



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“EVALUACIÓN DE SISTEMA DE SIEMBRA DE ALTA DENSIDAD TWIN ROW
EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN CONDICIONES DE RIEGO POR GOTEÓ.”**

PRESENTADO POR:
Br. HEBER SALOMÓN ZELADA OLMEDO

PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

SANTA TECLA, DICIEMBRE 2024



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR:

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS

VICE-RECTOR:

ING. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LARREYNAGA

SECRETARIO GENERAL:

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO

FISCAL:

LIC. CARLOS ALBERTO COCA MUÑOZ

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA:

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA

FACULTAD DE INGENIERIA

DIRECTOR DE ESCUELA AGRONÓMICA:

ING. ALFREDO AGUSTIN RIVERA

SANTA TECLA, DICIEMBRE 2024



ASESOR:

ING. JOSÉ ULISES PACAS

JURADO EVALUADOR

ING. BENJAMÍN MUÑOZ QUINTANILLA

INGA. SILVIA DINORA GUARDADO

ING. ALFREDO AGUSTIN RIVERA MENJIVAR

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS DIECISIETE

A las diecisiete horas, del lunes dieciséis de diciembre de dos mil veinticuatro. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por HEBER SALOMON ZELADA OLMEDO, en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

"EVALUACIÓN DE SISTEMA DE SIEMBRA DE ALTA DENSIDAD TWIN ROW EN EL CULTIVO DE MAÍZ, EN CONDICIONES DE RIEGO POR GOTEO."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADO, con una calificación de OCHO PUNTO CUATRO (8.4), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO AGRONOMO

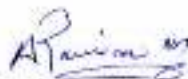
No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.



ING. BENJAMIN MUÑOZ QUINTANILLA



INGA. SILVIA DINORA GUARDADO



ING. ALFREDO AGUSTIN RIVERA MENJIVAR



ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

Gracias infinitas a mis padres, por su amor incondicional, por el apoyo, la paciencia y la comprensión que me brindaron en todos estos años de estudio.

A la universidad Técnica Latinoamérica por plantar todas las bases de este desarrollo profesional, a cada uno de los catedráticos que han sido parte de este camino aportando sus conocimientos y valores.

A mis compañeros con quienes forjamos lazos de amistad a través de los años de esta increíble carrera y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante.

A mi padre por ser el ejemplo a seguir en esta carrera, y siempre estar presente para mí en todo el tiempo dedicado a mi formación como profesional.

A mi esposa e hijas quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellas.

INDICE

1	AGRADECIMIENTOS	5
2	DEDICATORIA	6
3	ÍNDICE DE TABLAS	10
4	ÍNDICE DE FIGURAS	10
5	INDICE DE GRAFICOS.....	11
6	RESUMEN	12
7	SUMMARY.....	13
8	INTRODUCCIÓN	1
9	OBJETIVOS	2
9.1	Objetivo General	2
9.2	Objetivos específicos.....	2
10	MARCO DE REFERENCIA.....	3
10.1	Generalidades del cultivo de Maíz	3
10.1.1	Historia y evolución.....	3
10.1.2	Origen del teosinte.....	4
10.1.3	Historia del cultivo de maíz en El Salvador	5
10.2	Semillas Híbridas	6
10.2.1	Híbrido DEKALB 390	7
11	FUNDAMENTOS SOCIOECONÓMICOS	9
11.1	Situación Actual de la producción de Maíz blanco El Salvador	9
11.2	Importancia económica.....	9
11.2.1	Exportaciones	9
11.2.2	Importaciones	10
11.2.3	Consumo per cápita	12
11.3	Importancia Social.....	12
11.3.1	Empleos directos e Indirectos	12
12	GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MAIZ BLANCO	13
12.1	Descripción de la planta	13
12.2	Hábitos de floración	13
12.3	Adaptación	13

12.4	Suelo.....	14
12.5	Agua	14
12.6	Estados fenológicos del maíz.....	15
13	LABORES CULTURALES	17
13.1	Preparación del suelo.....	17
13.2	Siembra	17
13.2.1	Primera.....	17
13.2.2	Postrera.....	17
13.2.3	Apante.....	18
13.3	Métodos de siembra	18
13.3.1	Manual tradicional hilera simple.....	18
13.3.2	Manual Twin Row.....	18
14	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
14.1	Materiales y Equipo	20
14.1.1	Insumos agrícolas.....	20
14.1.2	Materiales	20
14.1.3	Equipos de oficina	20
14.2	Ubicación y Acceso.....	20
14.2.1	Unidades experimentales.....	21
14.2.2	Tratamientos.....	21
14.2.3	Distribución de tratamientos	23
14.2.4	Manejo de las parcelas.....	23
14.2.5	Toma de datos.....	26
14.3	Variables analizadas	27
14.3.1	Altura de la planta	27
14.3.2	Diámetro del tallo	27
14.3.3	Longitud de mazorca.....	27
14.3.4	Numero de hileras por mazorca.....	27
14.3.5	Rendimiento por hectárea	28
14.3.6	Análisis económico de la relación B/C.....	28
14.4	Fase experimental	28
14.4.1	Determinación de tamaño de las parcelas experimentales	28

14.4.2	Diseño experimental y análisis estadístico	29
15	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	30
15.1.1	Altura de la planta	30
15.2	Diámetro del tallo	31
15.3	Longitud de la mazorca	33
15.4	Numero de hileras por mazorca.....	34
15.5	Peso de la mazorca de maíz	35
15.6	Análisis económico de la relación B/C.....	37
15.7	Costo total.....	39
16	CONCLUSIONES	40
17	RECOMENDACIONES	42
17.1	Consideraciones adicionales	42
18	BIBLIOGRAFÍA	43
1	ANEXOS	45
1.1	Análisis de Varianza.....	45
1.1.1	Altura de la planta	45
1.1.2	Diámetro del tallo.....	46
1.1.3	Longitud de la mazorca	47
1.1.4	Cantidad de hileras por mazorca.....	48
1.1.5	Peso de la mazorca.....	49
1.1.6	Secuencia de desarrollo del cultivo	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica del maíz</i>	6
Tabla 2 <i>Características agronómicas de la variedad Dekal 390</i>	8
Tabla 3 <i>Etapas fenológicas del maíz</i>	16
Tabla 4 <i>Descripción de los tratamientos</i>	22
Tabla 5 <i>Control químico de plagas</i>	25
Tabla 6 <i>Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz</i>	25
Tabla 7 <i>Aporte Nutricional de fertilizantes por hectárea</i>	25
Tabla 8 <i>Análisis de altura de la planta de maíz</i>	30
Tabla 9 <i>Análisis de diámetro del tallo de la planta de maíz</i>	32
Tabla 10 <i>Análisis de longitud de la mazorca de maíz</i>	33
Tabla 11 <i>Análisis de número de hileras de la mazorca de maíz</i>	34
Tabla 12 <i>Análisis de peso de la mazorca de maíz</i>	35
Tabla 13 <i>Análisis de rendimiento por hectárea</i>	38
Tabla 14 <i>Análisis económico beneficio costo</i>	38
Tabla 15 <i>Costos de insumos, mano de obra y administración</i>	39
Tabla 16 <i>Costo del sistema de riego por goteo para una hectárea</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Evolución Teosinte a la izquierda, Híbrido al centro y maíz a la derecha.....	5
<i>Figura 2</i> Distribución de cultivo de maíz en El Salvador	9
<i>Figura 3</i> Estados de desarrollo fenológico del maíz	15
<i>Figura 4</i> Siembra convencional y método Twin Row en diferentes densidades.....	19
<i>Figura 5</i> Disposición de semillas en métodos de siembra evaluados.....	19
<i>Figura 6</i> Acceso hacia la Cooperativa San Carlos de R.L.	21
<i>Figura 7</i> Distribución de parcelas experimentales	23
<i>Figura 8</i> 12 DDS, izquierda siembra convencional, derecha Twin Row	24
<i>Figura 9</i> Tamaño adecuado de parcela, método de curvatura máxima.....	29
<i>Figura 10</i> Altura 17 DDS, izquierda siembra convencional y derecha Twin Row	30
<i>Figura 11</i> Diámetro 17 DDS, Izquierda siembra convencional, derecha Twin Row	32
<i>Figura 12</i> Longitud, izquierda siembra convencional y derecha Twin Row.....	33
<i>Figura 13</i> Hileras, izquierda siembra convencional y derecha Twin Row.....	34
<i>Figura 14</i> Izquierda mazorcas identificadas por tratamiento y derecha grano para pesar....	35
<i>Figura 15</i> 32 DDS. Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row	37

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Exportación de maíz blanco.....	10
Gráfico 2 Importaciones Maíz blanco realizadas por El Salvador 2018-2022	11
Gráfico 3 Histórico de costo de quintal de maíz blanco importado.....	11
Gráfico 4 Comparativo de altura de la planta de maíz blanco.....	31
Gráfico 5 Comparativo de diámetro del tallo de la planta de maíz blanco.....	32
Gráfico 6 Comparativo de las características de la mazorca de maíz blanco	36

“EVALUACIÓN DE SISTEMA DE SIEMBRA DE ALTA DENSIDAD TWIN ROW EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN CONDICIONES DE RIEGO POR GOTEÓ”

Br. Heber Salomón Zelada Olmedo

RESUMEN

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Cooperativa San Carlos de R.L., en el área experimental dedicada al cultivo de maíz, municipio de El Paisnal, departamento de San Salvador, El Salvador. Se realizó la evaluación de dos métodos de siembra utilizados en el cultivo de maíz de grano blanco de la variedad dekalB 390, un testigo que consiste en una siembra convencional con distanciamiento de 0.80 m entre surco y 0.40 m entre planta con hilera simple con 2 semillas por postura para lograr una densidad de siembra de 62,500 plantas por hectáreas y en un método novedoso de siembra conocido como Twin row (doble hilera) con distanciamiento de 0.80 m entre surco, 0.20 m entre hileras y 0.20 m entre planta a 1 semilla por postura para obtener una densidad de siembra de 100,000 plantas por hectárea. Se evaluaron variables de desarrollo de la planta tales como: Altura, diámetro del tallo; además de variables que permitieron analizar el rendimiento de los tratamientos: Longitud de la mazorca, cantidad de hileras por mazorca y el peso obtenido del desgranado de la mazorca para conocer el rendimiento de área útil del ensayo y se realizó una proyección de rendimiento para una hectárea, en este cálculo se consideró el área perdida de cada parcela que fue para el método convencional 10% y en Twin row 20%. A pesar de una pérdida del 20% de plantas, Twin row generó un rendimiento mayor y mayores ingresos por hectárea debido a su mayor densidad de siembra. Aunque no hubo diferencias significativas estadísticamente en el desarrollo general de la planta, Twin Row resultó más rentable. **Palabras claves:** Distribución, Densidad, Altura, Diámetro, Longitud, Peso y Rendimiento.

