

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON
MACRONUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*)
VARIEDAD CRIOLLA ARREQUÍN, EN LA LOCALIDAD SAN JOSÉ LA
ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2018.

ARNULFO RAMOS DÍAZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON
MACRONUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*)
VARIEDAD CRIOLLA ARREQUÍN, EN LA LOCALIDAD SAN JOSÉ LA
ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2018.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

ARNULFO RAMOS DÍAZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	P.C. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	Ph. D. Rodolfo Augusto Chicas Soto

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Ph. D. Rodolfo Augusto Chicas Soto

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Fredy Samuel Coronado López
M.Sc. Eduardo René Solís Fong
Ph. D. Rodolfo Augusto Chicas Soto

Chiquimula, 9 de septiembre del 2019

Señores

Miembros de Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Chiquimula

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado: **EVALUCION DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON MACRONUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) VARIEDAD CRIOLLA ARREQUÍN, EN LA LOCALIDAD, SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2018.**

El cual presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción, en el grado académico de licenciado.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'ARNULFO RAMOS DIAZ', enclosed within a large, loopy oval scribble.

Arnulfo Ramos Díaz

201342395

REF-PTG- SDVM-07-2019
Chiquimula, septiembre de 2019

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Arnulfo Ramos Díaz carné: 201342395, en el trabajo de investigación denominado: **“EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON MACRONUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) VARIEDAD CRIOLLA ARREQUÍN, EN LA LOCALIDAD SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2018.** Tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Sergio Barrio Vilela Morataya
Asesor Principal



cc. Archivo

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **ARNULFO RAMOS DÍAZ** titulado “**EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON MACRONUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays L.*) VARIEDAD CRIOLLA ARREQUÍN, EN LA LOCALIDAD SAN JOSÉ LA ARADA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2018**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a treinta y uno de octubre de dos mil diecinueve.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”




Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI – USAC

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por sus abundantes bendiciones, ya que día a día vivía una muestra de ello. Por darme la sabiduría necesaria y la valentía de no renunciar a mis sueños.

A MIS PADRES

Daniel Ramos Sagastume y Leticia Díaz Díaz, por ser ese motor increíble en mi vida, por ser ese apoyo incondicional, sacrificios que día a día mantenían por ver cumplir mi sueño. Y alcanzada esta meta, el triunfo también es de ustedes.

A MIS HERMANOS

Robin Daniel, Fredy Eli, Norma Elizabeth, Geremias, Lesbia y Nohemí, porque cada uno, de diferente forma me han aportado mucho durante mi ciclo de estudio, muchas gracias por todo.

A MI FAMILIA

A cada uno por nombre, con mucho cariño, especialmente a mis sobrinos que son la alegría de la casa, y con gran respeto y admiración para mí, a mi tío Manaen Ramos.

A MIS AMIGOS

Sería muy difícil escribir a cada uno por nombre, pero son quienes me apoyaron cuando más los necesitaba, especialmente a Eliú Hernández, Yomira Brenes, Jacquelinne Godinez y Luis Miguel Pérez.

A MIS COMPAÑEROS

Por todo el apoyo brindado durante el ciclo de estudio y los buenos momentos compartidos, especialmente a: Walter Soto, Jorge Acevedo, Edvin Guevara y Axel Montero.

AGRADECIMIENTOS

A:

**CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE CUNORI - USAC**

Por ser mi casa de estudios y brindarme lo necesario hasta culminar mi carrera.

CARRERA DE AGRONOMÍA

Sin duda fue quien despertó esa vocación profesional en mi vida.

MIS ASESORES

Ing. Servio Darío Villela e Ing. Bryan José Morales Calderón, por apoyarme siempre y nunca negarme su ayuda.

MIS CATEDRÁTICOS

Ya que transmitieron sus sabios conocimientos y experiencias vividas, que son parte ahora de mis conocimientos como profesional.

