

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Métodos de Siembra en la Producción de Semilla de Maíz
Cv. CAFIME

Por:

ESTANISLAO VÁZQUEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Mayo 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Métodos de Siembra en la Producción de Semilla de Maíz

Cv. CAFIME

Por:

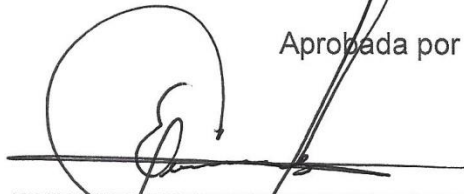
ESTANISLAO VÁZQUEZ LÓPEZ

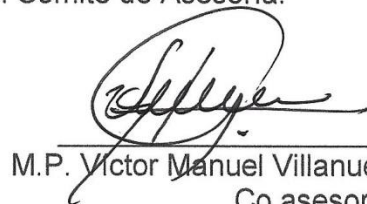
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Asesor Principal


M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado
Co asesor


Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Co-asesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2017

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma mater “UAAAN” por haber permitido superarme y brindarme un techo durante los cuatro años y medio de mi formación, siempre llevaré en mi corazón todos los buenos y malos momentos que dentro de sus aulas viví.

A mi estimado amigo el Doctor Mario Ernesto Vázquez Badillo, por su aporte en este trabajo, además, por todos su apoyo y consejos a lo largo de mi formación académica, estaré siempre muy agradecido.

Al M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado por su trabajo y aporte en el proyecto de investigación.

Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda por su aporte en el presente trabajo.

Al Dr. Abiel Sánchez Arizpe por su colaboración en el experimento, gracias por su apoyo.

M. C. María del Socorro Bahena García por su atención y su aporte en el presente trabajo.

A mis buenos amigos del Langebio (Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad) por haberme enseñado herramientas claves para la elaboración de mi tesis.

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, a quien hace posible lo imposible, a Jehová mi Dios, a ti Porque tú eres mi roca y mi fortaleza, y por amor de tu nombre me conducirás y me guiarás (Salmos 31: 3).

A mis abuelos Estanislao Vázquez Morales (QEPD), Mercedes López Gerónimo (QEPD) a los cuales no tuve la oportunidad de conocerlos, más sin embargo, siempre están presente en mis pensamientos.

A mis abuelitas Felicita Roblero Soto y Senaida López Bravo, siempre recuerdo con cariño cada uno de sus consejos.

A mis padres, Leonel Vázquez Roblero y Leonila López Bravo por haberme regalado la vida y así también inculcado la educación con principios, y valores, para poder ser una persona de bien.

A mis hermanos, Isaí, Ronal Evánder, Abel, y Esdiel Antonio Vázquez López, por haberme acompañado toda mi infancia, con quienes he compartido los momentos más prósperos y difíciles de mi vida. Que me apoyaron anímica y económicamente para poder lograr mi objetivo, muchísimas gracias por comprenderme en cada uno de mis problemas.

A cada uno de mis tíos, primos y sobrinos por ser parte importante de mi vida, muy en especial a mis sobrinos Isaí de Jesús, Christel, Arturo, y Bryant.

A Los profesores de la UAAAN, por haberme formado profesionalmente, e inculcarme los conocimientos adquiridos durante los últimos cuatro años y medio.

A todos los amigos que he conocido en los diferentes niveles de mi formación académica, a mis amigos de la preparatoria (Carmen, Dalia Rebeca, Diblaín, Arael, Wilmar, Wilber, Loymar, José Luis (GD, LG), Roberto etc.). Así mismo a todos los amigos de la Universidad y muy en especial a todos mis amigos del Barrio Nueva Esperanza (BNE), Osman, Álvaro, Pancho, Clisman, Ario, Gil, Primo Horacio, Rolando, Alberto, etc.

A esa mujer especial que en su momento llegará a complementar y alegrar mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen	4
Importancia Mundial	4
Importancia Económica en México	5
Importancia Cultural y Social en México	5
Variedad CAFIME	7
Métodos de Siembra	8
Arreglo a Doble Hilera	9
Arreglo a 50 Centímetros	10
Clorofila y Fertilización Nitrogenada	10
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Área de estudio	14
Genotipo utilizado	14
Tratamientos	14
Manejo Agronómico del Cultivo	15
Preparación del terreno	15
Fecha de siembra	16
Fertilización	16
Riegos	16
Control de plagas y enfermedades	17
Cosecha	17

Parámetros evaluados	17
Clorofila (SPAD):	18
Altura de la Planta (AP):	18
Número de Hojas (NH):	18
Largo de la Hojas (LH):	18
Ancho de la Hoja (AH):	18
Caracteres de la Mazorca:	19
Diseño experimental	19
Análisis Estadístico	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Descripción	Página
3.1	Relación de tratamientos utilizados.....	15
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable clorofila en el cultivo de maíz en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2015.....	23
4.2	Cuadrados medios del análisis de varianza en los parámetros medidos en la planta y mazorca.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
4.1	Correlación entre las variables estudiadas en el cultivo del maíz el día 29 de julio del 2015.....	22
4.2	Comportamiento de la clorofila en tres métodos de siembra en el cultivo del maíz en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2015.....	26
4.3	Diagrama de caja para la variable clorofila en el cultivo del maíz producido en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 13 y 22 de julio, 2015.....	28
4.4	Variabes agronómicas en el cultivo del maíz producidos en diferentes métodos de siembra en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2015.....	30
4.5	Diagrama de caja para comparación de medias en rendimiento ($t\ ha^{-1}$) en diferentes métodos de siembra de maíz en Buenavista, Saltillo, Coah., 2015.....	32

RESUMEN

El presente experimento se llevó a cabo en el ciclo agrícola primavera-verano (PV) del año 2015 en el Campo Experimental Bajío de la UAAAN. El objetivo fue conocer el comportamiento agronómico y rendimiento de la variedad de maíz CAFIME bajo tres métodos de siembras: surcos normales, siembras a doble hilera y surcos angostos. Evaluando las variables de Clorofila (SPAD), Altura de Planta (AP), Número de Hojas (NH), Largo de Hojas, Ancho de las Hojas (AH), Longitud de la mazorca (LM), diámetro de la mazorca (DM) y peso de grano (PG). Se consideró un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las inferencias mostraron un comportamiento mayor en el desarrollo con 2.16 m en Altura de Planta y 7.97 cm de Ancho de Hoja a favor del método de Doble Hilera, sin embargo el ANVA no mostraron diferencias estadísticamente. Se encontraron diferencias $P \leq 0.05$ para las la clorofila en las fechas del 14, 27 de julio, y 4 de agosto para el método de siembra a 80 cm. El método de siembra a Doble Hilera tuvo el mayor rendimiento con 9.72 ton ha^{-1} seguido por el método de siembra a 50 cm con $9.936 \text{ ton ha}^{-1}$, así mismo el método de siembra a 80 cm presentó $8.978 \text{ ton ha}^{-1}$. Los métodos de siembra a doble hilera y 50 cm entre surcos registraron mayor eficiencia y mejores comportamientos agronómicos en comparación con el método de siembra tradicional, los cuales alcanzaron un promedio de 9.4 % en rendimiento, mayor al registrado por el método a 80 cm.