“EVALUATION OF TWIN ROW EN HIGH DENSITY PLANTING SYSTEM
FOR CORN CULTIVATION UNDER DRIP IRRIGATION CONDITIONS”

Br. Heber Salomón Zelada Olmedo

SUMMARY

The research was carried out at the facilities of the San Carlos de R.L. Cooperative, in the experimental area dedicated to corn cultivation, municipality of El Paisnal, department of San Salvador, El Salvador. An evaluation was carried out of two sowing methods used in the cultivation of white grain corn, a control consisting of conventional sowing with a spacing of 0.80 m between furrows and 0.40 m between plants with a single row with 2 seeds per seeding to achieve a planting density of 62,500 plants per hectare and a novel sowing method known as Twin row (double row) with a spacing of 0.80 m between furrows, 0.20 m between rows and 0.20 m between plants at 1 seed per seeding to obtain a planting density of 100,000 plants per hectare. Plant development variables such as: Height, stem diameter; In addition to variables that allowed the analysis of the performance of the treatments: length of the cob, number of rows per cob and the weight obtained from the shelling of the cob to know the useful area yield of the test and a yield projection for one hectare was made, in this calculation the lost area of each plot was considered, which was 10% for the conventional method and 20% for Twin row. Despite a 20% loss of plants, Twin Row generated a higher yield and higher income per hectare due to its higher planting density. Although there were no statistically significant differences in the general development of the plant, Twin Row was more profitable. **Keywords:** Distribution, Density, Height, Diameter, Length, Weight and Yield.

INTRODUCCIÓN

El método de siembra Twin Row (doble hilera) fue desarrollado por el Dr. Randy Taylor de la Universidad de Kentucky en la década de 1980 para el cultivo de maíz. Este método implica sembrar dos filas de maíz en paralelo con una separación de 20 a 25 cm entre ellas y una distancia de 76 a 91 cm entre cada pareja de filas para crear una configuración de siembra en forma de V. La idea es aprovechar el espacio disponible en el campo de manera más eficiente y maximizar el uso de los recursos del suelo, como nutrientes, agua y luz solar, al tiempo que se reduce la competencia entre las plantas de maíz.

Este estudio evaluará el rendimiento del cultivo de maíz bajo el sistema de siembra Twin Row en comparación con el sistema de siembra tradicional estableciendo parcelas experimentales de igual superficie en condiciones de riego por goteo. Las variables a considerar son: el número de plantas, la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el número de hileras de grano por mazorca, el peso promedio de las mazorcas y el rendimiento total de maíz por unidad de área.

Los resultados de este estudio pueden ser útiles para los agricultores que buscan mejorar la eficiencia de su producción de maíz blanco, especialmente en áreas donde el agua es un recurso limitado y el riego por goteo es una opción viable.

OBJETIVOS

11.1 Objetivo General.

- Evaluar las características del sistema de siembra de alta densidad Twin Row en el cultivo de maíz en condiciones de riego por goteo.

11.2 Objetivos específicos

- Determinar la eficacia del sistema de siembra de alta densidad Twin Row en el cultivo de maíz bajo condiciones de riego por goteo, en términos de rendimiento y calidad de la mazorca.
- Evaluar si el método de siembra Twin Row ayuda a mejorar el desarrollo de la planta y los rendimientos en el cultivo de maíz, analizando datos de variables consideradas como: altura de planta, diámetro de tallo y peso por mazorca.
- Realizar un análisis económico de los resultados obtenidos comparando el método de siembra convencional y Twin Row en el cultivo de maíz, utilizando el método de beneficio costo para determinar la rentabilidad, considerando; los rendimientos alcanzados, los precios de venta y costos de producción asociados al cultivo.

MARCO DE REFERENCIA

12.1 Generalidades del cultivo de Maíz

12.1.1 Historia y evolución

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos. (Wilkes, 1979, 1985)

La planta de maíz es conocida científicamente como *Zea Mays*, es una especie vegetal originaria de América. Se cree que el maíz se originó en la región mesoamericana, específicamente en el actual México, hace unos 10,000 años.

La evidencia más antigua del cultivo de maíz se encuentra en el Valle de Tehuacán, en el estado de Puebla, México. Allí, los arqueólogos han descubierto restos de maíz carbonizados que datan de hace aproximadamente 5,000 años.

Según el libro "The Origin of Maize" de John F. Doebley, la domesticación del maíz comenzó hace unos 9,000 años. Los primeros cultivadores de maíz eran cazadores-recolectores que recolectaban maíz silvestre y lo cultivaban de manera rudimentaria. Con el tiempo, el maíz se fue adaptando a los distintos climas y suelos de América, y se desarrollaron distintas variedades.

En el libro "Corn: Origin, History, Technology, and Production" de C. Wayne Smith y Javier Betrán, se detalla que la selección artificial de las variedades de maíz comenzó hace unos 4,000 años, cuando las comunidades agrícolas empezaron a seleccionar las plantas más grandes y productivas para su cultivo. Con el tiempo, se desarrollaron variedades de maíz

adaptadas a distintas condiciones climáticas y suelos, y se establecieron distintas técnicas de cultivo.

Hoy en día, el maíz es una de las plantas más importantes del mundo. Según la FAO, en 2021 se produjeron más de 1.160 millones de toneladas de maíz a nivel mundial, siendo los principales productores Estados Unidos, China, Brasil, México y Argentina. El maíz se utiliza como alimento para consumo humano y animal, como materia prima para la producción de biocombustibles, plásticos y otros productos industriales, y como materia prima para la producción de bebidas alcohólicas como la cerveza y el whisky. (FAO, 2019)

12.1.2 Origen del teosinte

El maíz deriva del teosinte a través de mutaciones y por selección natural (Longley, 1941) o fue obtenido por los primeros agricultores fitomejoradores (Beadley, 1939, 1978, 1980). Es generalmente aceptado el hecho de que el teosinte es el antecesor silvestre y/o allegado al maíz y que ha participado directamente en el origen del maíz cultivado. La hipótesis de Beadley de que el maíz es una forma domesticada de teosinte ha encontrado considerable apoyo (Goodman, 1988)

Sin el fitomejoramiento, tendríamos poco que comer y lo que tendríamos, no sería muy sabroso o nutritivo. ¡La mayor parte de los cultivos familiares para nosotros hoy en día ni siquiera existían en la naturaleza! La humanidad ha estado mejorando las plantas por 50.000 años para mejorar el rendimiento, la calidad y el sabor, y los fitomejoradores hoy siguen mejorando los cultivos con herramientas modernas como la biotecnología. (Croplife, 2018)



Figura 1 Evolución Teosinte a la izquierda, Híbrido al centro y maíz a la derecha.

Fuente: Foto de John Doebley.

12.1.3 Historia del cultivo de maíz en El Salvador

El maíz, no solo es uno de los alimentos y cultivos más antiguos, sino, históricamente, la base de la supervivencia para los habitantes de la región mesoamericana. Se cree que este grano es propio de nuestra región. Fue pasando por el territorio americano y llegó a El Salvador para convertirse en un cultivo permanente, que ofrece una base de alimentación muy importante.

Fue uno de los principales cultivos de los pueblos prehispánicos que habitaron la región, como los pipiles y los mayas, quienes lo cultivaban y lo utilizaban como alimento básico.

Durante la época colonial, el maíz siguió siendo un cultivo fundamental, y se utilizaba tanto para el consumo humano como para la alimentación de animales. Con el tiempo, se desarrollaron diferentes variedades de maíz que se adaptaban mejor a las condiciones climáticas y geográficas de El Salvador.

En el siglo XX, la producción de maíz se convirtió en una actividad económica importante para el país, y actualmente es el principal cultivo alimentario de El Salvador. Sin embargo, en las últimas décadas, la producción de maíz se ha enfrentado a desafíos como la

competencia de importaciones de maíz de otros países, el cambio climático y la falta de apoyo para los agricultores locales.

Tabla 1 *Clasificación taxonómica del maíz.*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub Clase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Gramineas
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>
Nombre científico	<i>Zea mays</i>

12.2 Semillas Híbridas

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

La decisión más importante en el ciclo del maíz es la selección del híbrido, por eso es importante considerar las siguientes recomendaciones:

1. Buscar información sobre las empresas semilleras. Actualmente más del 75 % del mercado mundial semillero de maíz lo dominan cinco compañías transnacionales; sin embargo, existen numerosas empresas semilleras regionales y locales. Lo anterior demanda de los productores el investigar y conocer a las empresas.

2. Asistir a pláticas de promoción de distribuidores de semillas y eventos de campos de empresas semilleras. La oferta del mercado de semillas de maíz es tan grande que se pueden encontrar híbridos con diferentes características y respuestas a la región que se pretende sembrar. Además, constantemente están saliendo al mercado híbridos con nuevas características. Por lo tanto, es importante acudir a estos eventos para conocer: potencial del híbrido, adaptabilidad, susceptibilidad a plagas y enfermedades, resistencia al acame, costos, etc.

3. Escuchar testimonios. Una parte fundamental para la selección del híbrido es buscar y conocer los testimonios de amigos, vecinos, técnicos u otros productores sobre los rendimientos y comportamientos obtenidos con el híbrido en la región.

4. Revisar los datos comparativos de rendimientos. Estos datos comparativos entre híbridos se pueden obtener de reportes de dependencias gubernamentales, instituciones de investigación, universidades, asociaciones de productores, evaluaciones de empresas semilleras, etc. (Rodríguez I. J., 2017)

12.2.1 Híbrido DEKALB 390

DK-390 es un híbrido de alto potencial de rendimiento que podría ayudar a generar un mejor retorno de inversión. Grano grande a cosecha, planta vigorosa y atractiva por su producción de biomasa, resistencia al encamado y rendimiento (“Stay Green”) (DEKAL, 2022)

Tabla 2 *Características agronómicas de la variedad Dekal 390*

Descripción	Característica
Color de grano	Blanco
Textura	Semi cristalino
Altura de planta	280 Cm
Altura de mazorca	145 Cm
Hileras por mazorca	16 - 20
Días a floración	55 - 60
Días a cosecha	120 - 140
Rango de adaptación	350 a 1.200 msnm

FUNDAMENTOS SOCIOECONÓMICOS

13.1 Situación Actual de la producción de Maíz blanco El Salvador

En El Salvador la superficie de producción de maíz para el año 2022 fue de 376, 229 manzanas con una producción de 18,407,720 quintales anuales y un rendimiento de 48.9 quintales por manzana. (MAG-DGEA, 2022)



Figura 2 Distribución de cultivo de maíz en El Salvador

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

13.2 Importancia económica

Actualmente, la demanda de maíz blanco en El Salvador ronda los 22 millones de quintales al año. La producción local es de 17.5 millones de quintales anuales, lo que provoca una dependencia de más de 4 millones de las importaciones, para satisfacer la demanda nacional.

13.2.1 Exportaciones

A pesar de que, en El Salvador no se produce lo suficiente para auto abastecer el consumo nacional, se han realizado exportaciones a países del área centroamericana; en los años 2018 se exportaron 50,862.15 quintales a Guatemala y Nicaragua generando

\$517,160.31 dólares y para el año 2020 se exportó 94,973.63 quintales para los países de Guatemala y Honduras con un ingreso de \$1,116,570.76 dólares, son los años más representativos de exportación con un total de 145,835.78 quintales.