FINCA EL EDÉN

Por brindarme el espacio para poder realizar mi trabajo de Graduación, al personal completo y a su propietario Kevin Calderón Díaz.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Justificación	3
2.3. Planteamiento del problema	4
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Generalidades del cultivo	5
3.1.1. Origen	5
3.1.2. Descripción de la planta	5
3.1.3. Hábitos de floración	6
3.2. Factores edafoclimáticos	6
3.2.1. Adaptación	6
3.2.2. Suelo	6
3.2.3. Agua	7
3.3. Labores culturales	8
3.3.1. Preparación del suelo	8
3.3.2. Siembra	8
3.4. Requerimientos nutricionales del maíz	9
3.4.1. Nitrógeno	10
3.4.2. Fósforo	10
3.4.3. Potasio	10
3.4.4. Fertilización	10
3.5. Principales malezas	11
3.6. Insectos y plagas	11

3.8.	Cosecha	13
3.9.	Manejo poscosecha	14
3.9.1.	Importancia de la limpieza del grano	14
3.9.2.	Importancia del secado del grano	14
3.9.3.	Prácticas para la conservación del grano	14
3.9.4.	Daños causados por los insectos a los granos Directo	15
3.10.	Fertilización	15
3.10.1.	Nitrógeno	15
3.10.2.	Fósforo.	18
3.10.3.	Potasio.	20
3.10.4.	Fertilización en maíz.	23
IV.	MARCO REFERENCIAL	26
4.1.	Características generales	26
4.1.1.	Localización y extensión	26
4.1.2.	Clima	26
4.2.	Recursos naturales	27
4.2.1.	Agua	27
4.2.2.	Suelos	27
4.3.	Descripción y caracterización del área productiva.	28
V.	MARCO METODOLÓGICO	30
5.1.	Objetivos	30
5.1.1.	General	30
5.1.2.	Específicos	30
5.2.	Hipótesis	30
5.3.	Etapa de gabinete inicial	31

5.3.1.	Diseño experimental	31
5.3.2.	Tratamientos	31
5.3.3.	Tamaño de la unidad experimental	31
5.3.4.	Modelo estadístico.	32
5.3.5.	Variables de respuesta	32
5.3.6.	Aleatorización de las unidades experimentales	34
5.3.7.	Análisis de la información	35
5.4.	Manejo del experimento	35
5.4.1.	Trazado del ensayo	35
5.4.2.	Preparación de terreno	35
5.4.3.	Tratamiento de la semilla	35
5.4.4.	Siembra	36
5.4.5.	Fertilización	36
5.4.6.	Control de malezas	36
5.4.7.	Control de plagas	37
5.4.8.	Control de enfermedades	37
5.4.9.	Cosecha	37
5.4.10.	Obtención de los datos	37
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
6.1.	Variable altura en la planta	38
6.2.	Variable altura a la mazorca de la planta	39
6.3.	Variable diámetro basal en planta	41
6.4.	Variable número de hojas por planta	42
6.5.	Variable mazorcas por planta	43
6.6.	Variable largo de mazorca	44

6.7.	Variable diámetro de mazorca	46
6.8.	Variable Granos en 100 gramos en maíz	47
6.9.	Variable rendimiento en maíz	48
VII.	CONCLUSIONES	53
VIII.	RECOMENDACIONES	54
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
X.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Elemento nutritivos necesarios para el maíz	9
2	Principales malezas que afectan al cultivo de maíz.	11
3	Plagas del suelo en el cultivo de maíz.	12
4	Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación, San José la Arada, Chiquimula, 2018.	31
5	Altura promedio de las plantas en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo Arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	38
6	Análisis varianza para la variable altura en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	39
7	Altura promedio a la mazorca de las plantas en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo Arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	40
8	Análisis de varianza para la variable altura a la mazorca en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	40
9	Diámetro basal en milímetros de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	41
10	Análisis de varianza para la variable diámetro basal en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	41
11	Promedio de número de hojas en las plantas de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	42
12	Análisis de varianza para la variable número de hojas en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	42
13	Número de mazorcas por planta de cada tratamiento, en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	44

