, y está muy bien aceptado por los rumiantes.

3. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MAÍZ

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) para el 2020 reporta que la producción mundial de maíz en países de Europa, Asia, África y Oceanía se concentra principalmente en China y la Unión Europea con 254,000,000 y 64,200,000 toneladas métricas, respectivamente (Tabla 1) (SIAP, 2020).

Tabla 1. Producción de grano de maíz en algunos países de mayor importancia en Europa, Asia, África y Oceanía (SIAP, 2020).

País	Producción (toneladas métricas)
China	254,000,000
Unión Europea	64,200,000
Sudáfrica	14,000,000
Tanzania	5,500,000
Nepal	2,550,000
Mali	2,400,000
Birmania	2,350,000
Laos	1,600,000
Australia	430,000
Ruanda	400,000
Uzbekistan	400,000

En el mismo reporte se presentan los datos referentes a la producción de maíz en el continente americano, donde los Estados Unidos son los que tienen los mayores rendimientos, seguido de Brasil con 347,488,000 y 101,000,000 toneladas métricas, respectivamente (Tabla 2). Los países que siguen en producción son Argentina y México con 50, 000,000 y 27, 000,000 de toneladas métricas, respectivamente.

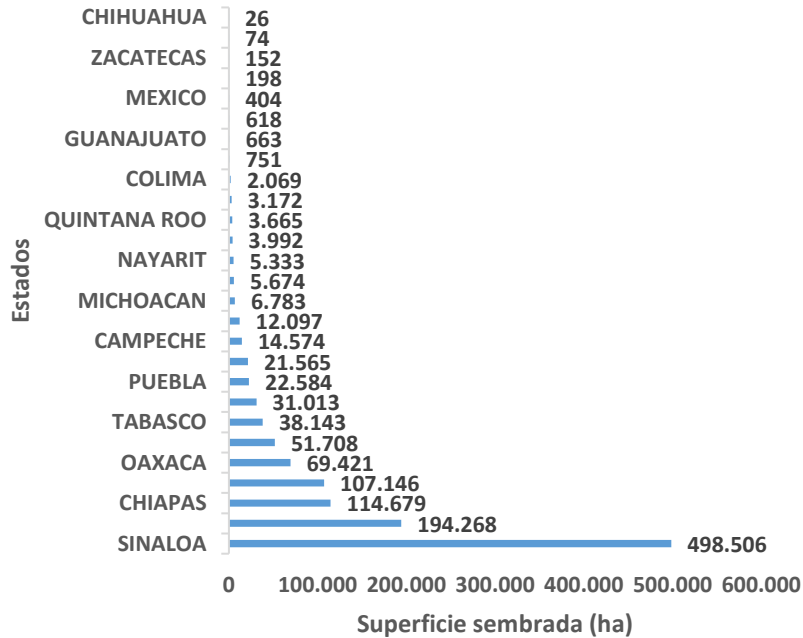
Tabla 2. Producción de grano de maíz en países de mayor producción en América Latina (SIAP, 2020).

País	Producción (toneladas métricas)
Estados Unidos	347,488,000
Brasil	101,000,000
Argentina	50,000,000
México	27,000,000
Canadá	14,000,000
Paraguay	4,400,000
Perú	1,900,000
Guatemala	1,680,000
Colombia	1,600,000
Chile	1,060,000
Ecuador	1,040,000
El Salvador	830,000
Bolivia	625,000
Uruguay	560,000
Honduras	520,000
Venezuela	500,000
Nicaragua	430,000
Cuba	390,000

Es de gran importancia comercial indicar que la producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t/ha. Los Estados Unidos y China juntos tienen el 58% de la producción de maíz en el mundo. Y los tres países más importantes en exportación de este grano son Estados Unidos, Argentina y Brasil con un promedio de 70 millones de toneladas (SIAP, 2020).

3.1 COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE NACIONAL DE SIEMBRA DE MAÍZ.

Son cuatro los estados de México que tienen la mayor superficie cultivable de maíz; Sinaloa, Veracruz, Chiapas y Tamaulipas con 498,506, 194,268, 114, 679 y 107,146 hectáreas, respectivamente (Gráfica 1).



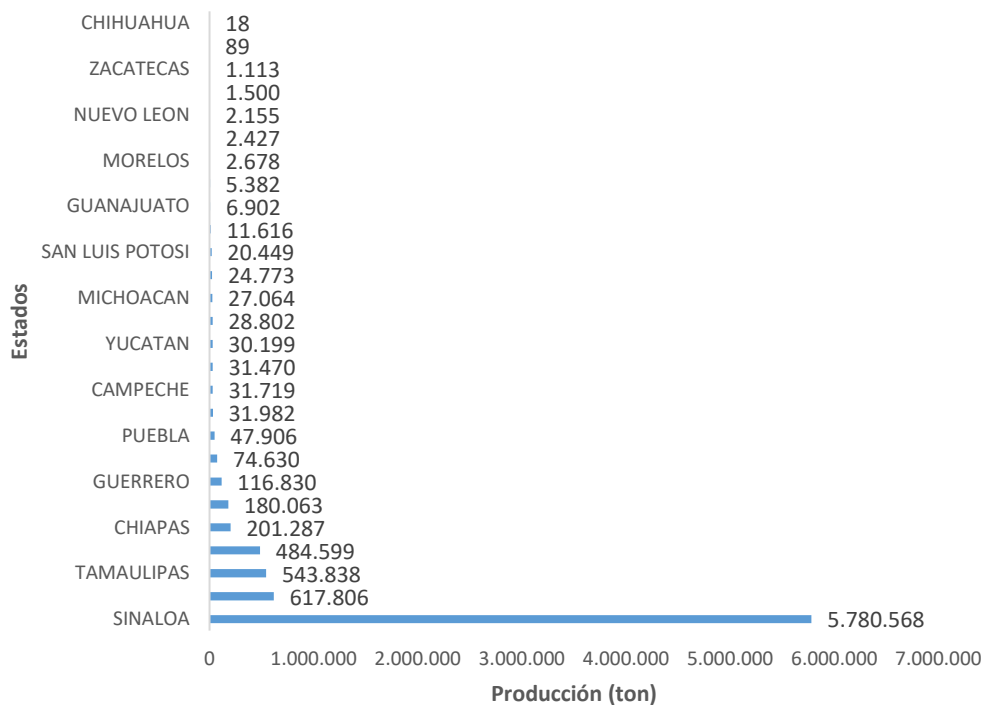
Gráfica 1. Superficie sembrada de maíz en México (SIAP, 2020).

3.2 COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE MAÍZ.

El Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP, 2017) en su boletín informativo reporta que en los últimos cinco años comerciales la producción de maíz blanco en México ha resultado muy aceptable; con cifras disponibles a abril de 2017, se estima que en el ciclo oct 2016/sep2017 la producción sea de 24.1 millones de toneladas, 8.3% superior a lo obtenido en el periodo previo, lo que contribuirá a lograr una oferta total de 26.7 millones de toneladas que garantiza la demanda interna, incluido el consumo humano. En el mismo boletín del (SIAP, 2017) indica que la mayor producción del grano se obtiene durante el ciclo primavera-verano (PV), donde se cultiva 68.8% y el 31.2% en el ciclo otoño-invierno (OI).

Dentro de la producción nacional de grano de maíz en México está el maíz amarillo que se utiliza principalmente en la industria pecuaria. Para este rubro el (SIAP, 2017) en su boletín reporta que en producción de maíz amarillo México es deficitario, las importaciones llegan a superar hasta en cuatro veces a la producción nacional. Para satisfacer la demanda del ciclo comercial oct16/sep17, tanto pecuaria como industrial, se calculan importaciones por 12.6 millones de toneladas. Casi la totalidad del cereal (99%) se importa de Estados Unidos.

En la Figura 2, se presenta el comportamiento que tiene la producción de maíz en México, donde los cuatro estados más productores son Sinaloa con 5,780,568 toneladas, Sonora con 617,806 toneladas, Tamaulipas con 543,838 toneladas y Veracruz con 484,599 toneladas.



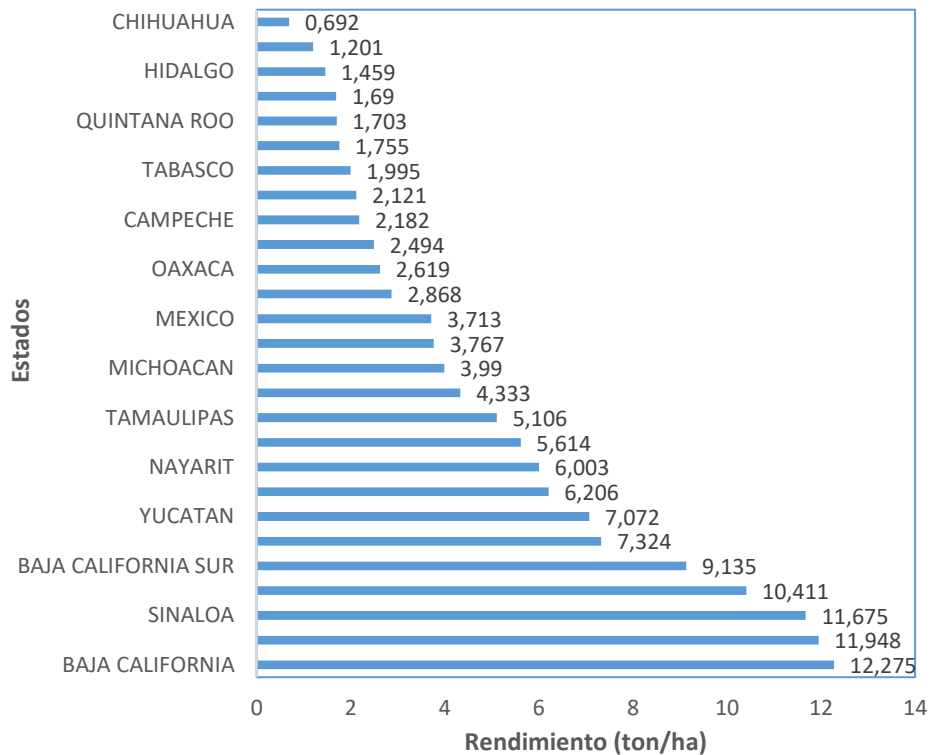
Gráfica 2. Producción nacional de maíz en México (SIAP, 2020).