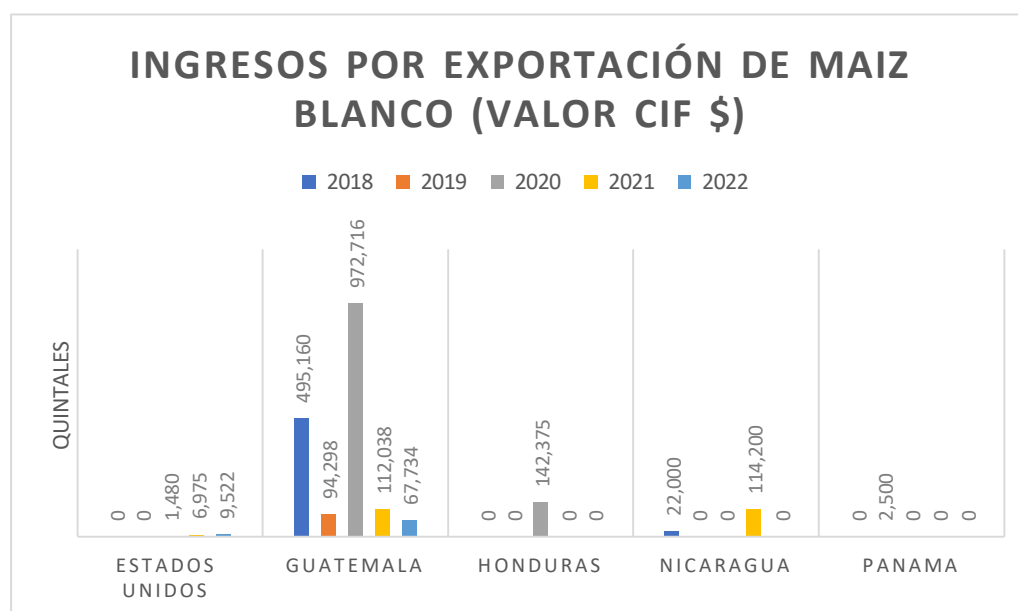


Gráfico 1 Exportación de maíz blanco

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Central de Reserva

13.2.2 Importaciones

Durante el periodo del 2018-2022 El Salvador importó Maíz Blanco significativamente de Estados Unidos y México, mientras que del resto de países se han realizado importaciones de forma esporádica y con un valor relativamente menor, en el año 2019 y 2020 se observan las mayores importaciones de maíz blanco ambos con un total de importación de 4 millones de quintales con un costo de \$44,519,367.84 millones de dólares. (BCR, 2023)

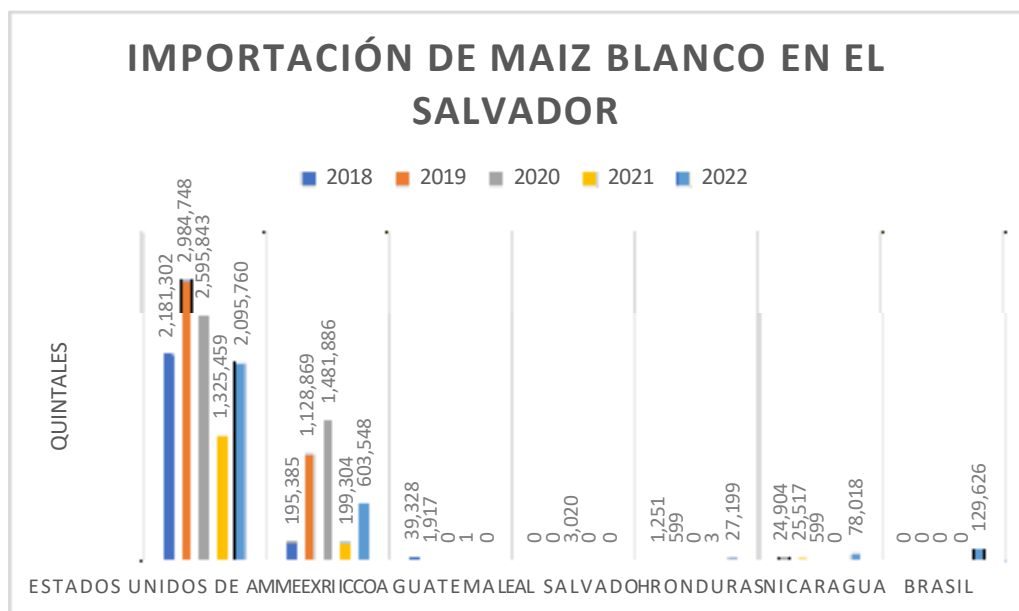


Gráfico 2 Importaciones Maíz blanco realizadas por El Salvador 2018-2022.

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Central de Reserva

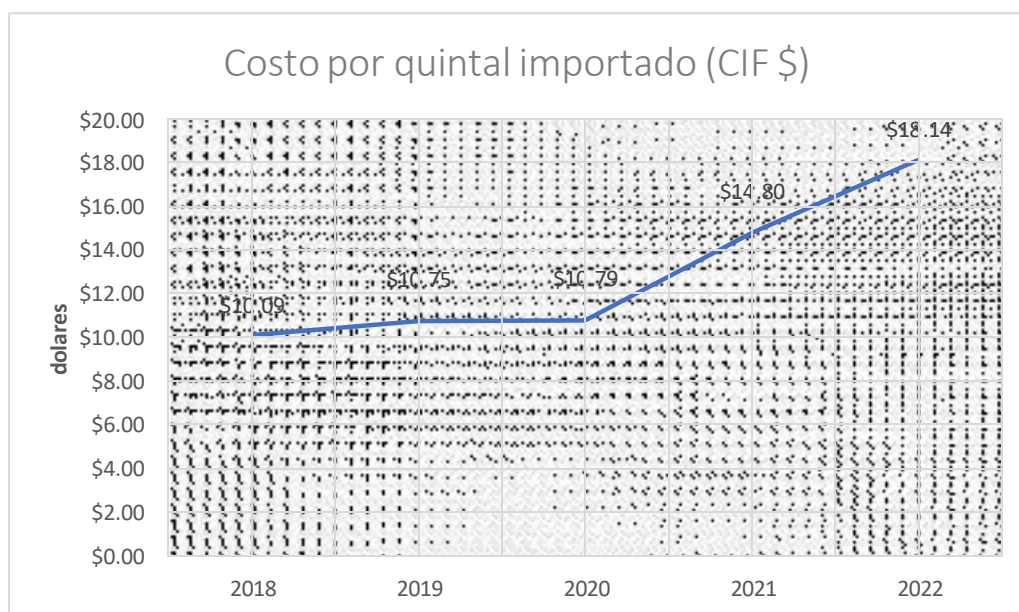


Gráfico 3 Histórico de costo de quintal de maíz blanco importado

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Central de Reserva

13.2.3 Consumo per cápita

Según la FAO 2017, se estima que se consumen en El Salvador, anualmente, cerca de 127 kilogramos (kg) per cápita, en el área rural; y 80.51 kg en el área urbana siendo el mayor consumo del área Centroamericana, el 95% de la producción se destina para consumo humano.

13.3 Importancia Social

Económicamente, el cultivo de maíz genera empleo, impulsa la economía rural y contribuye a la seguridad alimentaria del país. Sin embargo, enfrenta desafíos como el cambio climático y la competencia de las importaciones. A pesar de ello, es una actividad clave para el desarrollo rural y la preservación de las tradiciones salvadoreñas.

13.3.1 Empleos directos e Indirectos

Empleos Directos:

Productores: Son quienes siembran, cuidan y cosechan el maíz. Incluye a pequeños agricultores familiares, medianos productores y grandes empresas agrícolas. Jornaleros Agrícolas: Trabajadores contratados por los productores para realizar tareas específicas como la preparación de la tierra, siembra, deshierbe, cosecha y transporte.

Empleos Indirectos

Sector de Insumos: Productores de Semillas: Desarrollan y producen semillas híbridas y variedades mejoradas de maíz.

Fabricantes de Fertilizantes y Pesticidas: Producen los insumos necesarios para el manejo de cultivos y el control de plagas.

GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MAIZ BLANCO

14.1 Descripción de la planta

El sistema radicular del maíz posee raíces seminales que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada. El crecimiento de esas raíces disminuye después que la plúmula emerge por encima de la superficie del suelo y virtualmente detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo.

14.2 Hábitos de floración

El maíz es normalmente monoico, con inflorescencia terminal estaminada (panoja) o flor masculina, y flores femeninas pistiladas, ubicadas en yemas laterales (mazorcas); así, el maíz produce su rendimiento económico (grano) en ramificaciones laterales. Como resultado de esta separación de mazorca y panoja, y del fenómeno llamado proterandia en la floración, el maíz es una especie alógama (de polinización cruzada) y su tipo de inflorescencia ha permitido la producción de híbridos con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación.

El maíz es una planta dotada de una amplia capacidad de respuesta a las oportunidades que ofrece el medio ambiente y tiene alto nivel de respuesta a los efectos de la luz. Actualmente existe diversidad de cultivares útiles para sembrarse bajo condiciones naturales muy distintas de las propias de su hábitat original.

14.3 Adaptación

El maíz posee buen desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta los 5 metros de altura en altitudes superiores a los 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm). En El Salvador, los mejores rendimientos se obtienen en el rango comprendido entre 0 a 900 msnm, la planta alcanza una altura de 2 a 2.65 metros, por lo que estos germoplasmas son considerados como tropicales. Como cultivo comercial crece entre las latitudes 55° N y 40° S.

14.4 Suelo

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas. En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua.

El maíz en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia; cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por Aluminio y Manganeso además de carencia de Fósforo y Magnesio; con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia de Hierro, Manganeso y Zinc. Los síntomas en el campo de un pH inadecuado en general se asemejan a los problemas de micro nutrientes.

14.5 Agua

La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales. Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido el cultivo puede haber pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento; sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período.

En general, el maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo. El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento, es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra hasta aproximadamente los 15 a 20 días, el aniego por más de 24 horas puede dañar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) porque el meristemo está debajo de la superficie

del suelo en esos momentos; más tarde, en el ciclo de cultivo, el aniego puede ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento.