14	Análisis de varianza para la variable mazorcas por planta en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	44
15	Largo de mazorca en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	45
16	Análisis de varianza para la variable largo de mazorca en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	45
17	Diámetro de mazorca en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	46
18	Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	47
19	Cantidad de granos en 100 gramos de cada tratamiento en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	48
20	Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	48
21	Rendimiento (kg/ha) en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	49
22	Análisis de varianza para la variable rendimiento en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.	49
23	Resultados de medias utilizando LSD Fisher (0.05) para variable rendimiento en maíz criollo arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	50
24	Ingresos de los cinco tratamientos por hectárea para un ciclo productivo de maíz criollo Arrequí, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	51
25	Análisis financiero de beneficios monetarios netos de los cinco tratamientos de la variedad criolla arrequí con los indicadores utilidad, beneficio/costo y rentabilidad económica, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Mapa de ubicación del municipio de san José la Arada	29
2	Croquis del campo, San José la Arada, Chiquimula, 2018.	34
3	Rendimiento promedio de los cinco tratamientos en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	50
4	Comportamiento de los costos e ingresos por tratamiento en Quetzales/Ha de la variedad criolla arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.	52

I. INTRODUCCIÓN

La actividad económica actual del departamento de Chiquimula al igual que en el resto del país, es la agricultura, especialmente en su mayoría la producción de granos básicos, principalmente maíz y frijol. La mayor parte de los agricultores manejan una agricultura de subsistencia, debido a grandes factores desfavorables como lo es el clima, el suelo, la tenencia de la tierra, patrones culturales, entre otros que afectan la producción.

La variedad arrequín tiene la característica de resistir de mejor manera las condiciones ambientales que se presentan en los terrenos de los productores del área rural. Esta variedad ha sido puesta a prueba durante muchas generaciones y por su resistencia a estas condiciones adversas ha llevado a que sea adoptada por los productores de infrasubsistencia y subsistencia para la producción de grano.

Se establecieron cinco tratamientos en los cuales se manejaron diferentes niveles de fertilización con macronutrientes, en un diseño de bloques completamente al azar y en el cuatro repeticiones, cada unidad experimental constaba de 4.8 m de largo por 3.6 m de ancho, existiendo una surco muerto entre cada bloque. Se manejó un distanciamiento de siembra de 0.9 m entre surco y 0.4 m entre planta.

Los resultados obtenidos se clasificaron en tres enfoques, las variables de crecimiento, los componentes de rendimiento y análisis financiero. En las variables de crecimiento no se presentó ninguna significancia entre los tratamientos, en los componentes de rendimiento tampoco existió diferencia significativa, aunque sobresalieron los tratamientos 3 y 5 con el largo de la mazorca. En el análisis financiero basado en la rentabilidad, el tratamiento 3 (69-28-28) presentó mayor porcentaje de ganancia.

El presente trabajo tiene como finalidad generar información que permita determinar la dosis adecuada de estos macronutrientes, para obtener mejor rendimiento y bajo costo, mismo que se realizó en la finca el Edén, en San José La Arada, Chiquimula, entre Octubre del año 2018 a Enero de 2019.

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

El maíz (*Zea mays* L.) es el principal alimento en la dieta de los guatemaltecos y sobre todo en las familias del área rural. Es por ello que es el cultivo de mayor importancia productiva de nuestro país. Contribuye en la ingesta per cápita en una proporción alta de carbohidratos con 37.7 % y proteínas con 36.5 %; el consumo promedio de maíz por persona al año es 114 kg y a menor ingreso económico puede duplicarse (Fuentes 2002).

La importancia que representa el maíz dentro de los granos básicos es indudable desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agrosocioeconómico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y la sobrevivencia. Los productos y subproductos que se obtienen del maíz, son utilizados tanto por la población rural como urbana, siendo estos demandados para el consumo humano, animal, transformación industrial y otros usos variados dentro o fuera de las fincas productoras (Fuentes 2002).