3.3 RENDIMIENTO DE MAÍZ EN MÉXICO

Para los registros que refiere a rendimientos de maíz (toneladas por hectárea), se presenta un comportamiento interesante, ya que se tiene a Baja California Norte con el estado donde se obtienen los máximos rendimientos por superficie con 12.275 ton/ha, seguido de Sonora con

11.948 ton/ha, Sinaloa con 11.675 ton/ha y Guanajuato con 10.411 ton/ha (Gráfica 3). En estos registros ya no aparecen en primeros lugares los estados de Veracruz, Tamaulipas y Chiapas como lo es en superficies sembradas.

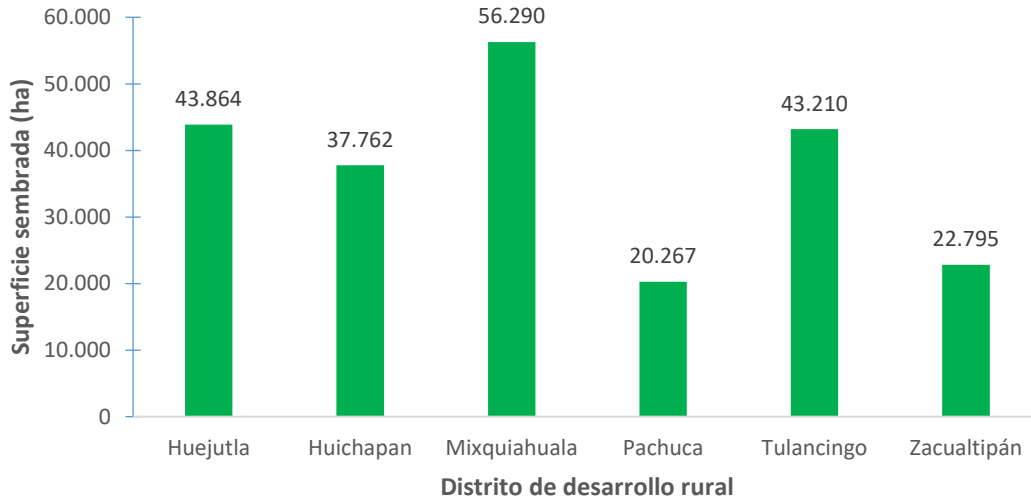
Estos cambios en la posición de los Estados en las figuras se entienden como un indicador importante del nivel tecnológico que se tiene en la producción de maíz (SIAP, 2020).



Gráfica 2. Comportamiento del rendimiento de maíz en México (SIAP, 2020).

3.4 SUPERFICIE SEMBRADA DE MAÍZ EN EL ESTADO DE HIDALGO.

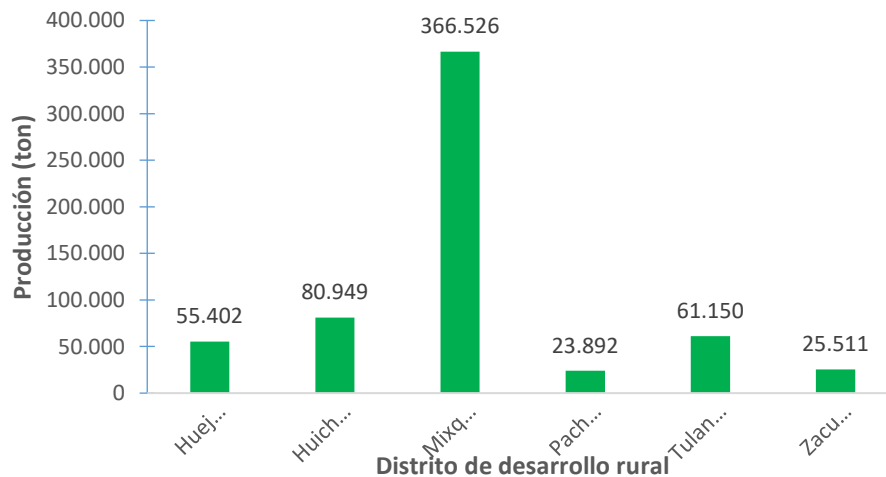
El estado de Hidalgo tiene una superficie sembrada de maíz de 208,824.1 hectáreas, donde se contempla áreas agrícolas con riego y temporal (SIAP, 2020). La Secretaría de Desarrollo Rural tiene dividido el territorio estatal en Distritos de Desarrollo, para el estado de Hidalgo son seis; Huejutla, Mixquiahuala, Pachuca, Zacualtipán, Huichapan y Tulancingo. En todos estos distritos de desarrollo se tienen áreas agrícolas para la producción de maíz. Los tres distritos donde la superficie agrícola para maíz es mayor, son: Mixquiahuala, Huejutla y Tulancingo con 56,290, 43,864 y 43,210 ha, respectivamente (Gráfica 4).



Gráfica 3. Superficie sembrada de maíz en los distritos de desarrollo rural en Hidalgo (SIAP, 2020).

3.5 PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL ESTADO DE HIDALGO.

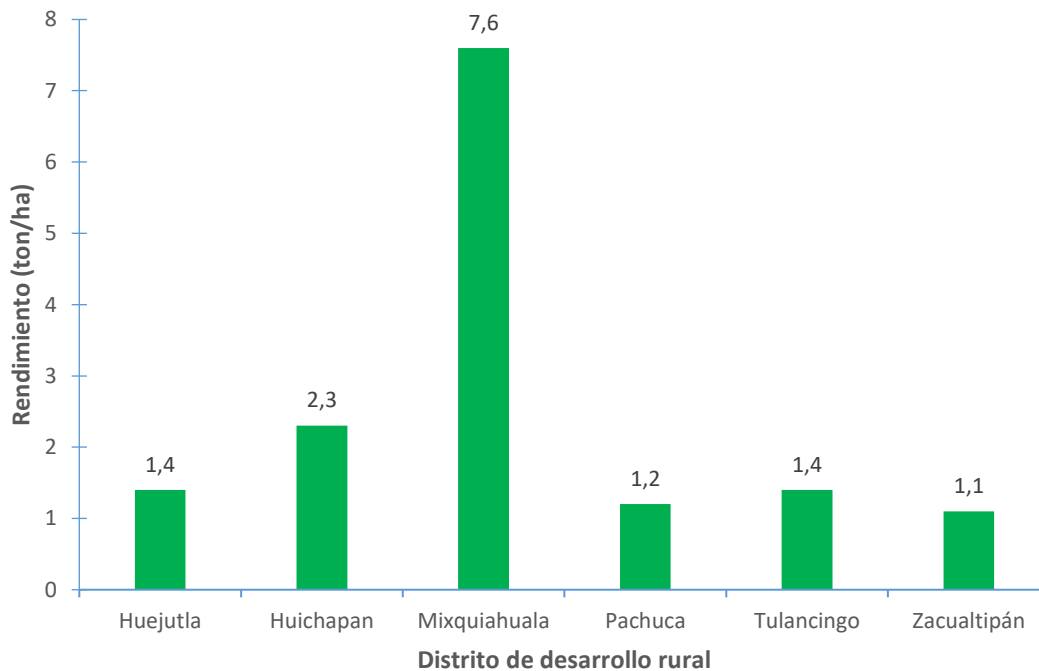
El estado se ubica en el noveno lugar en producción de maíz en México, con un promedio de 624,217.31 toneladas anuales. En la Gráfica 5, se presenta la producción anual por distrito de desarrollo, donde Mixquiahuala es el que más producción tiene con 366,526 toneladas.



Gráfica 4. Producción de maíz por distrito de desarrollo rural en el estado de Hidalgo (SIAP, 2020).

3.6 RENDIMIENTO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE HIDALGO

La superficie y la producción de maíz son importantes, pero desde el enfoque de productividad y rentabilidad de la actividad agrícola es de gran importancia el rendimiento por unidad de superficie (toneladas por hectárea). Para estos distritos de desarrollo en que está dividido el territorio estatal el distrito de Mixquiahuala es el que reporta los rendimientos más altos con 7.6 toneladas de grano de maíz por hectárea. El resto de los distritos van desde 1.1 a 2.3 toneladas por hectárea (Gráfica 6). Estas diferencias en rendimientos se justifican principalmente por el sistema de riego que tiene el distrito de Mixquiahuala en contraste con los demás que son de temporal, principalmente. También las diferencias se deben a que en el distrito de desarrollo de Mixquiahuala al tener acceso al agua de riego se utilizan semillas mejoradas de alta productividad que, apoyadas con fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades permiten los altos rendimientos de este cultivo (SIAP, 2020).



Gráfica 5. Rendimiento de maíz en los distritos de desarrollo rural en el estado de Hidalgo (SIAP, 2020).