Palabras Clave: Maíz, siembra en surcos angostos, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos con mayor demanda a nivel mundial y con mayor superficie sembrada por ciclos de producción. Los principales países productores de maíz son Estados Unidos, China, Brasil, la Unión Europea, Ucrania, Argentina y México. Entre los ciclos comerciales 2004/05 y 2014/15, la producción de maíz en el mundo presentó un crecimiento promedio anual de 3.5 por ciento. La producción de maíz para 2015 fue de 25.3 millones de toneladas, muy inferior a las necesidades del país calculadas en 36.437 MT, con un déficit de 11.135 (SIAP, 2016), lo cual el país tiene la necesidad de importar este grano de los países productores como EE. UU., Argentina o de otro país del mundo, generando fugas de divisas.

El origen de este preciado grano se le atribuye a México y por ende trae consigo un interés e importancia desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. SIAP (2016) reportó que la superficie sembrada en México fue de 7'426,412.19, hectáreas de maíz para forraje, grano y semilla de variedades mejoradas, que representan el 47.24% de la superficie total sembrada en el país (SIAP, 2016).

Entre los estados productores en México, se encuentran Sinaloa (3,686 MT), Jalisco (3,472), Michoacán (1,935), Edo. de México (1,856) y Guanajuato (1,420), estos estados presentan los mayores avances tecnológicos en cuestión de la mecanización agrícola, sistemas de riego y fertilización, trayendo consigo innovaciones de siembra del cultivo de maíz, como son surcos angostos, siembra a doble hilera, que generan mayor densidad de población por área de siembra, lo que trae consigo mayores rendimientos.

El crecimiento desmedido de la población ha llevado a buscar métodos que ayuden a incrementar el rendimiento por unidad de superficie en los cultivos. Estos métodos de siembra son arreglos de plantaciones a diferente distancia, tanto entre plantas como entre surcos, se caracterizan por presentar un cierre anticipado del cultivo, pues al modificarse la distribución espacial de las plantas se reduce el sombreado mutuo entre las hojas durante su etapa de expansión, lo que logra una cobertura del suelo más rápida. Obteniendo así mayor eficiencia en la intercepción de luz, suelo y nutrientes en el cultivo, encontrado resultados muy variables, la mayoría de los estudios han sido realizados en poblaciones híbridas, existiendo poca información documental sobre estos sistemas topográficos de siembra, por lo cual el presente estudio tiene el siguiente:

Objetivo

- Conocer el comportamiento agronómico y de rendimiento de la variedad sintética de maíz CAFIME bajo el estableciendo tres métodos de siembras a surcos normales, siembras a doble hilera y surcos angostos.

Hipótesis

- Los métodos de siembra a doble hilera y surcos angostos tendrán mejor comportamiento agronómico y de rendimiento en relación a la siembra en surcos normales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Maíz

Diversos estudios apuntan que el centro de origen del maíz se dio en Mesoamérica, entre el centro y sur de México hasta América central, según evidencias descubiertas que datan desde hace miles de años, tal es el caso de los restos de maíz que se han descubierto en las cuevas del Valle de Tehuacán, calculándose que estos hallazgos datan desde 4,500 a 7,000 años, así como las evidencias encontradas en los Valles Centrales de Oaxaca, donde se encontraron restos que datan aproximadamente de 6,200 años (Benz, 1997; Piperno y Flannery, 2001). Éstas y muchas más evidencias apuntan a que el maíz se domesticó hace 8,000 años aproximadamente. El proceso evolutivo partió de la interacción de los procesos biológicos y factores ecológicos con la dinámica cultural y los intereses del hombre (Benz, 1997).

Importancia Mundial

El maíz a nivel mundial es uno de los cereales que mayor demanda tiene, por su uso en la alimentación humana y animal. Los principales países productores de maíz son Estados Unidos (361.09 MT), China (215.5 MT), Brasil (75 MT), la

Unión Europea (74.16 MT), Ucrania (28.45 MT), Argentina (23.5 MT) y México con 23.2 MT (USDA, 2016). Dentro de los aspectos importantes a considerar es que Brasil y México se encuentran entre los principales productores, más sin embargo, no son autosuficientes debido a la alta concentración de la población que demanda éste grano para su consumo.

Importancia Económica en México

México es uno de los principales productores de maíz, pero también es uno de los principales consumidores, teniéndose en cuenta que no es autosuficiente y la mayor parte de la producción nacional se da en unos cuantos estados, como son Sinaloa (3.686 MT), el cual se ubicó como el principal productor participando con el 15.83 por ciento de la producción nacional, en segundo lugar fue Jalisco con 14.91 por ciento y un volumen de producción de 3.472 MT. En tercer lugar, Michoacán con una participación de 8.31 por ciento del total y un volumen de 1.93 MT (SIAP, 2016).

Importancia Cultural y Social en México

El maíz, además de ser parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, es el sustento de miles de familias en zonas rurales, por lo que su protección y conservación resulta fundamental. Se han identificado una serie de

ventajas para las variedades locales en las pequeñas unidades de producción, entre las que destaca la posibilidad de hacer un mejor manejo del riesgo agrícola (Fernández *et al.*, 2013). La dieta de una población particular forma parte de la memoria colectiva, y no solo comprende la ingesta de alimentos sino también expresa relaciones socioeconómicas y hace patente actos profundamente cargados de simbolismo cultural (García-Urigüen, 2012). Mera-Ovando y Mapes-Sánchez (2009) coinciden en que la mayor parte de la superficie total sembrada con maíz en México es de temporal o seco, fundamentalmente a cargo de más de 2 millones de productores a pequeña escala, quienes lo siembran sobre todo para autoconsumo. Más de la mitad de la producción nacional de maíz proviene de este sistema, el cual también es conocido como de subsistencia porque contribuye significativamente a la seguridad alimentaria de los estratos rurales más pobres (Turrent *et al.*, 2012).

De acuerdo a lo anterior, la producción de maíz de los estados que no son tan productores como Chihuahua y los estados del centro y sur del país, generan una producción de 10.903 MT que representan el 46.84% (SIAP, 2016), lo que se corrobora con lo mencionado por Turrent *et al.* (2012) donde la mayoría de su producción está destinada para el autoconsumo.

Entre los Estados productores de mayor importancia, como Sinaloa, Jalisco, Michoacán y Guanajuato, los rendimientos promedios oscilan entre las 12 y 17

ton ha⁻¹, estos rendimientos se dan porque las variedades utilizadas provienen del mejoramiento genético traducidos a híbridos, sean simples, triples o dobles, y que son sembrados con aplicaciones considerables de fertilizantes y arreglos de siembra compactos, alcanzando densidades de población de hasta 120,000 plantas por hectárea, teniendo rendimientos de más de 16 ton ha⁻¹. Mientras que el rendimiento promedio nacional está entre 2.7 y 3.1 t ha⁻¹., donde por lo general utilizan semilla criolla.

Variedad CAFIME

Esta variedad se liberó en 1958 por el entonces Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) del Campo Agrícola Francisco I. Madero, Durango, adaptada a las condiciones de temporal para la Región Norte Centro del país, surgiendo en 1957 a través de selección masal para resistencia a sequía, mezclando siete cruas derivadas de la raza bolita (Gutiérrez y Medina, 2008).

CAFIME presenta un ciclo vegetativo de 112 días, con 66 días a la antesis, lo que permite evadir la sequía y producir aún en condiciones precarias de humedad. Por su ciclo, esta variedad es recomendada para regiones donde la estación de crecimiento es de más de 110 días (Gutiérrez y Medina, 2008). Luna *et al.* (2005) recomiendan a la variedad por su precocidad intermedia para sembrarla en la región templada, semiárida y árida del centro norte de México,

donde su precipitación oscila entre 350 a 450 mm en un periodo de 75-90 d; también se sugiere su siembra en áreas de temporal deficiente del Altiplano mexicano, cuando el temporal comience pronto y se pueda sembrar antes del 30 de junio.