Ortega (2017), investigó el efecto de cinco niveles de fertilización con macronutrientes N-P-K, en dos variedades de maíz en el departamento de Chiquimula. Los cultivares evaluados fueron ICTA B-7 y Arrequín, las variables de respuesta fueron: altura de la planta, grosor de mazorca, peso de 100 gramos y el rendimiento. Donde no hubo significancia para Arrequín respecto a las variables de respuesta, sin embargo respecto al rendimiento (kg/ha), los tratamientos (100-80-100) y (90-39-52) de N-P-K presentaron el mayor rendimiento con 4,778.65 y 4,778.75 k/ha respectivamente.

A pesar de la importancia para la zona que tiene el maíz arrequín, son muy pocas las investigaciones que se realizan para encontrar los puntos más altos de su rendimiento y de su desarrollo fisiológico que de una u otra manera ayuden al agricultor, estas deberían de plantearse y desarrollarse en diferentes comunidades a manera de abarcar todo el sector, principalmente el departamento de Chiquimula.

2.2. Justificación

Se ha establecido que los sistemas de producción de maíz se ven afectados en sus rendimientos por la influencia de un deficiente manejo nutricional, principalmente en la disponibilidad de elementos mayores (N-P- K) en el suelo. Este factor ha disminuido los márgenes de utilidad obtenidos por los productores de maíz durante muchos años (Roldán, 2017).

En el departamento de Chiquimula la mayoría de agricultores de subsistencia cultivan el maíz para satisfacer su alimentación diaria, especialmente utilizan variedades criollas como el caso del arrequín, que es uno de los más conocidos e importante para los agricultores en la zona. Cultivar semillas mejoradas para estas personas les dificulta por su elevado costo ante sus condiciones de vida y agronómicas, lo que hace necesario producir mayores cantidades de alimento en áreas de producción cada vez menores.

Con la evaluación de los diferentes niveles de fertilización de macronutrientes lo que se busca es encontrar cuál de los cinco tratamientos presenta mayor rendimiento con base a la cantidad de N- P- K que se le aporta al suelo, porque los suelos de los agricultores de subsistencia están degradados, no presentan porcentajes altos de materia orgánica y muy abandonados; además se busca la mayor obtención de beneficio costo, en la variedad criolla Arrequín, que es una variedad también de mayor resistencia a la sequía, especialmente en la región del corredor seco.

En el suelo se encuentran también nutrientes que pueden estar o no disponibles para las plantas, pero saber si están disponibles para las plantas es algo impredecible. Por ello, se debe encontrar el mejor nivel de fertilización que mejor se adapte a esta variedad mediante las condiciones económicas de los agricultores, que permita aumentar la productividad y disminuir los costos de producción, por lo que se deben de evaluar fertilizantes económicos al alcance de los agricultores y que sean conocidos por ellos, para ello se tomaron en cuenta el 15-15-15 y 46-0-0.

2.3. Planteamiento del problema

El maíz (*Zea mays L.*) se cultiva a nivel mundial y tiene la particularidad de ser el más producido y consumido en la más amplia cantidad de países productores, como es el caso de Guatemala. Esta es la razón por la cual la investigación agrícola en países como el nuestro, es de gran importancia con fin de mejorar los niveles de producción y así contribuir significativamente en la seguridad alimentaria. En la actualidad, las dos principales causas sobre la disminución de los rendimientos en las cosechas de maíz, se debe al agua y al suelo.

La importancia del cultivo en Guatemala se observa desde el punto de vista de su superficie cultivada y el consumo por la población en promedio se calcula la ingesta per-cápita en 250 libras/año, aportando aproximadamente el 45% de las calorías de la dieta diaria (ICTA, 2000).

Los agricultores de la región del corredor seco, se enfrentan a muchas problemáticas que deben de enfrentar dependiendo de sus circunstancias, tal es el caso de la degradación de los suelos, la falta de información de los niveles de fertilización que se deben de aplicar dependiendo de los suelos y las variedades, a eso se le suma las pocas lluvias que encierra todas las condiciones climáticas actuales de la zona. En el corredor seco producen en su mayoría con semillas criollas, como es el caso del arrequín por su alta resistencia a las condiciones ya antes mencionadas, sin embargo el rendimiento que producen no es el que desean, debido a que no hay programas de fertilización establecido para lograr su máximo rendimiento en estas áreas.