14.6 Estados fenológicos del maíz

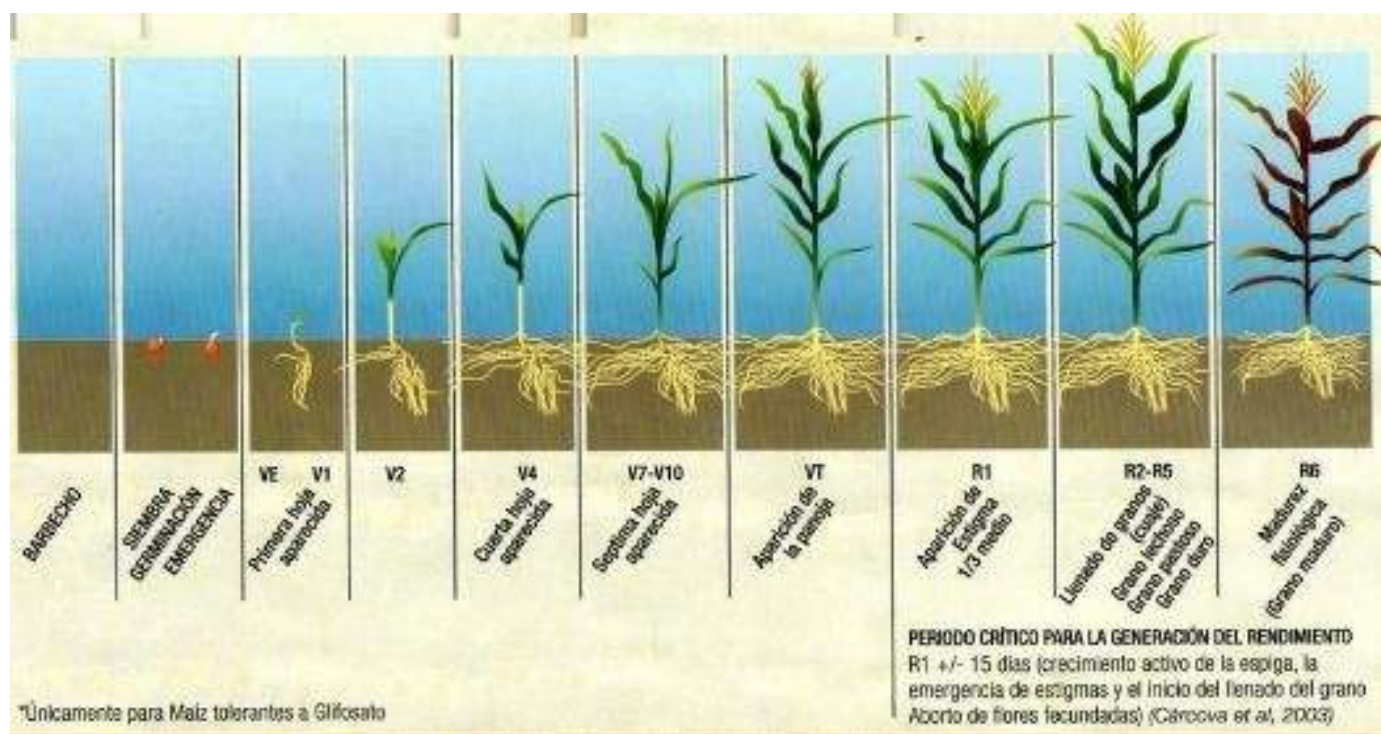


Figura 3 Estados de desarrollo fenológico del maíz

Tabla 3 *Etapas fenológicas del maíz*

Etapa	DDS*	Características
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

DDS* Días Después de Siembra (CONACYT, 2023)

LABORES CULTURALES

15.1 Preparación del suelo

La labranza mínima es una práctica beneficiosa para agricultores que tienen terrenos inclinados o con buen drenaje, ya que disminuye la erosión; también permite una mayor retención de humedad al no remover ni exponer el suelo a la acción del sol y el viento.

Si la maleza tiene más de 50 cm de alto, se realiza una chapoda y entre 8 a 15 días después aplicar un herbicida como Glifosato o Glufosinato de Amonio. Si la preparación del suelo es mecanizada, es conveniente realizar un paso de arado, dos o tres pasos de rastra y si fuera posible, realizar una nivelación del suelo. Los pasos de rastra se pueden hacer a 15 o 20 cm de profundidad dependiendo del tipo del suelo; el último paso de rastra es recomendable hacerlo antes de la siembra.

15.2 Siembra

En El Salvador se conocen 3 épocas de siembra:

15.2.1 Primera

Esta época generalmente comprende desde el 15 al 30 de mayo, para la zona costera (0 a 400 msnm) y del 15 de mayo hasta el 15 de junio, para los valles intermedios (400 a 900 msnm). Estas fechas pueden variar de acuerdo con el establecimiento de la época lluviosa.

15.2.2 Postrera

Época llamada también tunalmil, comprendida del 15 al 31 de agosto, especialmente para valles intermedios (400 a 900 msnm) y la región Oriental del país. En esta época puede tenerse el riesgo que la estación lluviosa termine antes que el cultivo haya llegado a su etapa de madurez o secado; lo que puede traer como consecuencia disminución del rendimiento.

15.2.3 Apante

Es la que se realiza en aquellos terrenos que permanecen inundados durante la época lluviosa, los cuales retienen suficiente humedad para ser utilizada hasta que la época lluviosa finalice. Los meses de siembra pueden variar según las circunstancias de cada zona, la época puede comprender desde diciembre hasta febrero. En zonas donde se cuenta con riego, las épocas de siembra pueden variar según las necesidades o planificación de cada agricultor, pero es recomendable sembrar entre el 1 de diciembre hasta el 15 de enero.

15.3 Métodos de siembra

La siembra puede efectuarse bajo dos métodos o formas:

15.3.1 Manual tradicional hilera simple

Esta se efectúa especialmente en terrenos con pendientes mayores al 20%, utilizando para ello chuzo o espeque para hacer un hoyo en el suelo y depositar la semilla. El distanciamiento entre surco oscila entre 0.75 a 0.90 m y entre posturas 0.40 a 0.50 m, depositando 2 semillas en cada una de ellas, La población óptima para una producción satisfactoria es 45,000 plantas por manzana (62,500 plantas/ha) que se obtiene con un distanciamiento entre surco de 0.80 m a 0.40 m entre postura y dos plantas por postura

15.3.2 Manual Twin Row

Fue desarrollado por el Dr. Randy Taylor de la Universidad de Kentucky en la década de 1980 para el cultivo de maíz. Este método implica sembrar dos filas de maíz en paralelo con una separación de 20 a 25 cm entre ellas y una distancia de 76 a 91 cm entre cada pareja de filas para crear una configuración de siembra en forma de V (Figura 4) conocido también como tres bolillos. La idea es aprovechar el espacio disponible en el campo de manera más eficiente y maximizar el uso de los recursos utilizados por la planta; el suelo, los nutrientes, el agua y la luz solar; esto es debido a una mejor distribución de las plantas la cual permite minimizar la competencia entre ellas proporcionando un mayor espaciamiento entre planta que un sistema de siembra convencional.

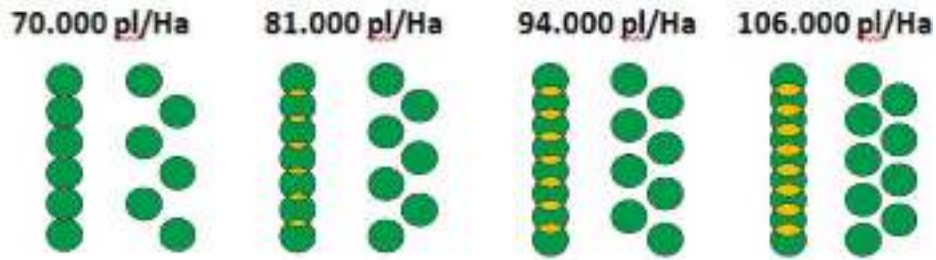


Figura 4 Siembra convencional y método Twin Row en diferentes densidades

En la siembra convencional en densidades de 100,000 plantas por hectárea utilizando una semilla por postura el espaciamiento entre planta es menor 14 cm (Figura 5) y a 2 semillas por postura el espaciamiento entre planta es igual a 25 cm. En una siembra convencional la desventaja presente, independiente al distanciamiento a utilizar, es la distribución de las plantas y la competencia por el espacio para el desarrollo vegetativo en etapas tempranas. Esta competencia se manifiesta principalmente en el sistema radicular, donde las raíces de las plantas se entrelazan rápidamente, limitando su crecimiento y absorción de nutrientes.

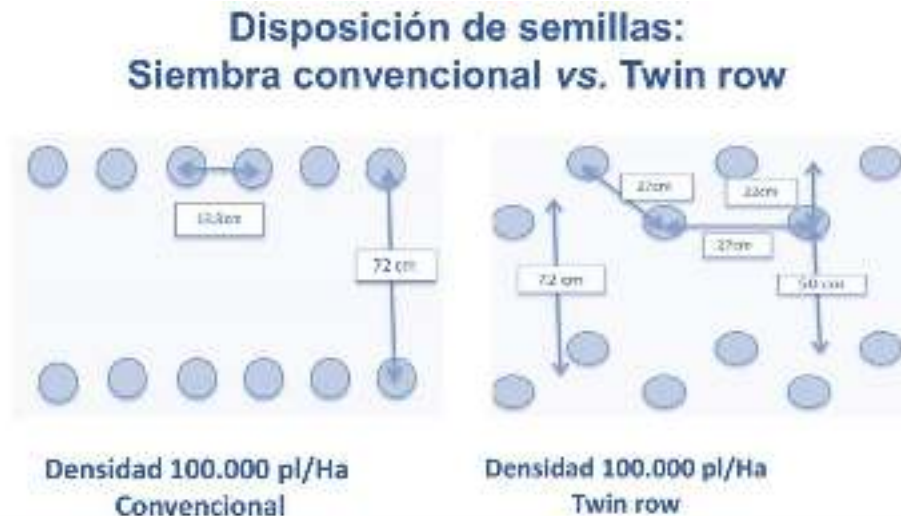


Figura 5 Disposición de semillas en métodos de siembra evaluados

En la siembra Twin Row en densidades de 100,000 plantas por hectárea utilizando una semilla por postura el espaciamiento entre planta es 25 a 27 cm y entre surco 20 a 22 cm (Figura 5). El sistema de siembra intenta que ese espacio entre plantas sea mayor, que la competencia entre ellas sea menor y que llegue en un estadio más tardío; así como maximizar la producción por unidad de área.

MATERIALES Y MÉTODOS

16.1 Materiales y Equipo

16.1.1 Insumos agrícolas

Se utilizó como material biológico semilla certificada de maíz DekalB 390
fertilizante, herbicidas e insecticidas

16.1.2 Materiales

Bomba de mochila
Cuma
Cinta métrica
Calibrador vernier
Estacas
Bascula semi analítica
Plumón permanente
Bolsas plásticas

16.1.3 Equipos de oficina

Computadora (Word, Excel y Mini Tab)
Cámara
Libreta de apuntes

16.2 Ubicación y Acceso.

La fase experimental de la evaluación se desarrolló en la cooperativa San Carlos de R.L., en el área experimental de la cooperativa, el área asignada para la investigación fue de 200 m² y está ubicada geográficamente en las coordenadas siguientes 14°2'21.40" Norte y 89°10'45.80" Oeste a una altitud de 257 m.s.n.m. en el cantón La Cabaña del municipio de El Paisnal, departamento de San Salvador, El Salvador.



Figura 6 Acceso hacia la Cooperativa San Carlos de R.L.

16.2.1 Unidades experimentales.

El desarrollo de la evaluación se realizó en un área de 100 m² efectivos por parcela iniciando la siembra 9 de marzo de 2023 y finalizando el ciclo del cultivo de 120 días el día 07 de Julio de 2023. En los meses de marzo, abril y mayo correspondientes a la época seca se utilizó el sistema de riego por goteo para suministrarle al cultivo el requerimiento hídrico hasta el establecimiento del invierno, la longitud de surco establecida fue de 10 metros lineales por una cantidad de 10 surcos utilizando un distanciamiento de 0.80 m entre surco por parcela del híbrido de maíz blanco DekalB 390. La cantidad de unidades experimentales en el método convencional fueron 625 utilizando dos semillas por postura, en método de siembra de alta densidad Twin Row 1,000 unidades experimentales utilizando una semilla por postura; en la fase experimental de la investigación se utilizaron un total de 1,625 unidades experimentales, 60 unidades efectivas para la toma de datos con un ciclo de cultivo de 120 días hasta la cosecha.