Métodos de Siembra

El distanciamiento entre hileras, también llamado arreglo espacial hace referencia a la forma en la cual se distribuyen las plantas en el terreno, agregando a la siembra un elemento de uniformidad espacial (Nielsen 2001). Mientras que Kabesh *et al.* (2009) indican que los métodos de siembra son importantes porque determinan el establecimiento apropiado del cultivo. En cambio, Laurer (1996) considera las ventajas de usar el sistema de siembra de surcos estrechos y doble hilera en maíz como un mejor control de las malezas, al reducir la distancia entre surcos y permitir el cierre más rápido y más sombreado para las malas hierbas, que son nocivas para el cultivo, así como hacer más eficiente el uso del agua que se pierde por efecto de la evaporación y por tener menor incidencia de luz solar directa a la superficie del suelo a principios de temporada y por consecuencia, periodos más largos de riego; De igual manera, Nielsen (1997) considera que una separación más equidistante ayuda a minimizar la competencia entre las plantas por el agua, nutrientes y

luz, estos beneficios crean un potencial para incrementar el rendimiento por unidad de superficie.

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

Arreglo a Doble Hilera

Gozubenli *et al.* (2004) en su estudio encontraron que el rendimiento de grano de maíz para hilera doble fue mayor que para hilera sencilla (10,398 kg ha⁻¹ y 9,986 kg ha⁻¹). La diferencia representó 4% más de grano a favor de la siembra a doble hilera, mientras que González *et al.* (2015) determinaron que la esperanza de obtener mejores rendimientos de grano de maíz con el arreglo de siembra a doble hilera no se cumplió para genotipos mejorados de maíz formados para condiciones de suelos, manejo y clima de Valles Altos en el Estado de México, obteniendo un mayor rendimiento de grano bajo el sistema tradicional comparado con el arreglo de siembra a doble hilera.

Arreglo a 50 Centímetros

La siembra de maíz en surcos angostos a 50 centímetros permite establecer más surcos y se aumenta la distancia entre plantas; mientras que para el agua hay un mejor aprovechamiento debido a una temprana cobertura total del suelo y a una reducción de la evaporación de la humedad. Por otra parte, la cobertura temprana del suelo reduce los problemas de maleza. En este sentido, en un trabajo realizado por Melchiori *et al.* (2007) implementaron una siembra directa con un espaciamiento entre hileras de 0.52 m y con una aplicación a base de fósforo y nitrógeno, los resultados encontrados fueron muy positivos para implementarse en sistemas reales de producción.

Clorofila y Fertilización Nitrogenada

Andrade *et al.* (1996) reportaron que tanto el agua como el nitrógeno deben estar bien provistos en cantidad y oportunidad para asegurar un estado fisiológico óptimo al momento de la floración, momento alrededor del cual se define el rendimiento, debido al tipo de fotosíntesis realizado por la planta del maíz, para ser específicos C4, que son muy exigente en cuanto a las fertilizaciones, en especial la fertilización nitrogenada.

El contenido en clorofila es uno de los parámetros biofísicos más relacionadas con la cantidad de nitrógeno en la planta, dado que la mayor parte de éste se encuentra en las moléculas de clorofila, lo cual trae consigo la posibilidad de encontrar deficiencias de nitrógeno a través de datos de reflectancia en la cubierta vegetal (Daughtry *et al.*, 2000). Mientras que Schepers *et al.* (1992) afirman que la clorofila se puede medir indirectamente con el clorofilómetro (SPAD 502), que consiste en un dispositivo que captura la longitud de onda emitida por la hoja y que se correlaciona a la clorofila con el nitrógeno foliar.

Ledesma (2005) determinó los efectos de cuatro métodos de labranza, dos métodos de siembra, tres dosis de nitrógeno y dos calendarios de riegos sobre el rendimiento de cuatro variedades de trigo. Encontrando que los métodos de labranza barbecho-rastra y los métodos de siembra interaccionaron con la dosis de nitrógeno.

En un trabajo realizado por Mendoza *et al.* (2006) no detectaron diferencias significativas en la clorofila durante cuatro muestreos realizados donde evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada en diferentes fechas de siembra, sin embargo, Piekielek y Fox (1992) indicaron que los niveles de clorofila varían con el híbrido de maíz y el contenido de nitrógeno en la planta, además de sufrir cambios por enfermedades, daño de insectos y heladas.

Uno de los parámetros más importantes y que están relacionados directamente con el rendimiento es la altura de la planta, Monsalve *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de nitrógeno (50, 100, 150 y 200 mg L⁻¹) sobre atributos morfológicos en *Eucalyptus globulus*, donde encontraron que las variables altura de planta y área foliar alcanzaron su máximo valor al fertilizar con 200 mg L⁻¹.

Ferris *et al.* (2008) Compararon las pérdidas gaseosas en forma de NH₃ y el rendimiento de maíz entre tratamientos con distintas fuentes de nitrógeno, donde encontraron una tendencia de pérdidas por volatilización eso se asoció a variables simples que reflejaron el grado de nutrición nitrogenada obtenidas como el índice de verdor (SPAD), el número de hojas verdes y secas, la altura de plantas y la inserción de espigas.

Tenemos presente que la producción de las plantas, depende de la interceptación de la radiación solar y de su conversión en biomasa, esta radiación está determinada por el área foliar, sin embargo, la reducción de la expansión de la hoja se ve afectada por el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrientes (Paliwal *et al.*, 2001).

Evaluando la reflectividad y absorción de la radiación solar total y fotosintética activa en tres densidades de plantas de maíz variedad CAFIME Zermeño *et al.*;

(2005) encontraron que a mayor densidad de follaje, mayor reflectividad, y consecuentemente menor absorción de nutrientes al aumentar la distancia entre surcos, una fracción mayor de la radiación solar total alcanza la superficie y es absorbida por el suelo, lo que resulta en una menor reflectividad del sistema suelo-planta con una mayor densidad de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente experimento se llevó a cabo en el ciclo agrícola primavera-verano (PV) del año 2015 en el Campo Experimental Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuya localización se encuentra entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm (Google earth, 2017).

Autónoma Agraria Antonio Narro.

Tratamientos

En el Cuadro 3.1 se describen los tratamientos utilizados, los cuales consistieron en tres métodos de siembra con cuatro repeticiones. Las dimensiones de cada parcela experimental fueron de 10 m de largo por 6 m de ancho, considerando al tratamiento a doble hilera el equivalente a cinco surcos, mientras que al tratamiento con distancias entre surcos de 50 cm se tuvieron 12 surcos, y para el tercer método con distancias entre surcos de 80 cm se establecieron siete surcos respectivamente, sin embargo, cada unidad experimental comprendió de 60 m².

Cuadro 3.1. Relación de tratamientos utilizados.

Tratamientos	Descripción
1	Siembra de maíz a doble hilera con una distancia entre surco de 60 cm y entre hileras de 20 cm, con distancias entre plantas de 20 cm. A una densidad de población de 61,822 plantas por hectárea.
2	Siembra de maíz a una distancia entre surcos de 50 cm y una distancia entre plantas de 20 cm. Con una densidad de población de 64,482 plantas.
3	El tratamiento tres: Siembra de maíz a una distancia entre surcos de 80 cm y 20 cm entre plantas. Con una densidad de población de 59,835 plantas por hectárea.