CAPÍTULO II

JUSTIFICACIÓN

2. JUSTIFICACIÓN.

El cultivo de maíz tiene una gran variedad de usos, como cereal, grano, forraje y para uso industrial. Es uno de los productos más importantes en la alimentación por sus aportes calóricos y proteicos. Es usado como grano tierno y seco en la alimentación humana y como materia prima en productos industriales tales como forraje, ensilaje y harina. Los tallos, hojas y mazorca de maíz se utilizan para composición de concentrados en forraje o abono verde. También, es uno de los cultivos forrajeros suplementarios más exitoso entre los productores, por su alto contenido energético, por la buena concentración de nutrientes por unidad de superficie y por la época en que se confecciona el ensilaje la cual es distinta a otros forrajes voluminosos. Dentro del mercado nacional existen diversos híbridos de maíz forrajero para zonas edafoclimáticas específicas, por ello es necesario contar con la información oportuna de cada variedad para la mejor decisión en la producción de materia verde.

Este cereal es el más utilizados para consumo humano y animal, es el tercer cultivo más importante en el mundo en términos de recepción de ingresos, anualmente en México se establecen millones de hectáreas para grano y forraje, con un rendimiento promedio de 26,0 t/ha de materia verde. Si este cultivo se siembra con alta densidad de población de plantas por hectárea esto se va a reflejar en un mejor uso del terreno y con esto el productor va a obtener mejor rendimiento del cultivo por unidad de superficie. Es por ello que se recomienda el uso de semilla híbrida de doble propósito, que sea para grano y forraje con altas densidades de siembra de 98,000 plantas por hectárea, sin embargo, la densidad óptima en maíz depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico que se le dé al cultivo.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3. HIPÓTESIS

En esta investigación se tuvo como hipótesis que la siembra de maíz en surcos con doble hilera con densidades mayores a 100,000 plantas por hectárea presentará mayor rendimiento de materia verde que las sembradas en surco simple y densidades menores a 100,000 plantas por hectárea.

CAPÍTULO IV

OBJETIVOS

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General.

Evaluar la producción de materia verde de maíz en diferentes densidades de siembra, en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México.

4.2 Objetivos Específicos.

Evaluar la altura de planta, diámetro de tallo y peso de planta fresca en las diferentes densidades de siembra.

Calcular el rendimiento de forraje por hectárea en tres densidades de siembra.

CAPÍTULO V

MATERIALES Y MÉTODOS

5 MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL

El cultivo de maíz para el desarrollo de esta investigación fue en la plataforma experimental de la Universidad Politécnica Francisco I. Madero, ubicada en el Municipio de Francisco I Madero, en el Estado de Hidalgo. Geográficamente se encuentra ubicada en las coordenadas: 20°13'37.1" N y 99°05'22.9" W a una altitud de 2016 msnm (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la plataforma experimental de la UPFIM.

5.2 MATERIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA SIEMBRA.

La semilla que se utilizó para el establecimiento de la siembra fue el maíz híbrido DK-4018 y la dosis de fertilización utilizada fue 22N-08P-12K de acuerdo con lo recomendado por CIMMYT (2021) (Figura 2).



a) Semilla DK-4018



b) Fertilizante 22N-08P-12K aplicado al momento de la siembra.

Figura 2. Materiales utilizados al momento de la siembra. a). Semilla de maíz DK-4018, b) Fertilizante.

5.3 TRATAMIENTOS UTILIZADOS O DENSIDADES DE SIEMBRA.

Las densidades de siembra utilizadas fueron como se describe en el Cuadro 3.

Tabla 3. Densidades de siembra utilizadas en la investigación.

TRATAMIENTOS	SEMILLAS (plantas/hectárea)
T1	112,500
T2	120,000
T3	136,000

Los tratamientos que se utilizaron son en el T1 o testigo en donde se utilizó una densidad de siembra de 112,500 plantas /hectárea y siembra convencional, el T2 se utilizó una densidad de 120,000 plantas /hectárea y en el T3 se utilizó una densidad de 136,000 plantas /hectárea, en donde se sembraron en surco a doble hilera.

La distribución espacial y las medidas de la superficie donde se establecieron los tres tratamientos con las densidades de siembra establecidas, fue de 3250 m² cada una, como se muestra en la Figura 3.

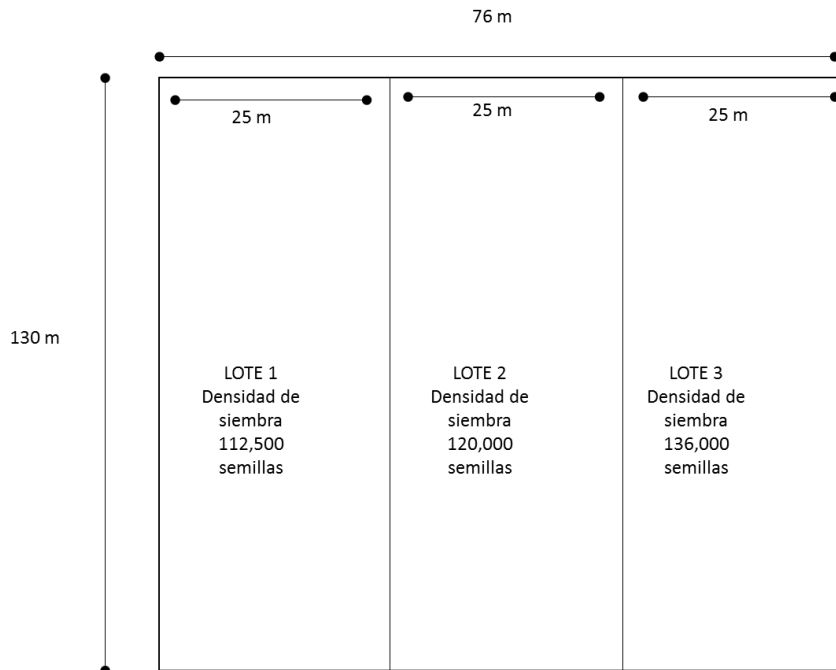


Figura 3. Distribución de los tratamientos para las tres densidades de siembra.

5.4 LABORES CULTURALES

Se realizó la preparación del terreno para un buen desarrollo del cultivo de maíz. Con apoyo de un tractor marca John Deere Modelo 6425, se utilizó un subsuelo de tres picos, arado, rastra, así como una sembradora de precisión de la marca John Deere Modelo 1035 para el establecimiento del testigo y una sembradora de labranza de conservación Marca Dobladense modelo Magnus Ol modelo OL-2x2N-AI para el tratamiento 2 y 3 en donde se hizo el establecimiento de maíz a doble hilera.

Cabe señalar que para los riegos se utilizó agua negra que se abastece del Distrito de desarrollo 03 Tula que se distribuye por el canal que conecta al terreno.

Subsuelo

Se realizó un subsuelo antes del remoje para la preparación del terreno y después se hizo un remoje para que se tuviera la humedad adecuada al momento de la siembra.

Con el implemento se afloja el piso del arado, con este implemento se rompe la dureza de la superficie del suelo, se permite la infiltración del agua de riego y favorece el desarrollo radicular.

Barbecho

La segunda labor que se realiza antes del remoje es el barbecho. El implemento para realizar esto, es el arado, en esta práctica se incorporan los residuos de cosecha del cultivo anterior al piso de arado.

Riego

Los riegos se hacen con agua negra que viene del canal, se hace un riego una semana antes de la siembra, este se hizo para mojar el suelo y obtener uniformidad de la humedad y favorecer la germinación de la semilla de manera uniforme, a esto se le llama remoje. Posteriormente se hicieron riegos para el desarrollo de la planta, estos riegos se hicieron a los 30 días y a los 40 días después de la siembra.

Rastra

La rastra se hace con el implemento que se llama rastra, esta práctica se hace para romper los terrones que aun quedaron en la superficie del suelo producto del subsuelo y barbecho. Así como pulverizar el suelo para dar condiciones físicas a la semilla y mantener la humedad del suelo. Se hace después del remoje, antes de la siembra.

Siembra

Se realiza una vez que el terreno está listo para que se deposite la semilla, se hace después de la rastra. La siembra se realizó en el ciclo P-V el día 21 de Abril del 2021.

Al momento de la siembra se calibraron las sembradoras para que se cumpliera la condición de la densidad haciendo el arreglo de engranaje que indica los manuales para cada uno de los equipos. Se depositó la semilla de maíz en las tolvas de la sembradora que corresponden al grano

Es importante indicar que, al momento del rodaje de los equipos de siembra por el suelo, el tractor se movía a una velocidad de 20 kilómetros por hora para garantizar un depósito de semilla uniforme en distancia y profundidad. Para esto se utilizó una sembradora de precisión, para la el tratamiento 1 o testigo, se utilizó sembradora de precisión de la marca John Deere Modelo 1035 tirada por un tractor John Deere Modelo 6425, la densidad fue de 112,500 semillas por hectárea, en esta sembradora depositó la semilla en surcos de una sola hilera de siembra de 0.75 metros entre uno y otro a una profundidad de 6 cm (Figura 4a).

Para el tratamiento 2. Se utilizó una densidad de siembra de 120,000 semillas por hectárea, se utilizó una sembradora de labranza de conservación Marca Doblense modelo Magnus OI modelo OL-2x2N-AI con arreglos mecánicos para depositar la semilla en el surco a doble hilera a una profundidad de 6 cm (Figura 4b), esta sembradora distribuyó la semilla en surcos de doble hilera con una distancia entre surcos de 0.89 metros y una distancia entre hileras de 0.26 metros.