16.2.2 Tratamientos

Las parcelas experimentales se sometieron al mismo manejo agronómico, en las parcelas evaluadas de alta densidad se calculó la fertilización de acuerdo a la densidad de plantas por unidad de área, tomando como base la extracción de nutrientes y las curvas de absorción para un rendimiento de 10 Toneladas por hectárea.

Tabla 4 *Descripción de los tratamientos*

Tratamiento	Descripción	Método	Distancia de Siembra	Postura
T0	Testigo	Convencional	0.80 m x 0.40 m	1 hilera/2 semillas
T1	Alta densidad	Twin Row	0.80 m x 0.20 m	2 hilera/1 semilla

Tratamiento T₀, es el testigo absoluto método de siembra convencional, se realizó la siembra con los distanciamientos convencionales utilizados por el agricultor, siembra manual a una hilera o hilera simple, utilizando distanciamientos de 0.80 metros entre surco y 0.40 metros entre planta y se colocaron 2 semillas por postura, para este tratamiento en la parcela evaluada se sembraron 625 plantas, a una densidad de 5 plantas por metro lineal. al realizar una proyección de siembra bajo este método se estima una población de 62,500 plantas por hectárea.

Tratamiento T₁, es el tratamiento principal evaluado, el método de siembra Twin Row (doble hilera). se realizó una siembra manual con una separación entre hilera de 0.20 metros entre planta y 0.80 metros entre surco, colocando 1 semilla por postura, para este tratamiento en la parcela evaluada se sembraron 1,000 plantas, a una densidad de 10 plantas por metro lineal. Estimando una población de 100,000 plantas por hectárea con el método Twin Row.

16.2.3 Distribución de tratamientos

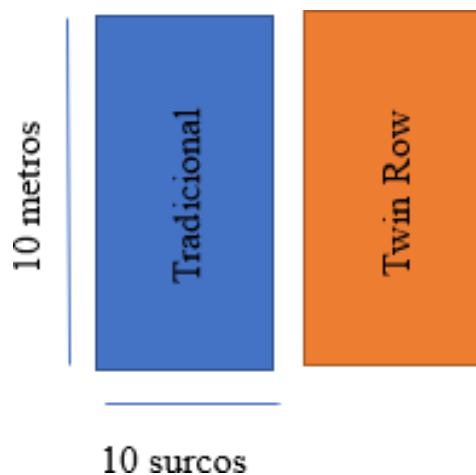


Figura 7 Distribución de parcelas experimentales

16.2.4 Manejo de las parcelas

Preparación de suelo: La preparación del suelo consistió en el paso de una rastra para remover el suelo y para dejar preparada la cama de siembra.

Delimitación del Terreno: Se procedió a delimitar el terreno realizando mediciones con cinta métrica y posterior a ello se colocó estaquillas para poder delimitar las unidades experimentales constando con un letrero que sirvió para identificar a cada uno de los tratamientos dentro del terreno.

Siembra: Se realizó una siembra directa y manual en ambos métodos evaluados con distanciamiento de 0.80 m x 0.40 m en el método convencional a 2 semillas por postura y en Twin Row 0.20 metros entre hilera, 0.20 metros entre planta y 0.80 metros entre surco 1 semilla por postura.

Instalación del sistema de riego: El sistema de riego por goteo instalado en el área experimental de la Cooperativa San Carlos, consta de una manguera de goteo de un caudal de 1 litro por hora (LPH) y distanciamiento entre gotero de 0.20 m. En el método tradicional se colocó una manguera de goteo por cada hilera simple del cultivo a una distancia de 10 cm de la base de la planta y para la siembra Twin Row (doble hilera) la manguera se colocó al centro del surco con una separación de 10 cm entre cada hilera del cultivo (Figura 8)



Figura 8 Doce días después de la siembra, izquierda siembra convencional, derecha Twin Row

Riego: En el cálculo de la lámina de riego se consideró como referencia la evapotranspiración máxima de la zona con un valor de 5.0 mm/día y el $K_{c_{max}}$ del cultivo de 1.20. dando como resultado un requerimiento hídrico de 12.0 mm/día. Se aplicó una lámina diaria de 12 mm/día con una duración de riego de 1 hora y frecuencia de cada 3 días (Proain tecnología, 2021), para determinar el requerimiento de riego tenemos la siguiente fórmula:

$$CA = (Eto\ diaria \times Kc\ cultivo) * \text{número de días del periodo}$$

CA = Consumo de agua, mm/día

ETo = Evapotranspiración de referencia, mm/día

Kc = Coeficiente del cultivo (Adimensional)

$$CA = (5.0\ mm/día \times 1.20) * 2 = 12\ mm$$

Control de Malezas: Para controlar las malezas se realizaron controles culturales y químicos antes de la siembra (Glifosato); después de la siembra se controló con herbicidas pre emergentes y control de maleza manual dentro de cada parcela dos veces al mes o dependiendo de la incidencia de malezas.

Control de plagas: Se realizaron controles culturales para evitar hospederos, se programaron monitoreos para identificar potenciales plagas y para toma de decisión de acciones a realizar para el control, los controles químicos se utilizaron solo en casos que fueron necesarios.

Tabla 5 *Control químico de plagas*

Plaga	Frecuencia	Insecticida	Dosis
Tortuguilla (<i>Diabrotica barberi</i>)	7	Monarca	5 ml por 20 litros
Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i> .)	15	Coragen SC	5 ml por 20 litros
La gallina ciega (<i>Phyllophaga spp.</i>)	25	Coragen SC	5 ml por 20 litros

Fertilización: Se realizó de forma directa con aplicaciones manuales y programadas de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo de maíz (Tabla 6) aplicando las cantidades necesarias por planta de acuerdo a la etapa fenológica, se realizaron 4 fertilizaciones (Tabla 7) a los 6 días de emergido (nitrato de amonio), a los 15 y 45 días Nitro Xtend y una fertilización de potasio (Naturfos) a los 55 días después de la siembra.

Tabla 6 *Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz*

Dosis	N	P	K
Kg Ton ⁻¹ Extracción Unitaria	23.8	9.5	16.8
Kgha ⁻¹ Para un rendimiento 10 Toneladas	238	95	168

Tabla 7 *Aporte Nutricional de fertilizantes por hectárea*

%	Fuente nutricional/DDS	6	15	45	55	Kg	Unidades de elemento	Aporte Total
70	Nitrato Amonio 34%	210				210	71	239
30	Nitro Extend 46%		181	181		362	167	
100	Naturfos 44.90% (P ₂ O ₅)	40	80	80		200	90	90
100	Naturfos 33.30% (K ₂ O)				504	504	224	224

*Fertilización para un rendimiento de 10 toneladas por hectárea (Tabla 6)

Cosecha: se realizó manualmente al alcanzar la madurez fisiológica a los 120 días después de la siembra (julio 2023). Iniciando con una dobla manual a la altura de la mazorca esto con el objetivo que el grano inicie con la pérdida de humedad entrando en contacto directo con el sol; luego se procedió con el tapiscado (recolección de las mazorcas en Julio) y desgranado; las mazorcas solo tuvieron exposición 1 mes de la época lluviosa y se agilizo la recolección para evitar pérdidas por pudrición causadas por hongos; infestación por plagas (gorgojos, termitas, etc.) o cualquier otro factor que perjudique o minimice la producción.

16.2.5 Toma de datos

Para la toma de datos se utilizó una cinta métrica para las mediciones de longitud y un pie de rey para las mediciones de diámetros, de esta manera se logrará tener una mejor precisión en los datos.

Se establecieron las unidades experimentales efectivas al azar para la evaluación en cada parcela, de cada surco se seleccionaron al azar 3 puntos de evaluación, un total de 6 plantas por surco haciendo un total de 60 plantas evaluadas por parcela. Para realizar las evaluaciones se utilizará cinta métrica para medir altura de la planta y un pie de rey para registrar el diámetro del tallo. La primera medición se realizó a los 12 días después de la siembra en etapa V2 y posterior a esta con una frecuencia de 15 días hasta la etapa Vn (62 días), ejecutándose en un horario de 8:00 am hasta que se finalizó la evaluación.

La toma de datos para evaluar desarrollo radicular y rendimiento de grano se realizó al finalizar el ciclo vegetativo del cultivo para evaluar el efecto que tiene cada método en estas variables. Para los datos del desarrollo radicular; se excavo en forma transversal en el suelo a un lado de la planta dejando expuesta la raíz y utilizando una cinta métrica se midió la longitud y expansión del sistema radicular. Para los datos de rendimiento se cosecharon las mazorcas, se midió largo, cantidad de hileras de grano por mazorca y cantidad de granos para luego pesarlo en una báscula semi analítica y hacer una interpolación del rendimiento de la parcela para estimar un rendimiento por hectárea de cada método.

16.3 Variables analizadas

16.3.1 Altura de la planta

Para tomar datos de esta variable se procedió a realizar la medición de altura de 60 plantas seleccionadas al azar se registró la primera medición de altura a los 12 días de emergida la planta y posterior a esta medición se realizaron mediciones con una frecuencia de cada 15 días con ayuda de una cinta métrica lo cual permitió medir en centímetros (cm), desde la base del tallo hasta el ápice terminal, esto se ejecutó en un horario de 8:00 am hasta finalizar.

16.3.2 Diámetro del tallo

Para la medición de esta variable se consideró 60 plantas al azar las cuales fueron medidas en milímetro (mm), las plantas se seleccionaron al azar y se realizó medición y registro de la primera medición del diámetro a los 12 días de emergida la planta posteriormente a esta medición se realizaron mediciones con una frecuencia de 15 días después de la siembra mediante un calibrador de Vernier (pie de rey).

16.3.3 Longitud de mazorca

Para tomar datos de esta variable se procedió a recolectar e identificar las 60 mazorcas de las plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento donde se recolectaron datos de las variables de altura de la planta y diámetro del tallo, se retiró la tusa y se procedió a realizar la respectiva medición de longitud de mazorca en centímetro (cm) con la ayuda de una cinta métrica.

16.3.4 Numero de hileras por mazorca

Para tomar datos de esta variable después de haber realizado la medición de longitud de la mazorca se procedió a realizar un corte longitudinal en la mazorca y con la ayuda de un plumón permanente se numeró respectivamente cada una de las hileras de la mazorca realizando este procedimiento en las 60 mazorcas de cada tratamiento.

16.3.5 Rendimiento por hectárea

Durante la cosecha se consideró el rendimiento por parcela útil en Kilogramos por hectárea (kg.ha⁻¹), se desgranaron las 60 mazorcas seleccionadas al azar de cada tratamiento para obtener el peso promedio en gramos (gr) por mazorca con la ayuda de una báscula semi analítica y se convirtió en kilogramos (kg); posteriormente considerando también el área de parcela útil en m², para poder obtener el rendimiento en granos dado en kg.ha⁻¹ se aplicó la siguiente fórmula utilizada por (Alexis, 2022).

$$\text{Rendimiento Kg/Ha} = \frac{\text{Rendimiento parcela util} * 10,000 \text{ m}^2}{\text{Area de parcela util m}^2}$$

16.3.6 Análisis económico de la relación B/C

Para el análisis estadístico se consideró los costos fijos en la implementación de las parcelas de cada uno de los tratamientos con la finalidad de poder determinar la relación Beneficio – Costo y para ello se aplicó la siguiente ecuación utilizada por Alexis (2022).