Manejo Agronómico del Cultivo

Preparación del terreno

Se realizaron las labores culturales comunes para el cultivo del maíz, barbecho, rastreo, nivelación del terreno, surcado y riego de apoyo.

Fecha de siembra

La siembra se llevó a cabo en húmedo el día seis de mayo del 2015. Ésta se estableció manualmente a tres granos por golpe a la distancia correspondiente de cada método, depositando las semillas en el fondo del surco y tapando posteriormente con rastrillos. Una vez emergidas las plantas se realizó el aclareo a una planta por golpe.

Fertilización

El día 28 de mayo de 2015 (21 días después de la siembra) se aplicó la fertilización con la siguiente formulación de NPK : 234 – 54 – 54 por hectárea, tomándose como fuente de NPK el triple 17 y sulfato de amonio para N. al momento de la siembra se aplicó la totalidad de PK y el 50% de N. el 50% de N restante se aplicó a los 45 días después de siembra.

Riegos

El primer riego se llevó a cabo el primero de mayo del 2015, seis días antes de la siembra, posteriormente el 14 de julio se realizó un riego más y por último el día 4 de agosto, teniendo un total de tres riegos, ya que se tuvo precipitaciones en el transcurso del ciclo fenológico del cultivo.

Control de plagas y enfermedades

Se realizaron dos aplicaciones químicas para combatir las plagas del cultivo de maíz, las cuales se realizaron en la etapa fenológica V8, para el combate de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), trips (*Franquiniella occidentalis*) y gusano elotero (*Eliotis zea*), durante la etapa de llenado de grano.

Cosecha

El 18 de septiembre del 2015 se realizó la cosecha. De cada repetición y tratamiento se tomaron muestras de 15 mazorcas al azar, con la finalidad de obtener los valores representativos los parámetros a evaluar.

Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados fueron totalmente agronómicos, realizándose una sola toma de datos el 29 de julio del 2015, considerando 20 plantas de cada tratamiento con excepción del SPAD. A continuación, se describe cada una de los parámetros evaluados.

Clorofila (SPAD): Se eligió una hoja representativa de cada planta seleccionada (20) por tratamiento y se tomó la lectura con el aparato SPAD-502, en tres partes de la hoja (basal, media y ápice), obteniendo un promedio representativo de cada hoja por planta/repetición/tratamiento. La evaluación de la clorofila se realizó cada siete días, a partir del día 31 de junio hasta el 12 de agosto del 2015, teniendo un total de siete muestreos.

Altura de la Planta (AP): Se tomó la altura del tallo principal desde el nivel del terreno hasta la base de la espiga, tomando como referencia la hoja bandera. Se utilizó una cinta métrica.

Número de Hojas (NH): Se tomó directamente el número de hojas de 20 plantas por repetición/tratamiento, descartando las hojas que estaban muertas.

Largo de la Hojas (LH): El largo de las hojas fue considerado a partir de la lígula al ápice del limbo. Se utilizó una cinta métrica.

Ancho de la Hoja (AH): Se tomó ésta medida en centímetros, en la parte intermedia de la hoja en 20 plantas por repetición/tratamiento. Se utilizó cinta métrica.

Caracteres de la Mazorca: De las muestras de 20 plantas por repetición/tratamiento se cosecharon las mazorcas con la finalidad de obtener sus características que fueron: Longitud de la mazorca (LM), diámetro de la mazorca (DM) y peso de grano por mazorca (PG). La longitud de la mazorca se tomó en centímetros a partir de la base hasta el ápice del olote. El diámetro de la mazorca se tomó en centímetros, en su parte intermedia y el peso de grano por mazorca se obtuvo con un contenido de humedad ajustado al 15% primeramente se bajó la humedad a 15%, para posteriormente obtener el rendimiento por repetición/tratamiento expresadas en toneladas por hectárea.

Diseño experimental

Se consideró un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, teniendo el siguiente modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado del j-ésimo tratamiento en la i-ésima repetición

μ = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i-ésima repetición (bloque).