Para el tratamiento 3, con una densidad de 136,000 semillas por hectárea, se utilizó la misma sembradora que en el tratamiento 2.

En el momento del rodaje de los equipos de siembra por el suelo, el tractor se movía a una velocidad de 20 kilómetros por hora para garantizar un depósito de semilla uniforme en distancia y profundidad.



a) Convencional



b) Doble hilera

Figura 4. Tipos de sembradoras utilizadas.

Escarda

Esta actividad se realizó 30 días posteriores a la germinación total de las semillas, con una cultivadora. Esta labor se hace con el propósito de eliminar parte de las malezas que estén presentes, dar cauce al agua de riego y soporte a las raíces de las plantas. Esta actividad, solamente se hizo en el tratamiento 1 o testigo donde se hizo la siembra convencional, ya que aquí es donde los surcos permiten el ingreso de la maquinaria.

5.5 CONTROL DE MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Control de malezas

Se aplicaron herbicidas el día 24 de mayo, 32 días después de la siembra, con la finalidad de evitar el desarrollo de malezas. En la Tabla 4, se menciona la función de los productos aplicados, así como la dosis que se utilizó. Así mismo en la Figura 5, se muestran los productos utilizados.

Tabla 4. Productos aplicados para el control de malezas.

PRODUCTO	FUNCIÓN	DOSIS
DRAGOPRIM	Herbicida pre emergente residual.	1 kg/ha
BIONEX	Adyuvante agrícola de amplio poder dispersante y humectante, reduce la tensión superficial de la mezcla aplicada.	250 ml /ha
CALLISTO	Herbicida post-emergente.	½ kg/ha
CONVEY	Herbicida post emergente selectivo a maíz. Combate pastos y malezas de hoja ancha.	1 kg/ha

Los productos utilizados se aplicaron diluidos en 200 litros de agua con ayuda de una mochila aspersora. Estos productos se aplicaron en los tres tratamientos.



Figura 5. Productos aplicados para el control de malezas.

Cabe señalar que estos productos son específicos para maíz y controlan pasto, chayotillo, manto, quelites y malva.

Control de plagas y enfermedades

Se deben aplicar insecticidas que eliminen las plagas que pongan en riesgo la salud de las plantas de maíz. Estas plagas se presentan en los primeros días posteriores a la germinación y hasta el momento de madurez de la mazorca. El monitoreo constante es fundamental para

verificar la presencia de insectos plaga, así como de enfermedades. En los tres tratamientos de aplicaron productos para combatir algunas plagas como picudo, cogollero, así como diabroticas. Los productos se aplicaron 43 días después de la siembra (3 de junio).

5.6 MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO

Para reforzar la nutrición del cultivo de maíz se utilizaron los productos que se mencionan en el cuadro (Tabla 5).

Tabla 5. Productos aplicados en la nutrición y control de insectos.

PRODUCTO	FUNCIÓN	DOSIS
CLAVIS	Insecticida para control de gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).	1 litro/ ha
AF-OPTIMUS	Acidificante, penetrante, dispersante y surfactante que facilita la homogenización de las sustancias con las que se mezcla.	1 litro/ ha
GRROFOL	Fertilizante foliar para complementar y corregir deficiencias nutricionales.	1 litro/ ha
POLIQUEL MULTI	Fertilizante foliar de alta solubilidad.	1 litro/ ha
BIOZYME	Fitorregulador hormonal complejo de origen natural, sirve para estimular procesos metabólicos y fisiológicos de la planta.	225 ml/ ha
BIONEX	Adyuvante agrícola de amplio poder dispersante y humectante con el que se reduce la tensión superficial de la mezcla aplicada.	225 ml/ha

Cabe señalar que estos productos son para combatir plagas, enfermedades, así como para fortalecer la nutrición del cultivo (Figura 6).



Fertilizantes y herbicidas aplicados en los tres tratamientos.

Figura 6. Productos aplicados para la nutrición y control de insectos.

Estos productos se diluyeron en 200 litros de agua y se aplicaron con ayuda de una mochila aspersora, aplicándose a los tres tratamientos.

5.7 TÉCNICA DE MUESTREO.

La técnica de muestreo que se utilizó es la de cinco de oros. La ubicación de los cinco puntos de muestreo se debe establecer en cuadrantes medios en cada una de las parcelas. En la Figura 7, se presenta el arreglo de los puntos en el terreno de siembra, donde el punto central se ubica en la parte media, posteriormente los cuatro puntos restantes se ubican dos en cada extremo, estos de igual forma en el punto central de cada cuadrante extremo.

Posterior a la ubicación de los cinco puntos de la técnica de muestreo, en cada punto se toma un área de 2 X 2 metros cuadrados considerando el punto como centro de este cuadrante. Este cuadrante de 2X2 nos dará un área total de muestreo de 4 metros cuadrados. Se marcará el punto central y las cuatro esquinas del cuadrante con estacas bien identificadas para que quede establecida y fija el área de muestro.

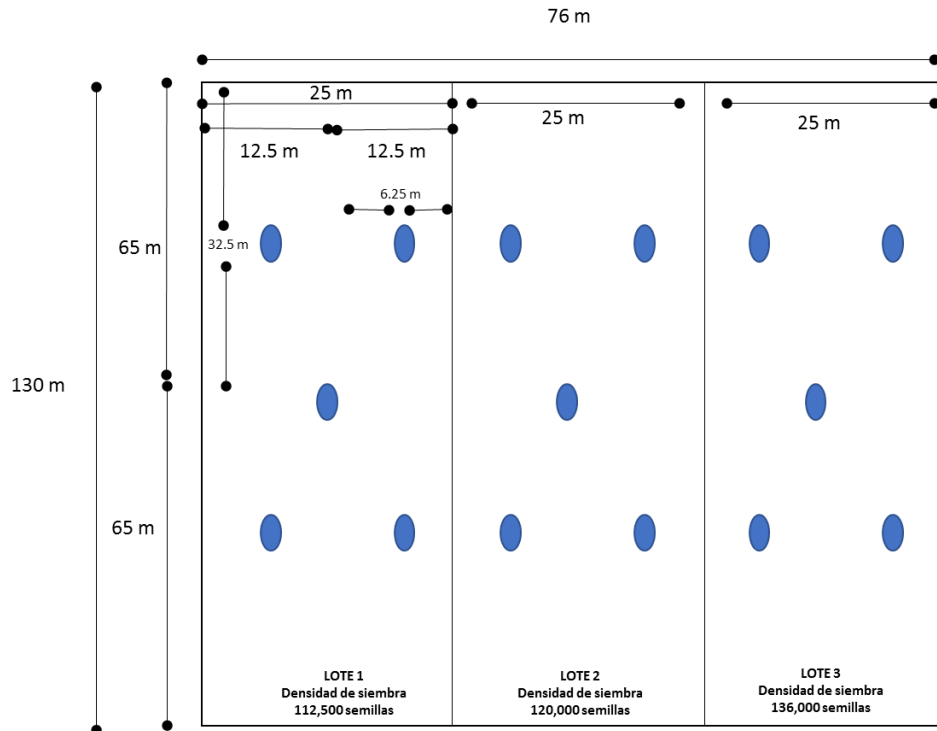


Figura 7. Arreglo espacial de los puntos de muestreo en la técnica cinco de oros.

En esta área de cuatro metros cuadrados en los cinco puntos de medición es donde se tomarán las mediciones respectivas para cada variable del cultivo del maíz, tal como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Área de 4 m² en punto de medición para las variables.

Cabe señalar que se tomaron los datos de 737 plantas para los tres tratamientos.

5.8 VARIABLES PARA CUANTIFICAR

En los cuadrantes definidos se realizaron las medidas de las variables, las cuales serán desde la germinación hasta una semana antes de que salga la espiga. La toma de datos de cada una de las variables permitirá monitorear el comportamiento fenológico de las plantas de maíz en las tres densidades de siembra

Días a germinación.

A partir de cinco días posteriores a la germinación, se ejecutó un monitoreo para identificar la emergencia de las plúmulas, esto se realiza durante cinco días consecutivos hasta la emergencia del total de las plantas.

Se contaron las plantas que germinaron en cada uno de los cuadrantes por tratamiento y se anota en la bitácora. Los resultados se expresaron en días.

Densidad de siembra real.

Se hace un conteo de las plantas en cada uno de los cuadrantes de cada tratamiento.

Se obtuvo el promedio de plantas por cuadrante, se hizo una operación matemática con el dato de plantas por superficie muestreada y superficie real, obteniendo el resultado real de la densidad de siembra. Los resultados se registraron como semillas por hectárea.

Altura de planta.

Los datos de altura de planta se tomaron a los 30, 60 y 76 días después de la siembra, para ello se midió la planta con una cinta métrica desde la base del tallo hasta la parte central del ápice de la planta, estos datos se registraron en la bitácora. Los resultados se expresaron en centímetros.

Diámetro del tallo.

Para el diámetro del tallo se midió cada una de las plantas del muestreo 76 días después de la siembra, en este momento, el estado fisiológico de la planta se encontraba en hoja bandera. Se realizó para cada cuadrante en los tres tratamientos. Con ayuda del vernier se tomó la medida del diámetro en la base del tallo. Los resultados se expresaron en centímetros.

Peso de la biomasa total.

En estado fisiológico de hoja bandera, se cortó la planta de maíz desde la base y se pesó con la báscula de reloj, se hizo con todas las plantas de cada cuadrante de los tres tratamientos. Anotando el resultado en la bitácora expresados en gramos.

Incidencia de plagas y enfermedades.