Por lo anterior, es un gran reto para los centros de investigación el generar información adecuada o que mejor se adapte a los agricultores de subsistencia, específicamente en el departamento de Chiquimula y que puedan manejar y controlar para poder tener excedentes de sus cosechas o lograr un menos gasto en el manejo agronómico, por lo que realizar investigaciones en variedades criollas aumentaría la información y se llegarían a mejores planes de manejo.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades del cultivo

3.1.1. Origen

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea* (IICA, SF).

3.1.2. Descripción de la planta

El sistema radicular del maíz se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, que ha sido sembrada a una profundidad adecuada, para lograr su buen desarrollo. El crecimiento de las raíces disminuye después que la plúmula emerge, y virtualmente, detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula (IICA, SF).

Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo; esto ocurre, por lo general, a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad con la que fue colocada la semilla. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a los siete o diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta, y además absorbe agua y nutrimentos. Mistrik y Mistrikova (1995) encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz (IICA, SF).

El tallo de la planta es robusto, formado por nudos y entrenudos más o menos distantes; presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 centímetros de ancho por 35 a 50 centímetros de longitud; tienen borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Desde el punto donde nace el pedúnculo que

sostiene la mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta (IICA, SF).

3.1.3. 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 (IICA, SF).

3.2. Factores edafoclimáticos

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, existen diversidad de cultivares útiles para su cultivo bajo condiciones naturales muy distintas de las propias de su hábitat original (IICA, SF).

3.2.1. Adaptación

El maíz posee buen desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta los 5 metros de altura en altitudes superiores a los 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm). En Guatemala, los mejores rendimientos se obtienen en el rango comprendido entre 0 a 900 msnm, y 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 la latitud 55° N y 40° S (IICA, SF).

3.2.2. 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 (IICA, SF).

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 para el agua (IICA, SF).

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 nutrimentos (IICA, SF).

3.2.3. 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 del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento (IICA, SF).

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 (IICA, SF).

En general, el maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo (IICA, SF).

El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento; es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra, hasta aproximadamente los 15-20 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 (IICA, SF).

Más tarde, en el ciclo de cultivo, el aniego puede ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento (IICA, SF).

3.3. Labores culturales

3.3.1. Preparación del suelo

La labranza mínima es un método beneficioso 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 viento (IICA, SF).

Si la maleza tiene más de 50 cm de alto, se realiza una chapoda y, entre 8 a 15 días después, se debe aplicar un herbicida quemante como Paraquat o un traslocable como Glifosato (IICA, SF).

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. Las rastreadas se pueden hacer a 15 ó 20 cm de profundidad dependiendo del tipo del suelo; el último paso de rastra es recomendable hacerlo antes de la siembra (IICA, SF).

3.3.2. Siembra

Los pequeños productores hacen la mayor parte de la siembra en forma manual, los medianos y grandes productores generalmente utilizan sembradoras mecánicas. Los productores de ladera, donde se usa la cero labranza o labranza mínima, realizan la siembra en cuadro o en hileras. En forma manual, utilizan el chuzo (ANACAFE, SF).

La densidad de población por unidad de área depende de varios factores. Entre los más importantes están los siguientes: fertilidad del suelo, humedad disponible, porcentaje de germinación y características agronómicas de la variedad (ANACAFE, SF).

En zonas donde los suelos son fértiles y la lluvia es abundante, deberá sembrarse una mayor cantidad de semilla que en los suelos medianamente pobres y con lluvias escasas y erráticas. Las variedades mejoradas soportan mayor densidad de población en comparación con las variedades criollas. Al sembrar con maquinaria es importante una buena calibración del equipo de sembrar con la finalidad de obtener la población deseada. Además el grano debe quedar a una profundidad (ANACAFE, SF).

3.4. Requerimientos nutricionales del maíz

El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrimentos (IICA, SF).

En el cuadro 1 se presentan las necesidades de algunos elementos nutritivos para el maíz híbrido de alta producción.