T_j = Efecto de j-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

i = 1, 2,3, 4 Repeticiones

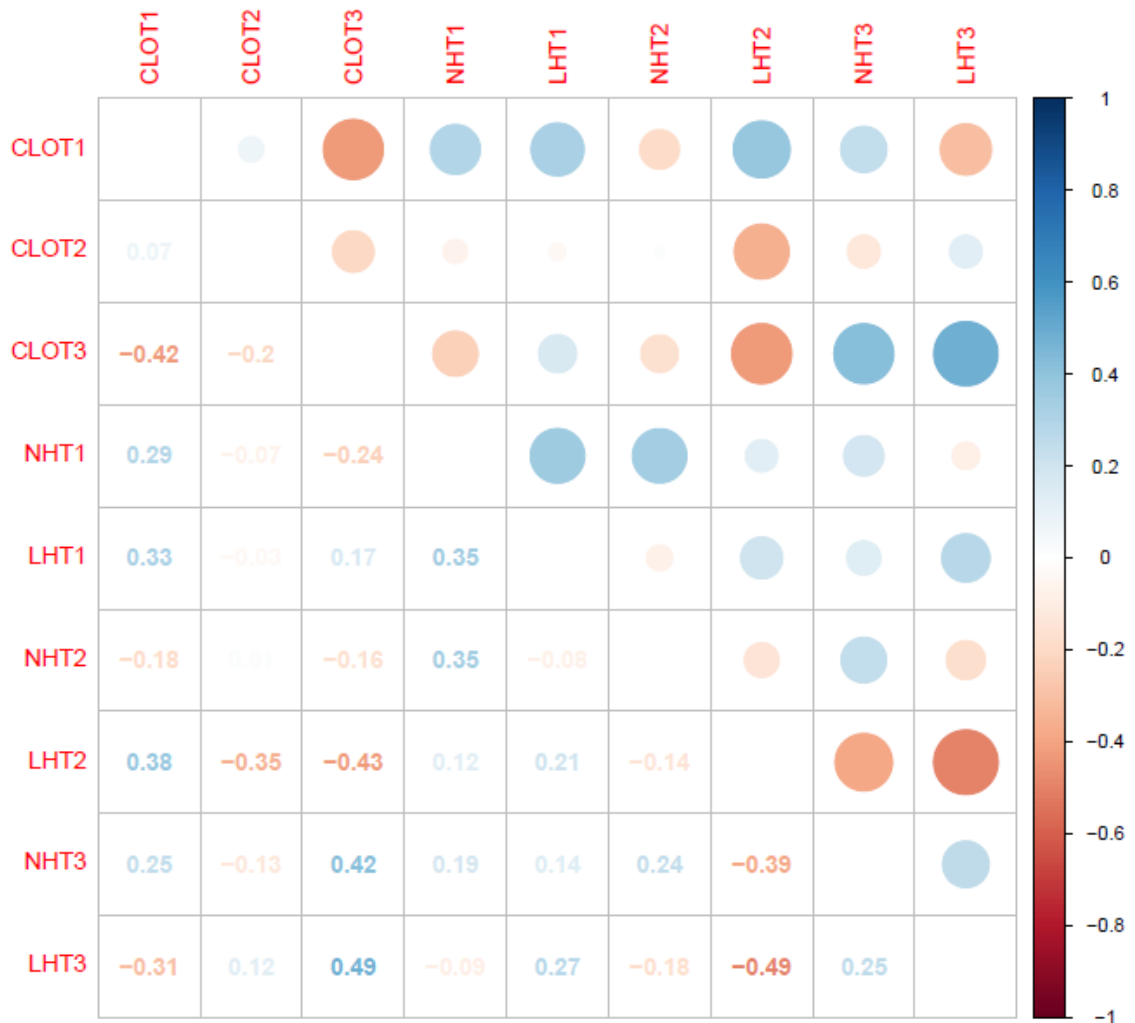
j =1,2,3Tratamientos

Análisis Estadístico

Para el análisis de las variables se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2002), donde se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey y una probabilidad de $p \leq 0.05$. Para las variables de clorofila, altura de planta, largo de hoja, ancho de hoja y número de hoja se realizó un análisis de correlación mediante el programa R-studio (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 4.1 nos indica que se encontraron correlaciones que van de 0.07 a -0.42, considerándose como correlaciones neutras hasta negativas para la variable de clorofila para cada uno de los métodos de siembra (Doble hilera, 50 cm y 80 cm) afirmando de ésta manera que nuestros tratamientos mostraron diferentes comportamientos y que éstos no se relacionan positivamente, por lo cual afirmamos que los tratamientos evaluados son totalmente diferentes. Se encontró una respuesta positiva de la clorofila con respecto a las variables número de hojas (NHT1) con .29 y largo de hojas (LHT1) con .33 en el tratamiento a doble hilera. En el método de siembra a 50 cm entre surcos la correlación fue neutra para el número de hojas (NHT2), más sin embargo, en la variable largo de hojas del tratamiento a 50 cm (LHT2) se pudo encontrar una correlación negativa de -.35. Los registros obtenidos en el método de siembra a 80cm entre surcos, indicó una correlación intermedia positiva para las variables Número de Hojas (NH) con .42, y para la variable Largo de Hoja (LH) con .49. Los parámetros estudiados en la hoja de los métodos de siembra, se relacionaron positivamente mayor en el sistema de siembra tradicional (80 cm) más sin embargo, éstos no se vieron reflejados en el comportamiento en el desarrollo de la planta.



Clorofila del Tratamiento 1 (CLOT1), Clorofila del Tratamiento 2 (CLOT2), Clorofila del tratamiento 3 (CLOT3), Número de Hojas del Tratamiento 1 (NHT1), Número de Hojas del Tratamiento 2 (NHT2), Número de Hojas del Tratamiento 3 (NHT3), Longitud de Hojas del Tratamiento 1(LHT1), Longitud de Hojas del Tratamiento 2 (LHT2), Altura de Planta del Tratamiento 1 (AT1),Altura de Planta del Tratamiento 3 (AT3).

Figura 4.1. Correlación entre las variables estudiadas en el cultivo del maíz el día 29 de julio del 2015.

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para la variable clorofila de acuerdo a las diferentes fechas de evaluación. En dicho cuadro se aprecia que en las fuentes de variación de tratamientos se

encontraron diferencias estadísticas ($p > .05$) a través del tiempo, principalmente en las fechas del 14, 27 de julio y 04 de agosto. También se observó que los coeficientes de variación fueron bajos al oscilar estos entre 6.16 y 11.27 %, lo que refleja que fueron confiables al realizar las medidas respectivas de esta variable entre sus repeticiones y tratamientos.

Cuadro 4.1- Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable clorofila en el cultivo de maíz en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2015.

FV	GL	Fechas de Muestreo						
		31JUL	07JUL	14JUL	21JUL	27JUL	04 AGO	12 AGO
TRT	2	73.304	37.993	295.535*	40.007	116.133*	123.620*	53.8
EE	9	37.229	35.981	25.833	25.087	13.357	25.2143	25.24
CV (%)		11.2763	10.67	9.04	8.77	6.16	8.51	8.7
MEDIA		54.1	56.1	56.16	57.0	59.2	58.9	57.7

C.V. = coeficiente de variación

* = Significativo al 5%

F. V. = Fuentes de Variación

G. L. = Grados de libertad

En el Cuadro 4.2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza en las variables agronómicas del cultivo de maíz donde se observa que en la fuente de variación de tratamientos, solamente en las variables Ancho de Hoja (AH) y Diámetro de Mazorca (DM) se presentan diferencias significativas ($p > .05$), mientras que para las demás variables (Altura de Planta, Número de Hojas, Largo de Hojas, Longitud de Mazorca y Rendimiento) se infiere

estadísticamente que no hay diferencias significativas ($p > .05$). Los coeficientes de variación (CV) registrados para estas variables oscilaron entre 4.30% y un máximo de 17.91% cuyos valores se consideran bajos y muy aceptables para este trabajo.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza en los parámetros medidos en la planta y mazorca.

FV	GL	AP	NH	LH	AH	DM	LM	REND
TRT	2	.0456	.1233	.0022	1.3051*	0.8668*	.6924	3.7938
EE	9	.0134	.3144	.0040	.2901	0.2069	5.8869	1.3878
CV		5.65	4.30	7.17	7.13	8.98	17.91	12.34
MEDIA		2.04	13.01	.88	7.54	5.06	13.54	9.54

C.V. = Coeficiente de Variación

G. L. = Grados de Libertad

F. V. = Fuentes de Variación

* = Significativo al 5%

AP = Altura de Planta

LH = Longitud de Hojas

DM = Diámetro de Mazorca

LM = Longitud de Mazorca

NH = Número de Hojas

AH = Ancho de Hojas

REND = Rendimiento

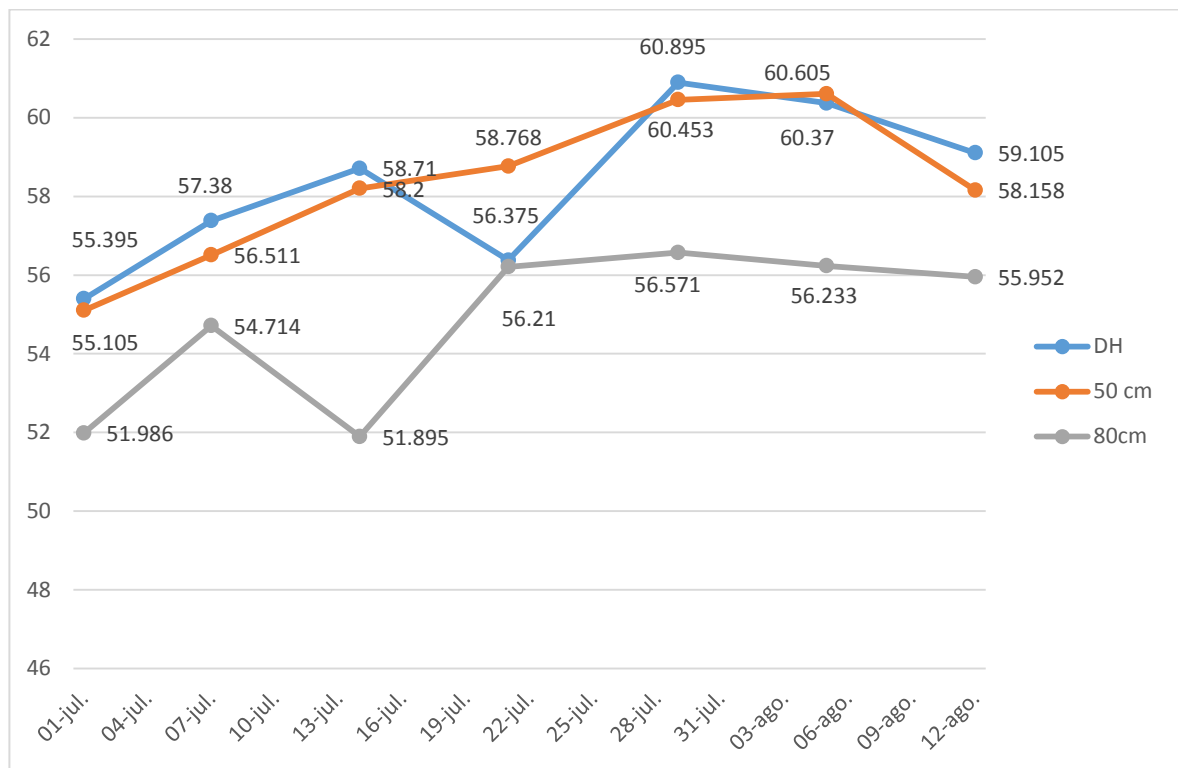
En la Figura 4.2 se aprecia la comparación de medias para la variable clorofila a través de las fechas de evaluación, observando que en la fecha de 52 DDS se estimó que el nivel de clorofila osciló entre 51.9 a 55.39 unidades SPAD, siendo el primer tratamiento (Doble Hilera) quien registró el máximo nivel, mientras que el tercer tratamiento (80 cm entre hileras) presentó el menor nivel de clorofila con 55 unidades SPAD, cabe resaltar que estos valores no difieren estadísticamente.