Se realizó un monitoreo frecuente desde la germinación hasta la hoja bandera, para identificar la presencia de plagas y enfermedades.

Los insectos encontrados se pusieron en el frasco con alcohol al 70% y se llevaron al laboratorio para observarlos en el microscopio e identificarlos taxonómicamente y así definir el método de control o eliminación. Anotando los resultados en la bitácora. Expresando de acuerdo al tipo de plagas o enfermedades que se detectaron.

Incidencia de malezas

Se realizó un monitoreo frecuente desde la germinación hasta la hoja bandera, para identificar la presencia de malezas e identificarlas y con esto definir el método de control o eliminación.

Las malezas encontradas, se pusieron en la prensa para llevarlas al laboratorio y ahí hacer la identificación. Registrando en la bitácora los resultados. Expresando estos en tipo de malezas que se encontraron presentes al momento del muestreo.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico los datos obtenidos en campo fueron capturados en hoja de cálculo de Excel para posteriormente ser gestionados en el sistema de análisis estadístico, SAS 2001. Los valores promedio se analizaron mediante un comparativo de medias con un rango de $p < 0.05$, utilizando la prueba de Tukey. El objetivo de este análisis es determinar si existe diferencia significativa en el comportamiento fenológico de las plantas de maíz en las tres densidades de siembra.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Sánchez *et al.*, (2013) menciona que las densidades de siembra en maíz varían según el objetivo de producción, 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 mil plantas por hectárea en condiciones de riego se obtuvieron rendimientos de forraje entre 27.8 y 70.2 t ha⁻¹. Híbridos como el H-376, productor de grano y forraje, se recomienda sembrar bajo riego a 80 mil plantas ha⁻¹ con rendimientos estimados de 78.1 a 90.8 t ha⁻¹ de materia verde. En maíces forrajeros, Aspros-721, H-31, VS-2000 y cacahuacintle a 85 mil plantas ha⁻¹ se obtuvieron rendimientos en forraje de 52.5 a 85.6 t ha⁻¹.

Altura de planta. Los resultados promedios de la altura de planta a los 30, 60 y 76 días después de la siembra se presentan en la Tabla 6. Donde se observa que estadísticamente a los 30 días no existe diferencia ($P < 0.05$) entre los tres tratamientos (Figura 9). El valor obtenido a los 60 días, si mostró significancia, con los mejores promedios en T2 y T3 de 169.9 cm., en ambos tratamientos. A los 76 días la altura de planta también fue significativa ($P > 0.05$), la mayor altura se presenta en el T2 con 277.5 cm. Marcos *et al.*, (2016), reportan mediciones similares de tallos en maíces nativos con valores en promedio de 270 cm.



Figura 9. Cultivo de maíz evaluado a diferentes densidades de siembra.

La altura de planta registrada a los 30 días después de la siembra no fue significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, sin embargo, las plantas del tratamiento T3 fueron 2.93 cm más altas que

las del T1 y 1.96 cm más altas que las del T2 (Tabla 6). Estos resultados son similares a lo obtenido por Quispe *et al.* (2011), donde a los 30 días las alturas de las plantas de maíz fueron en promedio 28.19 cm al evaluar las características morfológicas y químicas en variedades PM581, un testigo Joya y un testigo Canta en las cuales no encontraron diferencia estadística. Los resultados mostraron que a los 30 DDS, en las tres densidades del experimento, no presentan competencia entre las plantas de maíz por espacio, agua, luz y nutrientes debido a que estas necesidades aún son subsanadas bajo estas condiciones por el suelo. En el cuadro 1, se muestra que a los 60 días de la siembra se encontró diferencia estadística en los tratamientos T2 y T3, con valores superiores, debido a la capacidad de competir en presencia de las condiciones edafoclimáticas.

Tabla 6. Altura de planta a los 30, 60 y 76 días después de la siembra, diámetro de tallo, materia verde o peso de la planta en verde y rendimiento de materia verde DK-4018 sembrado a distintas densidades siembra, en el ciclo primavera - verano en Tepatepec, Hidalgo.

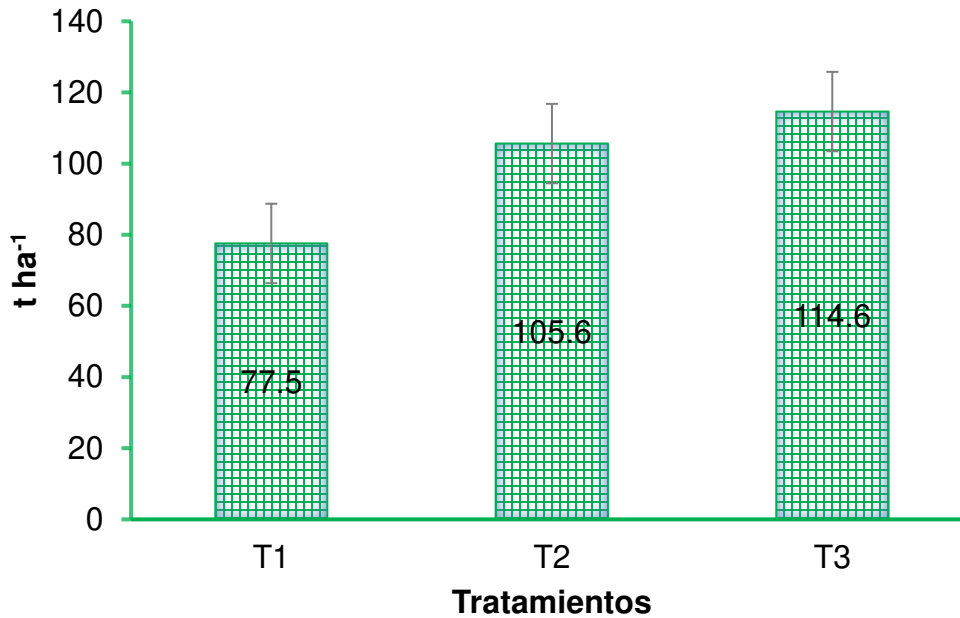
Variables	Tratamientos (DDS = plantas ha ⁻¹)		
	T1: 112 500	T2: 120 000	T3: 136 000
Altura a los 30 días (cm)	25.3 a	26.3a	28.2 a
Altura a los 60 días (cm)	144.9 b	169.9 a	169.9 a
Altura a los 76 días (cm)	247.7 b	277.5 a	271.2 a
Diámetro de Tallo (cm)	2.5 b	2.6 a	2.6 a
Materia verde (g planta ⁻¹)	689.32 b	880.20 a	842.80 a
Rendimiento de materia verde (t ha ⁻¹)	77. 548 b	105. 624 a	114. 624 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales con una $P > 0.05$. DDS= Densidad de siembra. T1= 112 500 plantas por hectárea. T2= 120 000 plantas por hectárea y T3= 136 000 plantas por hectárea.

En cuanto a la altura de planta de maíz a los 76 DDS, se observan diferencias significativas ($P > 0.05$), por lo que estadísticamente las alturas de los tres tratamientos son diferentes, el T2

es 24 centímetros más alto que T1; el tratamiento tres es 18 centímetros más alto que T1 y el T2 es más alto con 6 centímetros que el T3 (Tabla 6). Resultados similares son reportados por Rodríguez y Rabery (2003), en donde evaluaron distancia entre hileras en dos épocas de siembra para obtener mayor rendimiento de grano, encontrando que la altura de planta se determina por los genes, asimismo, reportan que las condiciones ambientales también intervienen en la determinación de altura de plantas de maíz. Cervantes *et al.*, (2014), analizaron el efecto de la densidad de población y genotipos de maíz, observaron que el incremento a la densidad de población por lo general da como resultado plantas de mayor porte, lo cual concuerda con los resultados de esta investigación. En trabajos similares también se evaluaron tres densidades de siembra en el rendimiento de cuatro genotipos de maíz morado y las densidades de siembra no afectaron el tamaño de las plantas. Por otro lado, Antuna *et al.*, (2003), evaluaron el comportamiento agronómico de seis líneas de maíz y sus combinaciones híbridas y recomiendan que es deseable contar con materiales de porte bajo que toleren altas densidades y resistencia al acame, sin descuidar la relación positiva de la altura de la planta con el potencial de rendimiento de grano.

Diámetro del tallo. En el análisis del diámetro de tallo a los 76 DDS, se encontró que existe diferencia significativa entre los tratamientos $P < 0.05$, sin embargo, las plantas del T1 tiene el diámetro más delgado, lo que indica que en la variedad Dk-4018 a mayor densidad poblacional el diámetro incrementa ligeramente, probablemente esto ocurre para evitar problemas de acame (Tabla 6). Estos resultados son similares al estudio realizado por Sánchez *et al.*, (2013), donde proporcionaron las condiciones adecuadas de suelo, temperatura y precipitación al cultivo de maíz al evaluar 24 híbridos comerciales, obtuvieron un promedio en diámetro del tallo de 2.33 cm.



Gráfica 7. Rendimiento estimado en toneladas por hectárea de materia verde en el cultivo de maíz DK-4018, en tres densidades de siembra. T1= 112 500, T2= 120 000 y T3= 136 000 plantas por hectárea respectivamente.