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingresos netos}}{\text{Costos totales}}$$

16.4 Fase experimental

16.4.1 Determinación de tamaño de las parcelas experimentales

Método de curvatura máxima

Para determinar el tamaño y la forma de parcela existen métodos estadísticos muy variados, la mayoría parten de un ensayo blanco o ensayo de uniformidad (Rodríguez N. S., 1993)

El método de curvatura máxima asocia en un gráfico de dispersión la variable independiente que sería el tamaño de parcela - producto de la combinación de unidades básicas - contra la variable dependiente que sería el coeficiente de variación calculado para

cada tamaño. En la gráfica resultante se localiza el punto de curvatura máxima por inspección visual y ese punto corresponde al tamaño óptimo de unidad experimental (Escobar, 1981)

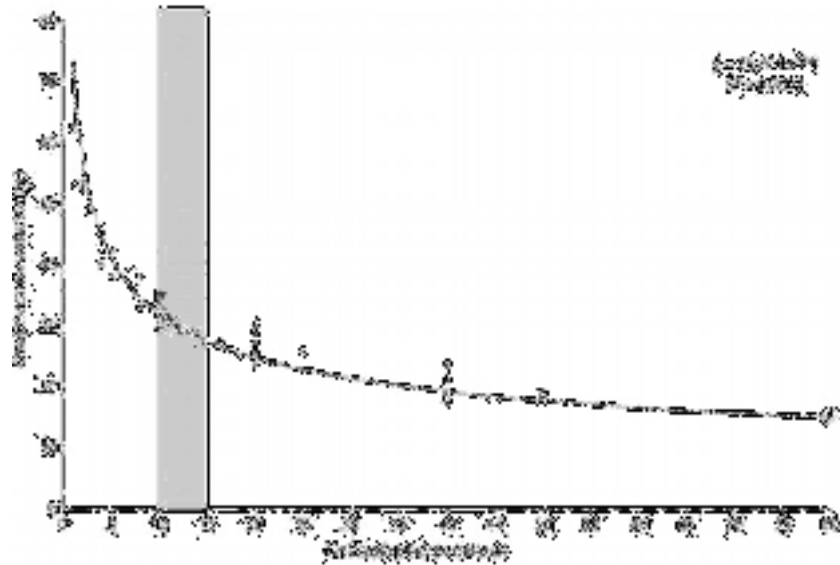


Figura 9 Tamaño adecuado de parcela, método de curvatura máxima.

Fuente: ensayo de uniformidad. Santa Cruz, Guanacaste

16.4.2 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la investigación es Diseño Completamente al Azar (DCA). Los diseños completamente al azar son empleados cuando las unidades experimentales son suficientemente homogéneas entre sí, es decir, cuando la variación entre ellas es pequeña; siendo una de los diseños de fácil comprensión y aplicación donde las unidades experimentales son homogéneas; permite evaluar diferentes variables y obtener resultados confiables con un número bajo de repeticiones.

Y para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) a la comparación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, utilizando el software Minitab Statistical (Minitab® 19).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

17.1.1 Altura de la planta

De acuerdo a los datos obtenidos en el Análisis de Varianza (ANOVA) no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con un valor de $P = 0.503$ ($P > 0.05$), para la variable Altura de la planta (Anexo 1.1.1). En la tabla 8 se muestra que las plantas cultivadas con el sistema Twin Row tienen una altura media de 242 cm al día 62, mientras que las plantas cultivadas con el sistema convencional tienen una altura media de 239 cm. Esta diferencia de 3 cm no es estadísticamente significativa.



Figura 10 Altura 17 DDS, izquierda siembra convencional y derecha Twin Row

Tabla 8 Análisis de altura de la planta de maíz

Tratamiento	Altura de la planta (cm)			
	17 días	32 días	47 días	62 días
Convencional	19	103	222	239
Twin Row	24	111	236	242

En el gráfico 4 se observa que ambos tratamientos crecieron de una forma similar, el mayor desarrollo de la planta se evidencia entre los días 32 y 47 lo cual se les atribuye a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en esta etapa de desarrollo vegetativa; por lo tanto, se puede mencionar que no hay evidencia suficiente para concluir que el sistema Twin Row promueve el crecimiento de las plantas superior al del sistema convencional al día 62.



Gráfico 4 Comparativo de altura de la planta de maíz blanco

17.2 Diámetro del tallo

De acuerdo a los datos obtenidos en el Análisis de Varianza (ANOVA) el valor de $P = 0.556$ ($P > 0.05$), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, para la variable diámetro de la Planta (Anexo 1.1.2) En la tabla 9 se muestra que las plantas cultivadas con el sistema Twin Row tienen un diámetro promedio de 3.3 cm al día 62, mientras que las plantas cultivadas con el sistema convencional tienen un diámetro promedio de 3.2 cm. Esta diferencia de 0.1 cm no es estadísticamente significativa.



Figura 11 Diámetro 17 DDS, Izquierda siembra convencional, derecha Twin Row

Tabla 9 Análisis de diámetro del tallo de la planta de maíz

Tratamiento	Diámetro de la planta (cm)			
	17 días	32 días	47 días	62 días
Convencional	0.6	2.7	3.1	3.2
Twin Row	0.9	2.8	3.2	3.3

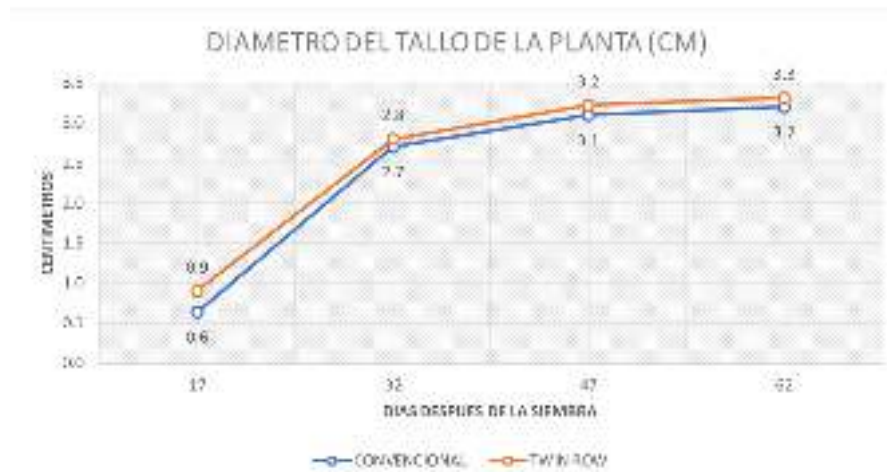


Gráfico 5 Comparativo de diámetro del tallo de la planta de maíz blanco.

17.3 Longitud de la mazorca

De acuerdo a los datos obtenidos en el Análisis de Varianza (ANOVA) el valor obtenido de $P = 0.012$ ($P < 0.05$), se muestran que existe una diferencia significativa estadísticamente (Anexo 1.1.3). En la tabla 10 se muestran que las mazorcas cultivadas con el sistema Twin Row tienen una longitud media de 14 cm, mientras que las mazorcas cultivadas con el sistema convencional tienen una longitud media de 16 cm (Figura 12). Esta diferencia de 2 cm es estadísticamente significativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para concluir que el sistema Twin Row obtuvo la longitud de la mazorca menor (gráfico 4).



Figura 12 Longitud, izquierda siembra convencional y derecha Twin Row.

Tabla 10 *Análisis de longitud de la mazorca de maíz*

Tratamiento	Características de mazorca
	Longitud (cm)
Convencional	16
Twin Row	14

17.4 Numero de hileras por mazorca

En cuanto a la cantidad de hileras (Tabla 11) de acuerdo a los datos obtenidos en el Análisis de Varianza (ANOVA) el valor obtenido de $P = 0.093$ ($P < 0.05$) se muestran que existe una diferencia significativa estadísticamente el análisis de Varianza para la variable número de hileras de la mazorca (Anexo 1.1.4)., indica que las mazorcas cultivadas con el sistema Twin Row tienen una cantidad promedio de 20 hileras, mientras que las mazorcas cultivadas con el sistema convencional tienen una cantidad promedio de 18 hileras (figura 13).



Figura 13 Hileras, izquierda siembra convencional y derecha Twin Row.

Tabla 11 *Análisis de número de hileras de la mazorca de maíz*

Tratamiento	Características de mazorca de maíz
	Promedio de hileras por mazorca
Convencional	18
Twin Row	20

Carlos Martin Esteban, Dto. De tecnología y desarrollo de Monsanto menciona en una entrevista: “el número de hileras se decide entre las 8 y las 12 hojas, y en ese estado, con densidades de 85.000 - 100.000 plantas, en siembra convencional, existe ya una gran competencia entre plantas. Con el nuevo sistema de twin row a 102.000 plantas/Ha, el n° de

hileras se asemeja al de una siembra convencional a 77.000 plantas/Ha, ya que la competencia entre plantas es mucho menor y hay un sombreado casi completo del suelo.”

17.5 Peso de la mazorca de maíz

En cuanto al análisis de peso de la mazorca de acuerdo a los datos obtenidos en el Análisis de Varianza (ANOVA) obtuvo un valor de $P = 0.846$ ($P > 0.05$), estadísticamente no existen diferencias significativas en el Análisis de Varianza indica que las mazorcas cultivadas con el sistema Twin Row tienen un peso medio de 111 gr, mientras que las mazorcas cultivadas con el sistema convencional tienen un peso medio de 108 g. Esta diferencia de 3 gramos no es estadísticamente significativa (Anexo 1.1.5).



Figura 14 Izquierda mazorcas identificadas por tratamiento y derecha grano para pesar

Tabla 12 *Análisis de peso de la mazorca de maíz*

Tratamiento	Características de mazorca (Gr)		
	Densidad de plantas de parcela	Peso por mazorca (Gr)	Rendimiento parcela (Kg)
Convencional	625	108	68
Twin Row	1,000	111	111

*Rendimiento de parcela= densidad de planta por parcela x peso por mazorca

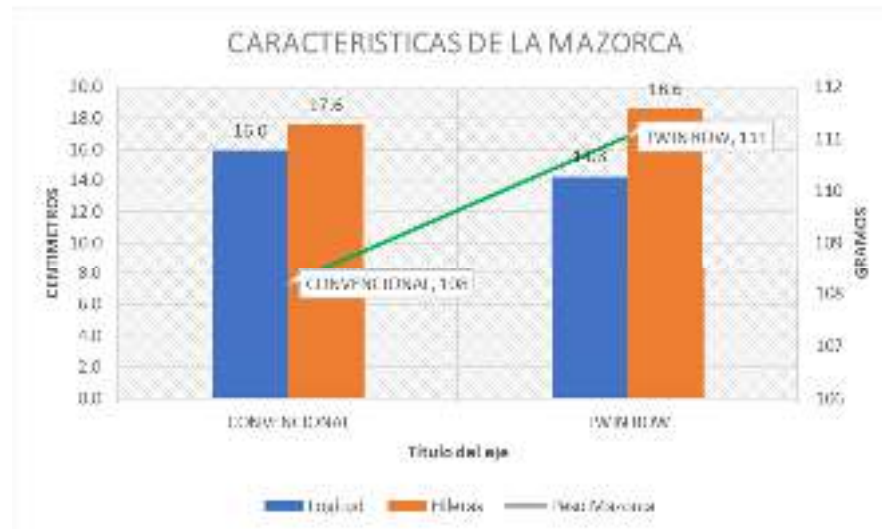


Gráfico 6 Comparativo de las características de la mazorca de maíz blanco

El resultado de las variables evaluadas muestran que no existen diferencias significativas estadísticamente; permite tener la seguridad que pasar de siembras convencionales de 62,500 plantas por hectárea a densidades de 100,000 plantas por hectárea utilizando el método twin row se obtendrán mayores resultados sin afectar el desarrollo del cultivo y la calidad del grano; se puede observar que en el método twin row se obtuvieron resultados similares a una siembra convencional de 62,500 plantas por hectárea.