Para la segunda fecha, que corresponde a 59 DDS se presenta que el valor más alto de clorofila (57.38) corresponde al tratamiento a la siembra de doble hilera, mientras que el tratamiento a 80 cm registró el nivel más bajo con 54.71 unidades SPAD.

Para la tercera fecha, 66 DDS hubo diferentes comportamientos debido a los tratamientos estudiados, donde el método de siembra a Doble Hilera registró una media de 58.71 unidades SPAD, mientras que en el método de siembra en surcos a 50 cm el comportamiento fue similar, pero con valores más bajos, teniendo registros de 58.2, lo cual los hace ser estadísticamente iguales, en cambio, el método de siembra a 80 cm se observó el promedio más bajo con 51.89, lo cual difiere estadísticamente con los primeros dos métodos de siembra.

A los 73 DDS (21 de julio) se registraron medias de 56.37 unidades SPAD en el método de siembra a doble hilera, así también se obtuvo para el método de siembra a 50 cm un valor de 58.76 unidades SPAD y para el método normal a 80 cm se tuvo 56.21, los cuales se agruparon en el mismo nivel estadístico, lo que los hace ser estadísticamente iguales. En cambio, para los 80 DDS (27 de julio) la comparación de medias Tukey mostró que el método de siembra a 80 cm tuvo el valor más bajo con 56.57 unidades SPAD, siendo diferente al obtenido en los métodos de siembra a doble hilera (60.89) y a 50 cm (60.45).

Por los resultados encontrados se observa que se encontró un comportamiento en las diferentes fechas de toma de datos de la clorofila en el cultivo de maíz, donde se aprecia que se favorece ligeramente a los métodos de siembra a Doble Hilera y 50 cm, respectivamente, manifestándose estos tratamientos estables y similares en su comportamiento, los cuales de acuerdo a la agrupación de la prueba de Tukey fueron estadísticamente iguales.(Figura 4.2.)



DH = Método de siembra a doble Hilera
80 cm = Método de siembra a 80 cm

80 cm = Método de siembra 50 cm

Figura 4.2. Comportamiento de la clorofila en tres métodos de siembra en el cultivo del maíz en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2015.

En la Figura 4.3 se observa la dispersión y el diagrama de caja correspondiente a los datos de la variable clorofila para la fecha 13 y 22 de julio. Es de suma importancia recalcar que en las fechas anteriores al 13 de julio se presentó un estrés hídrico, por lo cual se observa un decremento en la tasa fotosintética en dicha fecha, afectando de manera significativa y drástica al método de siembra a 80 cm, sin embargo, el método de siembra a Doble Hilera mostró un comportamiento similar al método de siembra de 80 cm pero en la fecha del 22 de julio, éste comportamiento se debió a una reducción en el número de plantas por superficie obteniendo una reducción en su rendimiento (25%) de las plantas por lo que descartamos que se haya debido a un estrés hídrico o comportamientos relacionados a la tasa fotosintética general. De acuerdo a lo anterior, Laurer (1996) considera que dentro de las ventajas de usar el sistema de siembra de surcos estrechos y doble hilera en maíz, está el uso de menos agua, generada por la poca evaporación y menor incidencia de luz solar directa a la superficie.

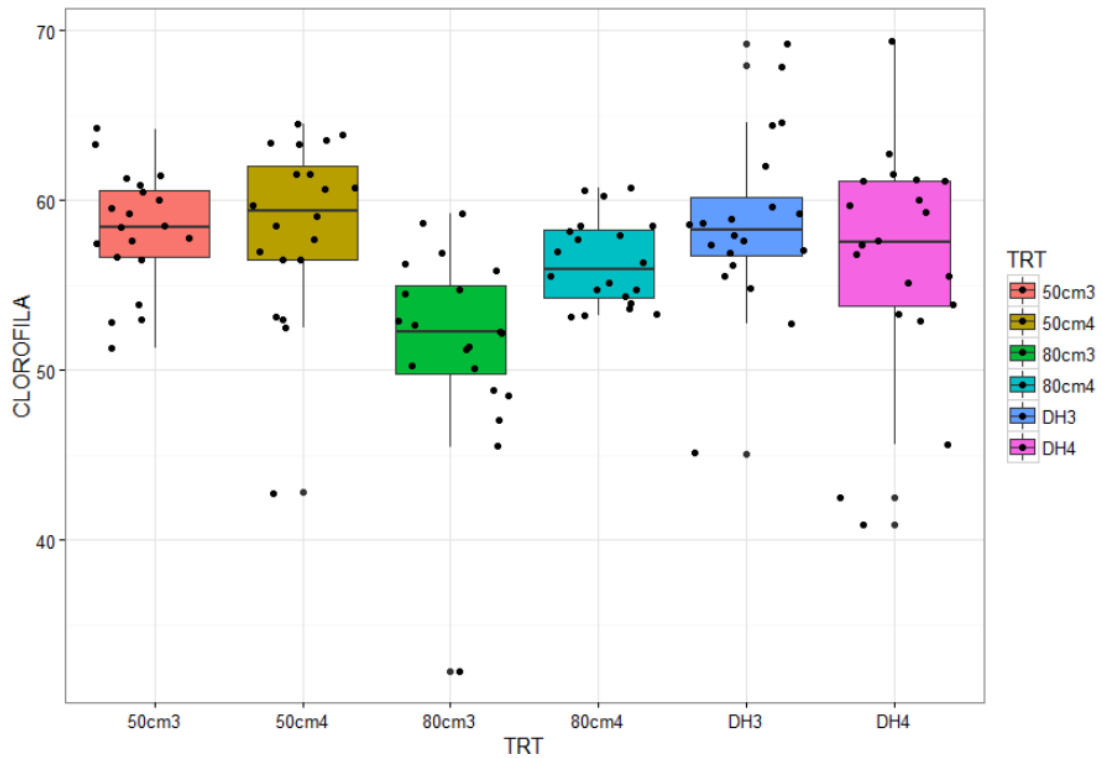


Figura 4.3.-Diagrama de caja para la variable clorofila en el cultivo del maíz producido en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 13 y 22 de julio, 2015.