Intriago y Torres (2018), analizaron el efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento y desarrollo del híbrido maíz HAZ1, en el cual reportan que, no se presentaron diferencias significativas por efectos del arreglo de siembra y densidad poblacional, ni de la interacción arreglo por densidad en altura de planta, diámetro del tallo y peso de raíces. También mencionan que la altura de planta se ve afectada significativamente al aumentar la densidad poblacional y el diámetro del tallo disminuye debido a la competencia por luz. Por su parte Cruz (2017), al evaluar cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante en el desarrollo y rendimiento de maíz, determinó que el diámetro y la altura de planta presentaron diferencia significativa para el factor densidad. Así mismo, reporta que a medida que aumenta la densidad de 50,000 a 126,000 plantas por hectárea, el diámetro del tallo de la planta de maíz fue disminuyendo. Este mismo autor reporta que el diámetro del tallo se puede ver afectado por las altas densidades de siembra y la competencia por luz provocando alargamiento del tallo y en consecuencia reducción del diámetro. También reporta que plantas a densidades bajas por hectárea (50,000) presentaron la misma altura que las plantas a densidades medias de (76,000) y densidades de (101,000) presentaron más altura que las

plantas a densidades bajas por lo que concluyó que a altas densidades se reduce el diámetro y se elongan de las plantas.

Materia verde o peso de planta verde. Con la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$), se determinó que existen diferencias significativas en el peso de planta verde de maíz a los 76 DDS (Tabla 6). Bajo estas condiciones determinamos que existen diferencias significativas, el mejor peso lo tiene el T2 con un promedio de 880.20 gramos por planta, seguido del T3 con 842.80 g, y el peso más bajo se encontró en el T1 con 689.3 gramos por planta.

Los resultados que se obtuvieron en peso fresco de plantas y las diferencias estadísticas entre el T1 con los T2 y T3 son similares a lo obtenido por Vásquez (2019), donde encontró que las diferencias en peso fresco o verde de plantas de maíz están determinadas por la densidad de siembra. Cusicanqui y Lauer (1999), determinaron que el rendimiento de materia seca aumento a una densidad de 97 300 y 102 200 plantas por hectárea. En contraste Santiago *et al.*, (2018), reportan rendimientos bajos de materia fresca por hectárea de maíz y señalan que la fertilidad del suelo, el manejo del cultivo y la genética son factores importantes para obtener buenos rendimientos. Por su parte Guyader *et al.*, (2018) y Wiersma *et al.*, (1993), reportan que las condiciones climáticas como la precipitación y la sequía son otro factor muy importante que condiciona el buen desarrollo y rendimiento del cultivo.

Rendimiento. El rendimiento de materia verde por hectárea a los 76 días después de la siembra fue diferente estadísticamente ($P < 0.05$) en este material genético DK-4018. Los mejores resultados se tienen en los tratamientos 2 y 3 (Gráfica 7), observamos que la densidad de siembra y el rendimiento de peso verde por tratamiento guardan una relación directamente proporcional para estas condiciones en las que se realizó el experimento.

7.CONCLUSIÓN.

En este trabajo de investigación se concluye que la mejor densidad de siembra de maíz para la producción de materia verde con el híbrido DK-4018, es a 136 000 plantas por hectárea, con un rendimiento estimado de peso verde de 114.6 toneladas, bajo las condiciones edáficas y climáticas del Valle del Mezquital, Hidalgo.

También se concluye que parte de los efectos negativos que se tienen en el desarrollo fenológico de las plantas de maíz por la alta densidad, se reducen considerablemente cuando se establece a doble hilera aún con densidades altas. El diámetro del tallo, la altura de planta y el rendimiento de materia verde no se afectan negativamente por la alta densidad, esto debido a que la doble hilera permite distribuir de mejor manera las plantas en el terreno para utilizar más eficientemente la radiación solar, humedad y nutrientes del suelo por parte de las plantas de maíz.

8. LITERATURA CITADA

- Acosta, I. R. (2009). El cultivo de maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales, 30(2).
- Amador, R., A. L. & Boschini, F. C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 171-177.
- Antuna, G. O., Rincón, S. F., Gutiérrez, D. R. E., Ruíz, T. N. A. y Bustamante, G. L. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(1), 11-17.
- Boege, E. (2009). Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz. *Ciencias. UNAM*. 92-93. Pp. 18-28.
- Castillo, J. M., Rojas, B. A. y WingChing, J. R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense* 33(1):133-146.
- Cervantes, O. F., Gasca, O. M. T., Andrio, E. E., Mendoza, E. M., Guevara, A. L. P., Vázquez, M. F., y Rodríguez, H. S. (2014). Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 2(1), 9-16.
- Cruz, R. M. S. (2017). Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays L.*). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Tesis de grado. Pp. 7-14.
- Cueto, W. J. A., Reta, S. D. G., Barrientos, R. J. L., González, C. G., Salazar, S. E. (2006). Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 29 (no. Especial 2): 97-101.

Cusicanqui, J. A. and Lauer, J. G. (1999). Plant Density and Hybrid Influence on Corn Forage Yield and Quality. *Agronomy Journal*, 91, 911-915.

Delgado, D. E., (2017). Densidad de siembra y fertilización en seis variedades de maíz evaluadas en Tonatico, México. *Universidad Autónoma del Estado de México. Tesis profesional. México.* pp 14-16.

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, J. & Boschini C. (2002). Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía mesoamericana* 13(1):13-17.

Elizondo, S. J. A. (2015). Calidad nutricional y consumo de forraje de maíz (*Zea mays*) y forraje de estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras. *Nutrición Animal Tropical* 9(2):11-26.

García, O. F. & González, S. M. F. (2013). International Plant Nutrition Institute (IPNI). *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica. Canada.* No.9

García, S. J. A. & Ramírez, J. R. (2014). El mercado de la semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) en México. Un análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Rev. Fitotec. Méx.* 37 (1).

Guyader, J., Baron, V. S., and Beauchemin, K. A. (2018). Corn Forage Yield and Quality for Silage in Short Growing Season Areas of the Canadian Prairies. *Agronomy*, 8(164), 1-25.

Intriago, D. D. I. & Torres, O. J. R. (2018). Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Tesis de licenciatura.* pp 9-14.

- L. Donnet, L., López, D., Arista, J., Carrión, F., Hernández, V. y González, A. (2012). El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. *CIMMYT. México*. pp 1-6.
- MacRobert, J.F., Sentimela, J. Gethi y Worku, M. (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. *CIMMYT. México, DF* pp 1-3.
- Marcos, S. B., Martínez, C. A. R., López, U. G. A., López, O. C. A., y Arteaga, R. T. T. (2016). La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*Zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 361-367.
- Martínez, R. A. & Leyva, G. Á. (2014). La biomasa de los cultivos en el agroecosistema. Sus beneficios agroecológicos. Cultivos tropicales. *Ministerio de educación superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*. 35(1). pp 11-20.
- Massieu, T. Y. & Lechuga, M. J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Universidad Autónoma Metropolitana*. Vol. XVII (36).
- Montemayor, T. J. A., Lara, M. J. L., Woo, R. J. L., Munguía, L. J., Rivera, G. M., Trucíos, C. R. (2012). Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la comarca lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia* 46(3):267-278.
- Núñez, H. G., Payán, G. J. A., Pena, R. A., González, C. F., Ruiz, B. O. y Arzola, Á. C. (2010). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1(2):85-98.
- Olague, R. J., Montemayor, T. J. A., Bravo, S. S. R., Fortis, H. M., Aldaco, N. R. A., Ruiz, C. E. (2006). Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-

- superficial. *Técnica pecuaria en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Mérida, México.* 44(3). pp 351-357.
- Orozco, V. J. A., Ramírez, T. R., Segura, C. M. Á., Yescas, C. P., Trejo, V. R. y Vidal, A. J. A. (2016). Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas.* 7 (1) pp 185-194.
- Quevedo, Y., Barragán, E. y Beltrán, J., (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays L.*) impacto. *Revista Scientia Agroalimentaria* 2015. Vol.2
- Quispe, F. J., Arroyo, C. K., y Gorriti, G. A. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays l.*) en Arequipa – Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú,* 77(3), 205-217.
- Reta, S. D. G., Gaytán, M. A., Carrillo, A. J.S. y Cueto, W. J. A. (2003). Influencia de métodos de siembra y densidades de población en la formación de granos en maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 26(3): 147-152.
- Reyes, C., (2019). Maíz de alto rendimiento. Resultados probados de 22.4 t/ha en lotes comerciales mexicanos. *Revista de agricultura. Panorama agro.com*
- Robledo, R. L. (2017). Modelos de producción de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en la Comarca Lagunera. *Tesis de maestría en Ciencias en Irrigación. Torreón, Coahuila, México. Instituto Tecnológico de Torreón.*
- Robles, J. L. E, Ruiz, P. J. A., Morales, O. A., Gutiérrez, M. M. G., and González, R. M. (2017). Producción de forraje, composición química y producción de gas in vitro de maíces híbridos amarillos cultivados en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems,* 20: 373 – 379.

- Fernández, S. R., Morales, C. L.A. y Gálvez, M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista fitotecnia mexicana. Chapingo México* 36(3).
- Rodríguez, C. J. L. y Rabery, C. S. H. (2003). Rendimiento del maíz amiláceo variedad Avati Moroti sembrado en dos épocas y tres distancias entre hileras. *Investigación Agraria*, 5 (2), 30-36.
- Rodríguez, O. A., Martínez, M. A., Ventura, M. A., Vargas, M. J., Muhammad, E. y Lara, V. F. M. (2013). Evaluación de variedades de morera en la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori*) en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (5), 701-712.
- Ruíz, O., Beltrán, R., Salvado, r F., Rubio, H., Grado, A. y Castillo, Y. (2006). Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Revista cubana de ciencia agrícola. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba*. 40(1). Pp. 91-96
- Saldaña, V. D. & Tarillo, G.R.. (2020). Efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de 04 genotipos de maíz morado (*Zea mays L.*) y el contenido de pigmentos antociánicos, cominidad de Chipuluc, Distrito de Cutervo, Cajamaica. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque Perú. Tesis de licenciatura*.
- Sánchez, H. M. Á., Aguilar, M. C. U., Valenzuela, J. N., Sánchez, H. C., Jiménez, R. M. C., Villanueva, V. C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2):281-295.
- Sánchez, T. B. I. y Kallas, Z. G. J. M. (2017). Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina*. 49(2) pp 269-287.