Cuadro 1. Elemento nutritivos necesarios para el maíz

ELEMENTO	Kg/Ha
* Nitrógeno	187
* Fósforo	38
* Potasio	192
* Calcio	38
* Magnesio	44
* Azufre	22
Cobre	0.1
Zinc	0.3
Boro	0.2
Hierro	1.9
Manganeso	0.3
Molibdeno	0.01

Fuente: IICA, SF.

*Nutrimentos que se absorben en mayores cantidades (macroelementos) y elementos secundarios.

3.4.1. Nitrógeno

La demanda de Nitrógeno aumenta conforme la planta se desarrolla; cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento crece rápidamente, en tal forma que al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo. Los híbridos de alto rendimiento en grano necesitan unos 30 kilogramos de Nitrógeno por cada tonelada de grano producida (IICA, SF).

3.4.2. Fósforo

Aunque la cantidad de Fósforo en la planta de maíz es baja en comparación con el Nitrógeno y el Potasio, este es un elemento importante para la nutrición del maíz, y las mayores concentraciones se presentan en los tejidos jóvenes (IICA, SF).

También este elemento es muy importante para el desarrollo radicular. La cantidad de Fósforo extraída por las plantas en condiciones normales de cultivos es aproximadamente 10 kilogramos por tonelada de grano cosechado (IICA, SF).

3.4.3. Potasio

El maíz necesita grandes cantidades de Potasio y casi lo toma en los 30 primeros días de la planta (IICA, SF).

3.4.4. Fertilización

El maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir de los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios (IICA, SF).

El método de aplicación del fertilizante más recomendable es por postura e incorporado; aunque existen otros, tales como: postura superficial y en banda. Es importante tomar en cuenta que para que un fertilizante ejerza su acción, es indispensable que exista buena humedad en el suelo (IICA, SF).

3.5. Principales malezas

Una maleza es cualquier planta que constituye un peligro, molestia o causa daños al hombre, animales o, en este caso, al cultivo de maíz (IICA, SF).

El desarrollo del cultivo de maíz en los primeros 30 días es crítico, por lo que se debe asegurar que crezca libre de la competencia de malezas, pues se estima que éstas son causantes del 10 al 84% de la reducción en su rendimiento (IICA, SF).

Cuadro 2. Principales malezas que afectan al cultivo de maíz.

TIPO DE MALEZA	GÉNERO Y ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Hoja ancha	<i>Baltimore recta</i>	Flor amarilla
	<i>Bidens pilosa</i>	Mozote, mozote negro
	<i>Melampodium divaricatum</i>	Flor amarilla, hierba de chucho
	<i>Physalis sp</i>	Tomatillo, farolito
	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bledo o güisquilite
	<i>Euphorbia hirta</i>	Golondrinilla, hierba de sapo
	<i>Boerhavia erecta</i>	Palo de leche
	<i>Ipomoea sp</i>	campanilla
	<i>Portulaca oleracea</i>	verdolaga
	<i>Sida sp</i>	Escobilla
Hoja angosta (gramíneas)	<i>Eleusine indica</i>	Zacate amargo, pasto de
	<i>Ixophorus unisetus</i>	Zacate de agua
	<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda, barrenillo
	<i>Sorghum halepense</i>	Zacate Johnson
Ciperáceas	<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo
	<i>Cyperus spp</i>	Coyolillo

Fuente: IICA, SF.

3.6. Insectos y plagas

Desde el momento de la siembra, el maíz está expuesto a los ataques de numerosas plagas, y entre los factores principales que favorecen o dificultan la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo están: condiciones de clima, labores preparatorias del terreno, rotación de cultivos y el control de malas hierbas, entre otros (IICA, SF).

Existe una diversidad de insectos-plagas que atacan el cultivo; así se tiene el grupo de las palomillas que, en su estado larvario, son conocidas como gusanos cortadores, soldados, eloteros, barrenadores, etc., y son los que más daños causan; luego están los escarabajos que en general son llamados gusanos de las raíces, gusanos de alambre, gallinas ciegas, barrenadores del grano y gorgojos. En orden de importancia, les sigue el grupo de insectos que actúan como vectores de virus, microplasma, bacterias y hongos; que en algunas zonas del país pueden provocar la pérdida completa del cultivo (IICA, SF).