En la Figura 4.4 se muestran las variables agronómicas de la planta de maíz y de rendimiento. Las inferencias observadas muestran que con excepción de la variable Número de Hojas (NH) y Largo de Hojas (LH) no mostraron diferencias significativas en su comportamiento, mientras que la variable de altura de planta y ancho de hoja registraron numéricamente una superioridad en el método de siembra a doble hilera, en comparación con los otros dos métodos, al presentar una altura de planta de 2.16 m y 7.97 cm de Ancho de Hoja.

En el método de siembra en surcos a 50 cm presentó una superioridad numérica en longitud de mazorca con 13.72 cm, seguido por método a Doble Hilera, quien registró 13.59 cm, mientras que el valor más bajo fue para el método de siembra de 80cm.El método de siembra a 80 cm mostró una superioridad en el Número de Hojas con 13.2 y un Largo de Hojas con .90 m, sin embargo, éstos datos no fueron lo suficientemente altos como para llegar a diferencias estadísticas entre sí. De acuerdo a la agrupación de medias, las variables agronómicas obtenidas en el método de siembra a 80 cm son inferiores y estadísticamente diferentes para Ancho de Hoja y Diámetro de Mazorca, en contraste, los promedios obtenidos en los métodos de siembra a doble hilera y 50 cm Figura 4.4.

De acuerdo con Paliwal *et al.*, (2001) concluyeron que la producción de las plantas depende de la interceptación de la radiación solar y de su conversión en biomasa, esta radiación está determinada por el área foliar. De ésta manera, encontramos lo mismo en el presente estudio, en el cual, se muestra en la Figura 4.4. Se encontraron diferencias estadísticas únicamente en los tratamientos a Doble Hilera y 50 cm para las variables ancho de hojas y largo de hojas. Así mismo Paliwal *et al.*, (2001) mencionan que la reducción de la expansión de la hoja se ve afectada por el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrientes, lo cual se ve reflejado en el tratamiento de siembra a 80 cm, quien sufrió las consecuencias de daños por sequía que se presentó

durante el desarrollo del cultivo. La variable número de hojas muestra mayor eficiencia en el método de siembra con surcos reducidos.

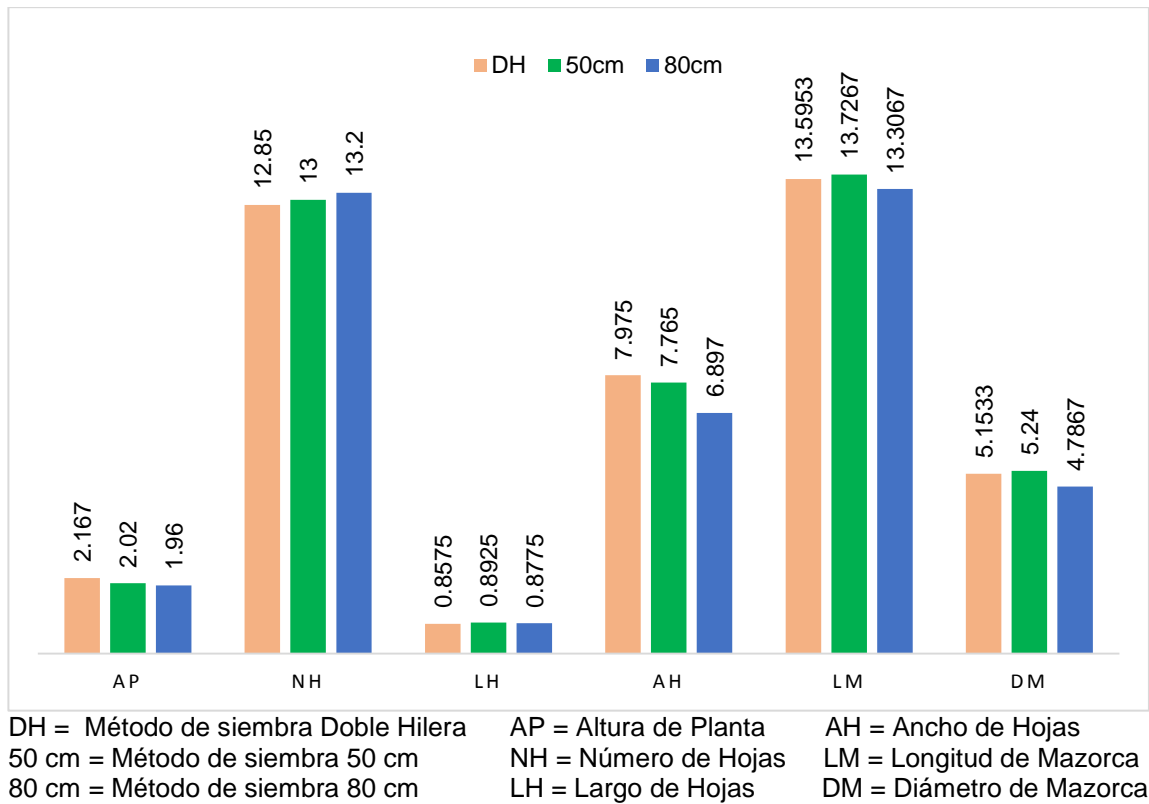
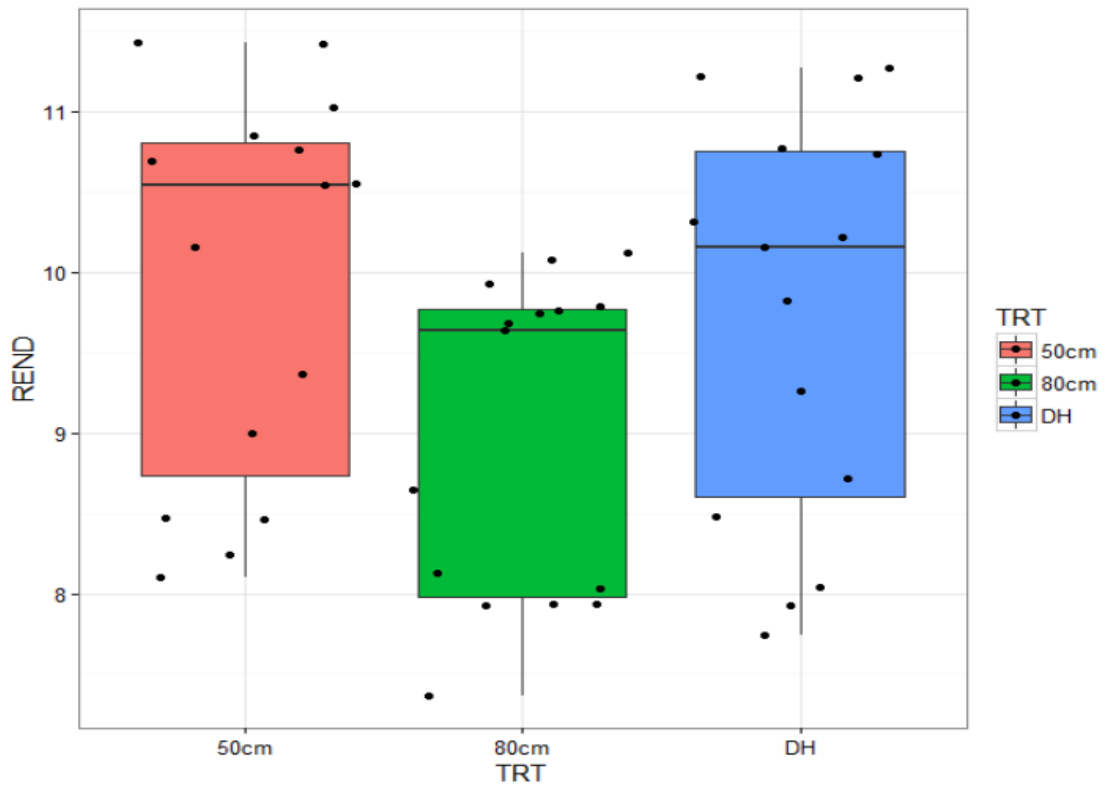


Figura 4.4. Variables agronómicas en el cultivo del maíz producidos en diferentes métodos de siembra en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2015.