- Sánchez, H. M. A., Aguilar, M. C. U., Valenzuela, J. N., Joaquín, T. B. M., Sánchez, H. C., Jiménez, R. M. C. y Villanueva, V. C. (2013). Rendimiento en forraje de maíces del trópico húmedo de México en respuesta a densidades de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4 (3), 271-288.
- Sánchez, H. M. A., Aguilar, M. C. U., Valenzuela, J. N., Sánchez, H. C. Jiménez, R. M. C. y Villanueva, V. C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2).
- Sánchez, O. I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (biología)*. *Serie Botánica* 7(2):151-171.
- Sánchez, H. M. A., Cruz, V. M., Sánchez, H. C., Morales, T. G., Rivas, J. M. A., y Villanueva, V. C. (2019). Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (3), 699-712.
- Santiago, L. U., Rosales, N. C. A., Santiago, L. E., Santiago, L. N., Preciado, R. P., Palmo, G. A., y Real, D. (2018). Yield of forage, grain and biomass in eight hybrids of maize with different sowing dates and environmental conditions. *Revista Mexicana de ciencias Pecuarias*, 9(1), 86-104.
- Serratos, H. J. A. (2009). El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. *Greenpeace. Universidad Autónoma de la Ciudad de México*.
- Siap (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Anuario Estadístico de la producción agrícola 2017. (En línea) Disponible en <http://www.siap.gob.mx>
- Siap (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). Anuario Estadístico de la producción agrícola 2020. (En línea) Disponible en <http://www.siap.gob.mx>
- Sierra, M. M., Palafox, C. A., Rodríguez, M. F., Espinoza, C. A., Vazquez C. G., Gómez, M. N. y Barrón, F.S. (2011). H-5646, híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Scielo, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2 (1).

Statistical Analysis System (SAS) Institute. (2001). SAS user's guide. Statistics. Version 8.

SAS Inst., Cary, N.C. quality, and elemental removal. *Journal of Environmental Quality*, 19, 749-756.

Tadeo, R. M., Zaragoza, E. J., Espinosa, C. A., Turrent, F. A., Zamudio, G. B. y Virgen, V. J. (2016). Productividad de la generación F1 y F2 de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) de valles altos de México. *Agrociencia*. 50 (1).

Tadeo, R. M., Zaragoza, E. J., Espinosa, C. A., Turrent, F. A., Zamudio, G. B., Virgen, V. J., Mora, G. K. Y., y Valdivia, B. R. (2016). Productividad de la generación F1 y F2 de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) de Valles Altos de México. *Agrociencia*, 50, 33-41.

Vásconez, M. G. H., Caicedo, A. L. A., Véliz, Z. D. V. y Sánchez, M. F. D. (2021). Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la Costa de Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales Universidad del Zulia, Venezuela (Ve)* 27(3).

Vásquez, O. J. (2019). Adaptación de tres variedades de maíz amarillo (*Zea mays L.*) para forraje en condiciones de la localidad de la molina. *Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú. Tesis de grado*. Pp. 60-90.

Vázquez, C. M. G., Mejía, A. H., Salinas, M. Y., y Santiago, R. D. (2013). Efecto de la densidad de población en la calidad del grano de nixtamal y tortilla de híbridos de maíz de alta calidad proteínica. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36 (3), 225-232.

Vera, A.D., Comte, S. E., Guamán, J. R., Mora, E. J. y Díaz, C. C., (2019). Sistemas informáticos evaluación agronómica y molecular de 10 híbridos introducidos de maíz (*Zea mays L.*) por rendimiento y sanidad en las condiciones agroclimáticas. *Revista Ibérica de Sistemas y tecnologías de información*. p. 112-119.

- Wiersma, D. W., Carter, P. R., Albrecht, K. A., and Coors, J. G. (1993). Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *Journal of Production Agriculture*, 6(1), 94-99.
- Yescas, C. P. (2005). Producción, calidad e índices de crecimiento del maíz forrajero bajo riego por goteo subsuperficial. *Tesis de Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Torreón, Coahuila, México.*
- Yescas, C.P., Segura, C. MA., Martínez, L.C., Álvarez, R. V.P., Montemayor, T. J.A., Orozco, V. J.E: y Frías R. (2015). Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays L.*) con diferentes niveles de riego por goteo superficial y densidad se plantas. *Revista internacional de Botánica experimental* 84:272-279.
- Zamudio, G. B., Espinosa, C. A., Tadeo, R. M., Encastín, D. J. J., Martínez, R. J. N., Felix, R. A., Cárdenas, M. A. L. y Turrent, F. M.A. (2015). Producción de híbridos de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Scielo* 6(7).
- Zaragoza, E. J., Tadeo, R. M., Espinosa, C. A., López, L. C., García, E. J. C., Zamudio, G. B., Turrent, F. A., y Rosado, N. F. (2019). Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10 (1), 101-111.

9. ANEXOS

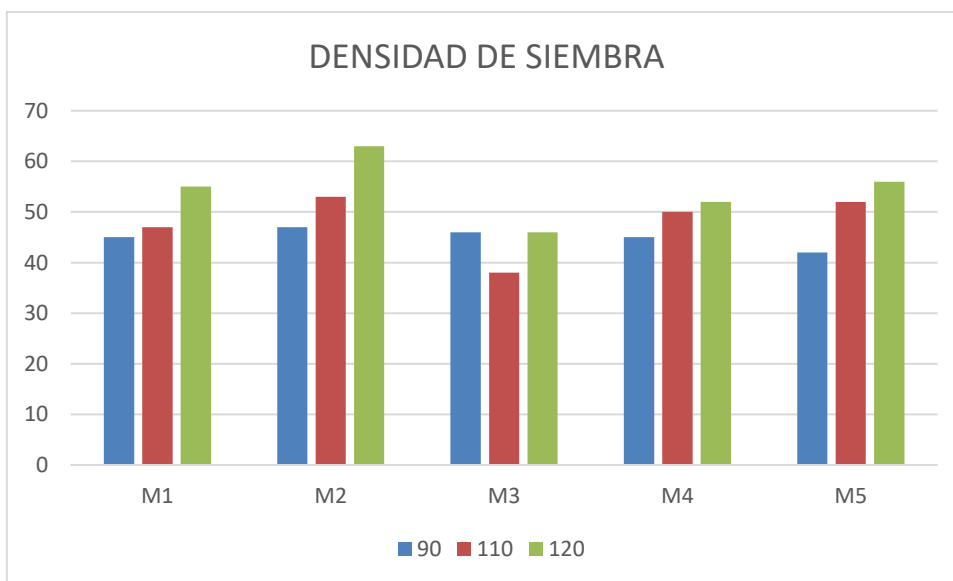
9.1 Análisis de datos en el Programa SAS.

Muestreo del día 3 de mayo del 2021, día 12 después de la siembra

DENSIDAD DE SIEMBRA
(plantas en 4 metros cuadrados)

Densidad sugerida	DENSIDAD plantas/hectárea		
	112 500	120 000	136 000
M1	45	47	55
M2	47	53	63
M3	46	38	46
M4	45	50	52
M5	42	52	56
PROMEDIO	45	48	54.4
Densidad calculada	B 112 500	B A 120 000	A 136 000

DS= DENSIDAD DE SIEMBRA (PLANTAS/HA)



Programa SAS para analizar los datos de densidad de población.

DATA CAPCM;

INPUT Y TRA;

CARDS;

45 1

47 1

46 1

45 1

42 1

47 2

53 2

38 2

50 2

52 2

55 3

63 3

46 3

52 3

56 3

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASSES TRA;

MODEL Y= TRA;

MEANS TRA/TUKEY;

RUN;

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	230.5333333	115.2666667	4.42	0.0365
Error	12	313.2000000	26.1000000		
Total correcto	14	543.7333333			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.423982	10.39786	5.108816	49.13333

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	230.5333333	115.2666667	4.42	0.0365

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	54.400	5	3
B A	48.000	5	2
B	45.000	5	1

Tratamiento 1= 90 mil plantas/hectárea

Tratamiento 2= 110 mil plantas/hectárea

Tratamiento 3= 120 mil plantas/hectárea

Conclusión de Densidad de Siembra: existen diferencias significativas en la densidad de siembra calculada mediante el muestreo estadístico, la mayor población de plantas de maíz se encuentra en el tratamiento 3 con 136 000 plantas por hectárea.