Esto se debe a que el método de siembra maximiza el aprovechamiento de luz (Figura 15), en estado V7 y superiores logra una mayor cobertura de dosel maximizando la captación de la luz por la planta, ayudando a prevenir pérdidas por evaporación del agua y minimizando el brote de malezas que compiten con la planta.



Figura 15 32 DDS. Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row

17.6 Análisis económico de la relación B/C

En el análisis de beneficio costo (B/C) de los tratamientos se cuantificaron los costos de producción de una hectárea con base a los tratamientos, tomando en cuenta los distanciamientos de los tratamientos evaluados, el convencional tienen una densidad de plantas de 62,500 plantas por hectárea (5 plantas por metro lineal) y el tratamiento con el método de siembra doble hilera Twin Row se obtiene una densidad de plantas de 100,000 por hectárea (10 plantas por metro líneas a doble hilera).

El incremento de peso obtenido por mazorca no es significativo como se observó en la tabla 12, Sin embargo, el método Twin Row permite mantener las mismas características de la planta comparado con el método convencional, permite aumentar la densidad en un 37.50% más y lograr maximizar la producción por unidad de área invirtiendo únicamente en los costos de fertilización.

Tabla 13 *Análisis de rendimiento por hectárea*

Tratamiento	Rendimiento por hectárea						
	Plantas por ha	Rendimiento promedio por parcela (Kg)	Lb/ha	Kg/ha	% perdida	Total, Kg/ha	Total, qq/ha
Convencional	62,500	68	14,850	6,800	10	6,136	136
Twin Row	100,000	111	24,420	11,100	20	9,250	204

*Área de parcela 100m²

*Parcelas por hectárea= 10,000 m² entre 100 m²= 100 parcelas

*Rendimiento por parcela= rendimiento promedio por parcela x 100 (parcelas por hectárea)

En la tabla 14 se puede visualizar los ingresos y beneficios obtenidos por cada tratamiento, utilizando el precio promedio de venta del maíz obtenido de la guía de precios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del sondeo de las principales plazas de venta en El Salvador, el precio por quintal es de \$ 30 dólares de los Estados Unidos de América y convertido a precio por kilogramo es de \$ 0.67 centavos de dólar.

Tabla 14 *Análisis económico beneficio costo*

Tratamiento	Análisis Beneficio/Costo						
	Total, Kg/ha	Total, qq/ha	precio por qq	Precio por Kg	Total, Ingresos	Costo por ha	B/C
Convencional	6,136	135	\$ 30	\$ 0.67	\$4,050.00	\$1,031.00	\$2.93
Twin Row	9,250	222	\$ 30	\$ 0.67	\$6,120.00	\$1,206.00	\$4.07

*Total de quintales por hectárea resultantes menos el porcentaje de perdida.

La relación B/C, el beneficio obtenido por hectárea indica que el tratamiento de siembra Twin Row es el más rentable resultando con una relación de 4.07, siendo este valor mayor que 1; esto indica que por cada \$ 1.00 invertido se obtendrá \$ 3.07 de rentabilidad.

17.7 Costo total

Costos estimados a partir del ensayo de 100 m2 proyectado para una hectárea, Julio de 2023.

Tabla 15, *Costos de insumos, mano de obra y administración*

Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Costo Convencional	Costo Twin Row
INSUMOS AGRICOLAS					
Semilla DEKAL 390	Bolsa 60 mil semillas	2.00	\$ 175.42	\$ 175.42	\$ 350.84
Adherente	Litro	1	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00
Monarca 11.25 SE	ml	500	\$ 0.05	\$ 25.74	\$ 25.74
Coragen 20 SC	ml	200	\$ 0.77	\$ 154.58	\$ 154.58
Atrazina 90 WG	700 gr	2	\$ 7.98	\$ 15.96	\$ 15.96
Prowl 45.5 CS	Litro	2	\$ 18.20	\$ 36.40	\$ 36.40
FERTILIZANTES					
Fertilizante (Nitrato de amonio 34.4%)	Saco 45 kg	4	\$ 67.00	\$ 134.00	\$ 134.00
Fertilizante (Nitro Xtend 46%)	Saco 45 kg	8	\$ 65.82	\$ 263.28	\$ 263.28
Naturfos (P2O5)	Litro	2	\$ 14.42	\$ 14.42	\$ 14.42
Naturfos (K2O)	Litro	3	\$ 14.27	\$ 21.41	\$ 21.41
MANO DE OBRA					
Aplicación de herbicida	Jornal	2	\$ 12.00	\$ 24.00	\$ 24.00
Siembra	Jornal	2	\$ 12.00	\$ 24.00	\$ 24.00
Fertilización	Jornal	2	\$ 12.00	\$ 24.00	\$ 24.00
Tratamiento fitosanitario	Jornal	1	\$ 12.00	\$ 12.00	\$ 12.00
Madurez Fisiológica (Dobla)	Jornal	4	\$ 12.00	\$ 48.00	\$ 48.00
Cosecha (Tapisca)	Jornal	4	\$ 12.00	\$ 48.00	\$ 48.00
			TOTAL	\$ 1,031.21	\$ 1,206.63
				Diferencia de costos	\$ 175.42

Tabla 16 *Costo del sistema de riego por goteo para una hectárea.*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
INSUMOS PARA RIEGO				
Manguera de riego por goteo/ 0.8 mm con gotero a 20cm de 1lts/H	Rollo de 500 mts	16	\$ 127.00	\$ 2,032.00
Manguera ciega para riego de 1 ½ pulgada	Rollo de 100 mts	2	\$ 36.80	\$ 73.60
Conector recto c/empaque para cinta de riego	Bolsa	1	\$ 27.00	\$ 27.00
Válvula de bola de 2 pulgada	Unidad	5	\$ 8.00	\$ 40.00
Unión universal lisa PVC 2 pulgadas	Unidad	2	\$ 10.00	\$ 10.00
Acoples metálicos de 3 pulgadas	Unidad	1	\$ 42.00	\$ 42.00
Manguera Flexible con acoples de 3 pulgadas	Rollo de 25 mts	1	\$ 85.00	\$ 85.00
Filtro de anillos de 120 mesh 1 ½ pulgada	Unidad	1	\$ 35.00	\$ 35.00
Bomba Achicadora 6.5 HP	Unidad	1	\$ 439.00	\$ 439.00
			TOTAL	\$ 2,783.6

CONCLUSIONES

El tratamiento que obtuvo mejores resultados en cuanto a la altura de la planta fue el tratamiento de siembra Twin Row, el resultado de la altura fue mayor por 1.23% y el diámetro de la planta por 3.03% en comparación con el sistema de siembra convencional utilizado como testigo.

El tratamiento de siembra convencional obtuvo mejores resultados en la longitud de la mazorca en un 12.5% en comparación con el método Twin Row.

En la cantidad de hileras por mazorca el método Twin Row obtuvo resultados mayores en un 5.26% y un peso mayor por mazorca del 2.7% en comparación con el método de siembra convencional.

Basado en el análisis ANOVA y los resultados obtenidos se puede mencionar que no existe evidencia suficiente para concluir que el método de siembra Twin Row mejora las características de desarrollo de la planta; sin embargo el método Twin Row mantiene características de la planta y obtuvo diferencia significativa en las variable de producción en mayor número de hileras por mazorca y peso, lo que da como resultado un mejor rendimiento por unidad de área; por lo tanto la pérdida de plantas de un 20% resultante no afecta la producción del método Twin Row.

Los ingresos del sistema Twin Row son 2,070 dólares por hectárea superiores al tratamiento convencional, esta diferencia se debe a la mayor densidad de plantas por una misma unidad de área (hectárea), El costo del sistema Twin Row es 175 dólares superior al tratamiento convencional. Esta diferencia se debe al costo adicional de semilla certificada por la densidad de siembra

RECOMENDACIONES

El resultado sugiere que el sistema Twin Row puede promover el crecimiento de las plantas de igual manera que un sistema de siembra convencional y que el aumento de la densidad de siembra por ha (62,500 a 100,000 por ha) no afecta el desarrollo de las mismas, esto puede deberse a una serie de factores, como una mayor exposición de la planta a la luz solar, mejor distribución de las plantas en el área de siembra, mejor aprovechamiento y menor competencia por los nutrientes y un menor riesgo de enfermedades.

Basado en los resultados del análisis beneficio costo, se recomienda el sistema Twin Row para el cultivo de maíz. Este sistema tiene un mayor rendimiento por hectárea, a pesar de haber resultado con una pérdida promedio del 20% de pérdida de plantas al momento de la cosecha, por acame.

El sistema de siembra Twin Row requiere una fertilización adecuada, alrededor de un 20% superior que una siembra convencional debido al mayor número de plantas, se recomienda realizar evaluaciones de fertilización en diferentes cantidades, tomando como base rendimientos proyectados por hectárea para el cálculo de las dosis a evaluar.

19.1 Consideraciones adicionales

Es importante tener en cuenta que los resultados se basan en datos de un estudio específico. Se necesitan más estudios para confirmar estos resultados en otras condiciones de clima y suelo.

Además, es importante considerar otros factores, como la sostenibilidad del sistema y la facilidad de uso, para mayores extensiones si se cuenta con el implemento de siembra adecuado para siembras de Twin Row, al tomar una decisión sobre qué sistema de siembra utilizar.

BIBLIOGRAFÍA

Alexis. (2022). Rendimiento de cultivos por hectárea. Obtenido de <https://blog.agroptima.com/es/blog/rendimiento-cultivos-hectarea-calcular/>

BCR, B. C. (2023). Comercio Exterior El Salvador. Recuperado el 25 de Marzo de 2023, de <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cat=1012&lang=es>

CONACYT. (2023). Cultivo de Maiz. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de <https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>

Croplife, L. (2018). Evolución de los cultivos. Recuperado el 12 de Abril de 2023, de <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/evolucion-de-los-cultivos>

DEKAL, S. (2022). Híbridos DK390. Recuperado el 01 de marzo de 2023, de https://www.dekalb.com.co/es-co/portafolio_dekalb/hibridos_elsalvador/dk-390_sv.html

Escobar, C. (1981). Estimación del tamaño óptimo de parcela experimental para ensayos de rendimiento con maíz. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 34, 31-36.