La Figura 4.5 contiene la dispersión de los rendimientos obtenidos, representados mediante un diagrama de caja, donde se encontró que de acuerdo a la agrupación de medias de Tukey no fueron diferentes estadísticamente. Sin embargo, se observó que el método de siembra a Doble Hilera tuvo el mayor rendimiento numéricamente con 9.724 t ha^{-1} seguido por el

método de siembra a 50 cm con 9.936 t ha^{-1} , los cuales superaron a los rendimientos obtenidos en el método de siembra a 80 cm con 8.97 t ha^{-1} . Cabe mencionar que los datos obtenidos son muy dispersos e inestables y que no se encuentra una tendencia hacia el comportamiento respectivo de cada tratamiento, esto fue quizás debido a un estrés hídrico que se presentó antes de la antesis principalmente en el método de siembra a 80 cm (Figura 4.5). al respecto Farnham (2001) menciona que los híbridos precoces rinden menos que los de ciclo tardío cuando se reduce la distancia entre surcos, numéricamente hablando se puede inferir que los tratamientos con distancias de entre surcos reducidos fueron superiores en un 9.4 % en su rendimiento, lo cual es de suma interés para los productores tener beneficios económicamente rentables, lo cual coincide con Gozubenli *et al.* (2004) quienes encontraron un rendimiento de 4% más de grano a favor de la siembra a doble hilera.



Medias DH = 9.7244,

50 cm = 9.9365,

80cm = 8.9789

REND = Rendimiento

TRT = Tratamiento

Figura 4.5 Diagrama de caja para comparación de medias en rendimiento ($t\ ha^{-1}$) en diferentes métodos de siembra de maíz en Buenavista, Saltillo, Coah., 2015.

CONCLUSIONES

Los métodos de siembra a doble hilera y 50 cm entre surcos (Surcos angostos) registraron mayor eficiencia y mejores comportamientos agronómicos en comparación con el método de siembra tradicional (surcos normales), los cuales alcanzaron un promedio de 9.4 % en rendimiento, en relación al registrado por el método de siembra a 80 cm.

El método de siembra a doble hilera presentó mayor eficiencia con respecto a la mayoría de las variables evaluadas, y así mismo el mejor rendimiento.

Los métodos de siembra a espacios reducidos entre surcos manifestaron estabilidad a estrés hídrico, en donde el método tradicional mostró un déficit hídrico muy pronunciado.

LITERATURA CITADA

- Andrade F. A., G. C. Uhart, S. y M. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires. 292 pp.
- Benz, B. F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. *Arqueología mexicana* 5(25):17-23.
- Daughtry, C.S.T., Walthall, C.L., M.S, Kim; Brown de Colstoun, E., McMurtrey III, J. E., 2000. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote. Sens. Environ.* 74: 229-239.
- Farnham, D.E. 2001. Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agron. J.* 93:1049-1053.
- Fernández S. R., L. A. Morales Ch. y A. Gálvez M. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotécnica Mexicana.* 36(3ª): 275–283.
- García-Urigüen, P. 2012. La Alimentación de los Mexicanos. Cambios Sociales y Económicos, y su Impacto en los Hábitos Alimenticios. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA) D.F., México. 162p.
- Zamudio G. B., A. Espinosa-Calderón, M. Tadeo-Robledo, J. J. Encastín-Dionicio, J. N. Martínez-Rodríguez, A. Félix-Reyes, A. L. Cárdenas-Marcelo y A. Turrent-Fernández. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 6(7):107-110.
- Gutiérrez S. J. R. y E. M. Medina 2008. Maíz Cafime variedad que llegó para quedarse. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Gozubenli H, M. K. O. Sener and O. Konuskan (2004). Effects of single and twin row planting on yield and yield components in maize. *Asian J. Plant Sci.*, 3: 203-206.

- Kabesh, M.O., M.F. El-Kramany, G.A. Sary, H.M. El-Naggar and Sh. H. Gehan Bakhoium. 2009. Effect of sowing methods and some bio-organic fertilization treatments on yield and yield components of wheat. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5(1):97-102
- Laurer, J. 1996. Planting corn in rows narrower than 30-inches. University of Wisconsin. Agronomy Advice. Publication. Field Crop. 28.423-8.
- Luna F. M., J. R. Gutiérrez S., A. R. Peña, F. G. Echavarría Ch. y J. G. Martínez . 2005. *Revista Fitotécnica Mexicana*. 28(1):39–45.
- Ledesma R. L., E. M. Solís, M. P. S Franco, y M. F G. Rodríguez .2010. Relación de métodos de labranza, siembra, riego y dosis de nitrógeno con el rendimiento de trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(1), 55-63.
- Melchiori R.J.M., Barbagelata P.A., Albarenque S.M. y N. Faccendini 2007. Momentos de aplicación y fuentes de N en maíz. 2007. Actualización Técnica de Maíz, Girasol y Sorgo. INTA-EEA Paraná. Serie de Extensión n° 44:74-79.
- Mera-Ovando, L. M., C. Mapes-Sánchez. 2009. El maíz. Aspectos biológicos. *In*: Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. T. A. Kato, C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, R. A. Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:19-32.
- Monsalve J, R Escobar, M Acevedo, M Sánchez, R Coopman. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque* 30(2): 88-94.
- Nielsen, R.L., 2001. Stand establishment variability in corn. [modified Nov. 2001; verified 1 Dec. 2003]. Dep. of Agronomy, Purdue Univ., West Lafayette, 91-100.
- Nielsen, R. L. 1997. Perspectives on narrow row spacings for corn (less than 30 inches. Purdue University. Publication No.AGRY: 96-117.
- Paliwal R. L., G. G., H. R. Lafite y A. D. Violic., J. P. Marathée. 2001. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 210-212.

- Piekielek, W. P. and Fox, R. H. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84:59–65.
- Piperno, D. R. and K.V. Flannery. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland México: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 98(4): 2101–2103.
- R Studio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Statistical Analysis System SAS Institute (2002). *SAS/STAT software: Version 9.0 (TS M0)*. Cary, NC.
- Schepers, J. S.; D. Francis, Vigil, M. and Below, F. E. 1992. Comparasion of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Common. Soil Sci. Plant Anal.* 23:2173–2187.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016 Cierre de la Producción Agrícola por cultivo “Modalidad riego + temporal” SAGARPA, D.F México.
- Turrent-Fernández, A., T. A. Wise y E. Garvey. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mex. Rural Develop. Res. Rep.* 24:1-36.
- USDA. 2016. Foreign Agricultural Service Production, Supply and Distribution (PSD) Online Database.
- Zermeño G. A., J. A. Montemayor-Trejo, J. Munguía-López, L. Ibarra J. y M. Cadena Z. 2005. Reflectividad y absorptividad de la radiación en tres densidades de planta y su relación con el rendimiento de maíz (variedad CAFIME). *Colegio de Postgraduados, Texcoco México. Agrociencia*, Vol. 39, núm. 3, pp 285 – 292.