9.2 Análisis de datos de altura (cm) de planta a los 30 días de siembra

Densidad sugerida	DENSIDAD plantas/hectárea		
	Trat 1= 112 500	Trat 2= 120 000	Trata 3= 136 000
M1	28.02	30	26.16
M2	25.41	26.20	30.73
M3	24.52	26.59	28.64
M4	25.07	22.63	27.12
M5	23.36	25.83	28.38
PROMEDIO	25.27	26.25	28.20
Densidad calculada	B 112 500	B A 120 000	A 136 000

DATA CAPCM;

INPUT Y TRA;

CARDS;

28.02 1

25.41 1

24.52 1

25.07 1

23.36 1

30 2

26.2 2

26.59 2

22.63 2

25.83 2

26.16 3

30.73 3

28.64 3

27.12 3

28.38 3

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASSES TRA;

MODEL Y= TRA;

MEANS TRA/TUKEY;

RUN;

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	22.26585333	11.13292667	2.61	0.1148
Error	12	51.24864000	4.27072000		
Total correcto	14	73.51449333			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.302877	7.775694	2.066572	26.57733

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	22.26585333	11.13292667	2.61	0.1148

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	28.206	5	3
A	26.250	5	2
A	25.276	5	1

Tratamiento 1= 90 mil plantas/hectárea

Tratamiento 2= 110 mil plantas/hectárea

Tratamiento 3= 120 mil plantas/hectárea

Conclusión de altura de planta a los 30 días de siembra: se concluye a los 30 día de siembra del maíz en los diferentes tratamientos no existen diferencias significativas en la altura de plantas.

9.3 Análisis de datos de altura (cm) de planta a los 60 días de siembra

Densidad sugerida	DENSIDAD plantas/hectárea		
	Trat 1= 112 500	Trat 2= 120 000	Trata 3= 136 000
M1	154.08	176.63	172.96
M2	159.04	189.43	177.33
M3	137	166.46	179.02
M4	140.09	148.49	159.38
M5	134.71	168.96	161.18
PROMEDIO	144.98	169.99	169.97
Densidad calculada	B 112 500	B A 120 000	A 136 000

DATA CAPCM;

INPUT Y TRA;

CARDS;

154.08 1

159.04 1

137 1

140.09 1

134.71 1

176.63 2

189.43 2

166.46 2

148.49 2

168.96 2

172.96 3

177.33 3

179.02 3

159.38 3

161.18 3

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASSES TRA;

MODEL Y= TRA;

MEANS TRA/TUKEY;

RUN;

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	2083.334333	1041.667167	7.33	0.0083
Error	12	1705.758160	142.146513		
Total correcto	14	3789.092493			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.549824	7.375485	11.92252	161.6507

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	2083.334333	1041.667167	7.33	0.0083

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	169.994	5	2
A	169.974	5	3
B	144.984	5	1

Tratamiento 1= 90 mil plantas/hectárea

Tratamiento 2= 110 mil plantas/hectárea

Tratamiento 3= 120 mil plantas/hectárea

Conclusión de altura de planta a los 60 días de siembra: existen diferencias significativas en la altura de plantas de maíz a los 60 días de la siembra, siendo las más altas los tratamientos 2 y 3 con 169.94 cm y 169.74 cm. (respectivamente).

9.4 Análisis de datos de altura (cm) final de planta de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).

Densidad de siembra (plantas / hectárea)			
Densidad sugerida	Tratamiento 1 (112 500)	Tratamiento 2 (120 000)	Tratamiento 3 (136 000)
Muestra 1	248.94	278.41	289.44
Muestra 2	214.04	299.45	270.67
Muestra 3	244.37	250.41	245
Muestra 4	260.46	276.13	281.57
Muestra 5	270.82	282.95	269.22
Promedio	247.73	277.47	271.18
Densidad calculada	B 112 500	B A 120 000	A 136 000

Programa para analizar los datos en SAS

```

DATA CAPCM;
INPUT Y TRA;
CARDS;
248.94 1
214.04 1
244.37 1
260.46 1
270.82 1
278.41 2
299.45 2
250.41 2
276.13 2
282.95 2
289.44 3
270.67 3
245 3
281.57 3
269.22 3
PROC PRINT;
PROC ANOVA;
CLASSES TRA;
MODEL Y= TRA;
MEANS TRA/TUKEY;
RUN;
    
```

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	2457.266253	1228.633127	3.49	0.0638
Error	12	4221.918120	351.826510		
Total correcto	14	6679.184373			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.367899	7.065898	18.75704	265.4587

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	2457.266253	1228.633127	3.49	0.0638

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	277.47	5	2
A	271.18	5	3
A	247.73	5	1

Conclusión de altura final de planta a los 76 días de siembra: No existen diferencias significativas en la altura de plantas de maíz a los 76 días de la siembra, podemos deducir que no hay efecto de los tratamientos en la altura final. A los 76 días de la siembra las plantas de maíz de esta variedad dejan de crecer debido a que el cultivo va iniciar la etapa de floración.

9.5 Análisis de datos del diámetro (cm) de tallo en el cuello o nudo vital de planta de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).

Densidad de siembra (plantas / hectárea)			
Densidad sugerida	Tratamiento 1 (112 500)	Tratamiento 2 (120 000)	Tratamiento 3 (136 000)
Muestra 1	2.3	2.6	2.6
Muestra 2	2.6	2.6	2.6
Muestra 3	2.5	2.5	2.6
Muestra 4	2.4	2.6	2.6
Muestra 5	2.5	2.7	2.6
Promedio	2.46	2.6	2.6
Densidad calculada	B 112 500	B A 120 000	A 136 000

Programa para analizar los datos en SAS

DATA CAPCM;

INPUT Y TRA;

CARDS;

2.3 1

2.6 1

2.5 1

2.4 1

2.5 1

2.6 2

2.6 2

2.5 2

2.6 2

2.7 2

2.6 3

2.6 3

2.6 3

2.6 3

2.6 3

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASSES TRA;

MODEL Y= TRA;

MEANS TRA/TUKEY;

RUN;

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.06533333	0.03266667	5.44	0.0208
Error	12	0.07200000	0.00600000		
Total correcto	14	0.13733333			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.475728	3.033668	0.077460	2.553333

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	0.06533333	0.03266667	5.44	0.0208

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	2.60000	5	3
A	2.60000	5	2
B	2.46000	5	1

Conclusión de diámetro final de tallo a los 76 días de siembra: existen diferencias significativas en cuanto al diámetro de tallo, podemos concluir que el tratamiento 1 tiene el diámetro más delgado con 2.46 cm., lo que significa que esta variedad de maíz a mayor densidad poblacional incrementa el grosor del tallo.

9.6 Análisis de datos del peso fresco de planta (g) de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).

Promedio de peso fresco por planta de maíz (g)			
Densidad sugerida	Tratamiento 1 (112 500)	Tratamiento 2 (120 000)	Tratamiento 3 (136 000)
Muestra 1	890	810	755
Muestra 2	965	965	960
Muestra 3	790	900	745
Muestra 4	165	850	425
Muestra 5	885	755	785
Promedio	739	856	734
Densidad calculada	B 112 500	B A 120 000	A 136 000

Programa para analizar los datos en SAS

DATA CAPCM;

INPUT Y TRA;

CARDS;

890 1

965 1

790 1

165 1

885 1

810 2

965 2

900 2

850 2

755 2

755 3

960 3

745 3

425 3

785 3

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASSES TRA;

MODEL Y= TRA;

MEANS TRA/TUKEY;

RUN;

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	47663.3333	23831.6667	0.47	0.6336
Error	12	603160.0000	50263.3333		
Total correcto	14	650823.3333			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.073235	28.87868	224.1949	776.3333

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	47663.33333	23831.66667	0.47	0.6336

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	856.0	5	2
A	739.0	5	1
A	734.0	5	3

Conclusión de peso fresco de planta a los 76 días de siembra: con la prueba de comparación de medias de Tukey, analizamos que no existen diferencias significativas en el peso fresco de plantas de maíz a los 76 días de la siembra. No existe efecto de los tratamientos para el peso fresco de planta, sin embargo, la diferencia del tratamiento 2 y 3 es de 122 gramos y este valor transformado a toneladas refleja una ganancia importante al productor si su destino final es aportarlo directamente como forraje para ganado. La mejor densidad para la producción de peso fresco de maíz es el tratamiento 2 con 120 000 plantas por hectárea con un rendimiento de 856 gramos de peso por planta a los 76 días de siembra.

9.7 Análisis de datos (ajustados 23 de julio de 2021) del peso fresco de planta (g) de maíz a los 76 días de la siembra (6 de julio de 2021).

Promedio de peso fresco por planta de maíz (g)			
Densidad sugerida	Tratamiento 1 (112 500)	Tratamiento 2 (120 000)	Tratamiento 3 (136 000)
Muestra 1	669	804	821
Muestra 2	642.6	902	798
Muestra 3	778	904	934
Muestra 4	618	935	927
Muestra 5	739	856	734
Promedio	689.32	880.2	842.8
Densidad calculada	B 112 500	A 120 000	A 136 000

DATA CAPCM;

INPUT Y TRA;

CARDS;

669 1

642.6 1

778 1

618 1

739 1

804 2

902 2

904 2

935 2

856 2

821 3

798 3

934 3

927 3

734 3

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASSES TRA;

MODEL Y= TRA;

MEANS TRA/TUKEY;

RUN;

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	102316.7413	51158.3707	10.55	0.0023
Error	12	58178.0480	4848.1707		
Total correcto	14	160494.7893			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.637508	8.659150	69.62881	804.1067

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	102316.7413	51158.3707	10.55	0.0023

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	880.20	5	2
A	842.80	5	3
B	689.32	5	1

Conclusión de peso verde de planta a los 76 días de siembra (datos ajustados): con la prueba de comparación de medias de Tukey, determinamos que existen diferencias significativas en el peso fresco de plantas de maíz a los 76 días de la siembra. El mejor peso lo tiene el tratamiento 2 con un promedio de 880.2 gramos por planta, seguido del tratamiento 3 con 842.8 gramos por planta y el peso promedio de planta es el tratamiento 1 con 689.32 gramos.