FAO. (2019). Nota informativa sobre la oferta y la demanda de cereales. Obtenido de <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es>

Goodman, M. (1988). The history and evolution of maize. Costa Rica.

MAG, M. d. (17 de Octubre de 2022). El Salvador se prepara para duplicar su producción de maíz blanco. Recuperado el 26 de 03 de 2023, de <https://www.mag.gob.sv/2022/10/17/el-salvador-se-prepara-para-duplicar-su-produccion-de-maiz-blanco/#:~:text=Actualmente%2C%20la%20demanda%20de%20ma%C3%ADz,para%20satisfacer%20la%20demanda%20nacional.>

MAG-DGEA, D. G. (2022). Anuario de estadística agropecuarias. Obtenido de <https://www.mag.gob.sv/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>

Paliwal, R. (1979). Origen, evolución y difusión del maíz. Crop Improv.,. Recuperado el 21 de Febrero de 2023

Peña, D. R. (2014). Diseños Completamente al Azar (DCA). Calameo(184). Recuperado el 12 de Diciembre de 2020, de <https://es.calameo.com/read/004396684c7d9480c6e65>

Proain tecnología, a. (2021). El cultivo del maíz: ¿Cuánto y cuándo regarlo? Mexico. Recuperado el 16 de Mayo de 2023, de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/el-cultivo-del-maiz-cuanto-y-cuando-regarlo>

Rivas, R. D. (2022). El maíz, fuente de cultura mesoamericana. Revista de Museología Kóot. doi:<https://doi.org/10.5377/koot.v0i11.10737>

Rodríguez, I. J. (2017). La Selección del Híbrido de Maíz. INTAGRI. Recuperado el 20 de Marzo de 2023, de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/la-seleccion-del-hibrido-de-maiz>

Rodríguez, N. S. (1993). Determinación de tamaño y forma óptimos de parcela para ensayos de rendimiento con café. Revista Colombiana de Estadística,, 14(27), 50-64. Recuperado el 29 de Abril de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/333255160_Determinacion_del_tamano_y_la_forma_de_unidad_experimental_con_el_metodo_de_curvatura_maxima_para_ensayos_de_rendimiento_de_maiz_Zea_mays_Guanacaste_Costa_Rica

Salvador, P. d. (29 de Mayo de 2022). El Salvador suma esfuerzos por la seguridad alimentaria. Recuperado el 02 de Marzo de 2023, de <https://www.presidencia.gob.sv/el-salvador-suma-esfuerzos-por-la-seguridad-alimentaria-con-600000-paquetes-agricolas-que-entrega-a-productores/>

Wilkes. (Julio de 1979, 1985). El origen del maíz. Obtenido de <https://agricultura.unison.mx/memorias%2520de%2520maestros/EL%2520CULTIVO%2520DEL%2520MAIZ>.

ANEXO

1.1 Análisis de Varianza

1.1.1 Altura de la planta

Análisis de Varianza

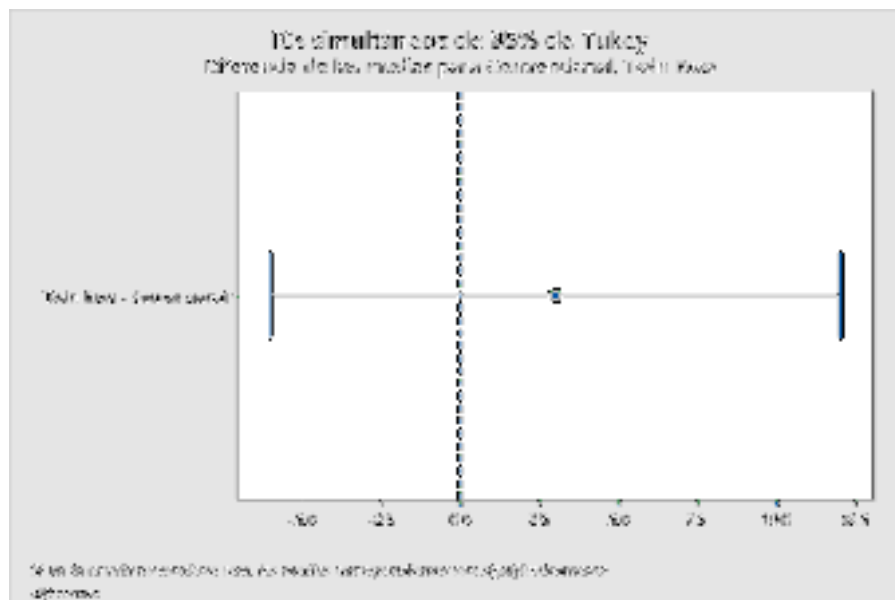
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	90.00	90.00	0.46	0.503
Error	38	7491.10	197.13		
Total	39	7581.10			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Twin Row	20	241.65	A
Convencional	20	238.65	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



1.1.2 Diámetro del tallo

Análisis de Varianza

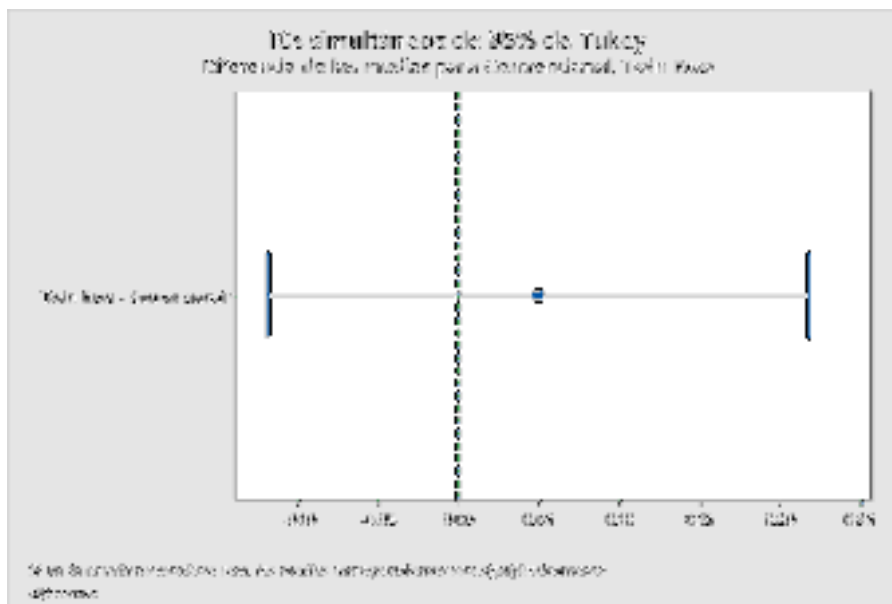
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.02434	0.02434	0.35	0.556
Error	38	2.62010	0.06895		
Total	39	2.64445			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Twin Row	20	3.3120	A
Convencional	20	3.2627	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



1.1.3 Longitud de la mazorca

Análisis de Varianza

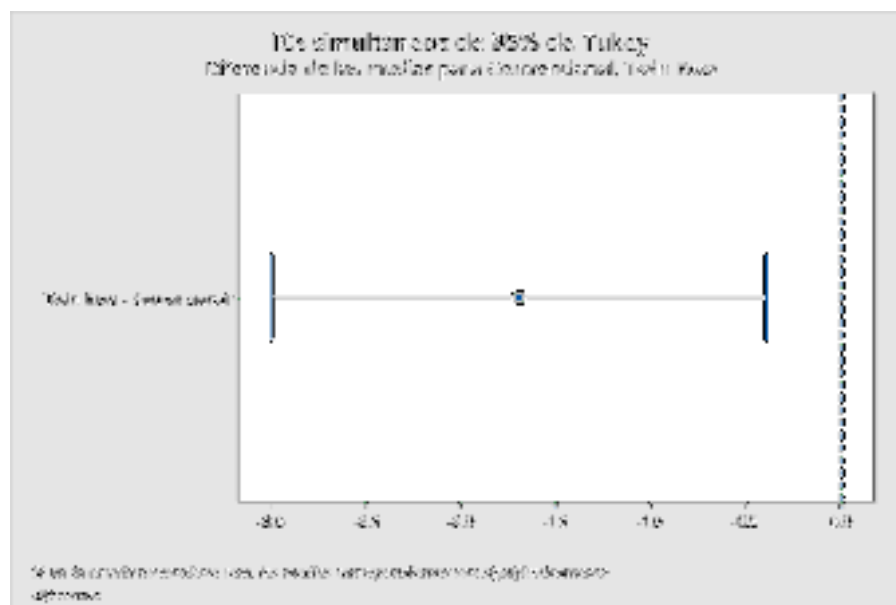
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	28.56	28.561	6.96	0.012
Error	38	156.03	4.106		
Total	39	184.60			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación	
Convencional	20	15.955	A	
Twin Row	20	14.265		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



1.1.4 Cantidad de hileras por mazorca

Análisis de Varianza

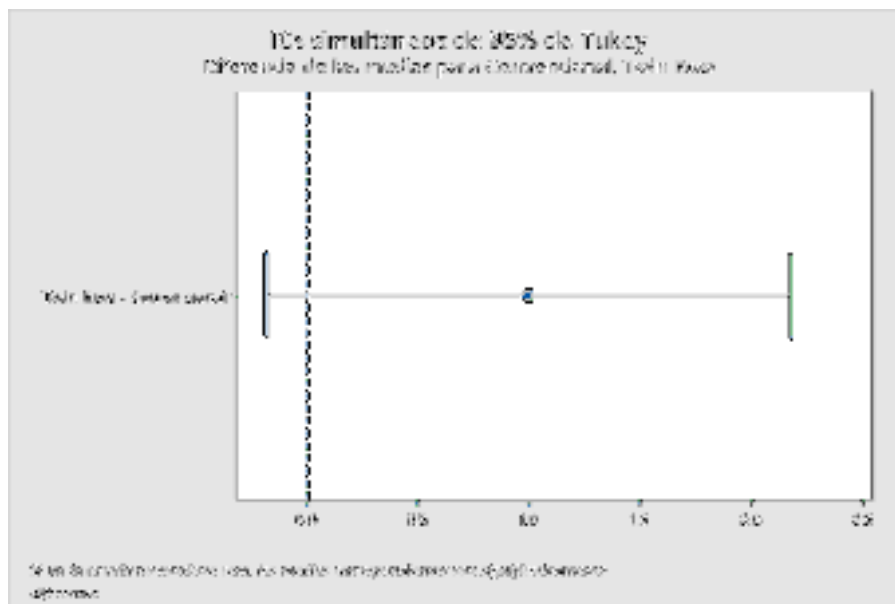
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	10.00	10.000	2.98	0.093
Error	38	127.60	3.358		
Total	39	137.60			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Twin Row	20	18.600	A
Convencional	20	17.600	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



1.1.6 Secuencia de desarrollo del cultivo



17 DDS. Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



32 DDS. Fertilización manual, Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



32 DDS. Aprovechamiento de luz, Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



45 DDS. Fertilización manual, Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



51 DDS Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



65 DDS Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



80, DDS Desarrollo radicular, Izquierda siembra convencional y derecha siembra Twin Row



120 DDS Perdidas por acame de planta, siembra Twin Row