Cuadro 3. Plagas del suelo en el cultivo de maíz.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DAÑO	CONTROL
Gallina ciega chorontoco oruga gusano blanco joboto	<i>Phyllophaga</i> spp <i>Anomala</i> spp <i>Ciclocephala</i> spp <i>Lygirus</i> sp	Se alimentan de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.	Tratar la semilla con insecticidas como: carbosulfan en dosis de 225 gramos/25 libras de semilla o imidacloprid en dosis de 136 g/30 libras de semilla.
Gusano alambre	<i>Metanotus</i> sp, <i>Aeolus</i> sp	Se alimentan de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.	Imidacloprid en dosis de 136 g/30 libras de semilla Thiodicard 1 L/46 kg de semilla. 250 cc/25 lb de semilla.
Piojo de zope	<i>Blapstinus</i> sp <i>Ulus</i> sp <i>Epitragus</i> sp	Daña los granos próximos a germinar y las raíces de las plántulas se doblan y mueren.	son específicos para usarse en tratamiento a la semilla, pero puede utilizarse productos granulados al suelo como foxim, 64/ha (100 lb/mz) carbofuran 5G
Gusano cuerudo Tierreros, hacheros y cortadores	<i>Agrotis</i> sp, <i>Feltia</i> sp	Se alimentan de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.	12 a 18 kg/ha. Clorpirifos, 9-13 kg/ha (15-20 lb/mz)

Fuente: IICA, SF.

3.7. Enfermedades

Las enfermedades foliares en maíz no representaban mayor interés económico, sino hasta el apareamiento de la mancha de asfalto. Adicionalmente, la irregularidad del establecimiento de las lluvias y consecuente retraso en la época de siembra, la introducción de cultivares y el cambio climático, han provocado que las enfermedades foliares tomen importancia económica, especialmente la conocida como mancha de asfalto (IICA, SF).

Generalmente las enfermedades foliares se presentan después del período de fructificación (elote); sin embargo, cuando se presentan en periodos previos a esta fase, podrían representar una disminución en el rendimiento. A continuación, se mencionan las enfermedades que comúnmente se presentan en Guatemala (IICA, SF).

3.8. Cosecha

Esta actividad se debe realizar cuando el maíz alcanza la madurez fisiológica. Un buen indicador de esta fase es la presencia de la capa negra del grano en el punto de inserción del grano en el olote. Es en este momento que la calidad del grano está en su punto máximo; de aquí en adelante tiende a disminuir a una tasa que depende de la forma en que sea manejado (IICA, SF).

En nuestro medio, el agricultor dobla la planta de maíz para reducir la humedad del grano, llevándolo hasta porcentajes de humedad que permitan el desgrane y almacenamiento sin causar deterioro en su calidad. En la mayoría de los casos, el maíz se deja doblado en el campo por más tiempo, especialmente cuando el clima favorece el secado de grano todavía en la planta (IICA, SF).

La fecha para realizar la práctica de dobla puede variar dependiendo de las condiciones climáticas de cada localidad del ciclo vegetativo del cultivo, así como si el agricultor establecerá un cultivo de relevo. Por lo general, la dobla se puede realizar entre los 110 a 115 días del cultivo (IICA, SF).

La cosecha se debe realizar lo más pronto posible después de la madurez fisiológica, para evitar pérdidas por pudrición, causadas por hongos; infestación por plagas (gorgojos, termitas, etc.) o cualquier otro factor que perjudique la producción (IICA, SF).

Luego de la cosecha, el maíz se puede secar en mazorca antes del desgrane; o si la mazorca tiene porcentaje de humedad que permita el desgrane sin dañarlo, se puede desgranar y luego secar solo el grano. Esto se realiza sobre patios de concreto, toldos, plásticos negros, etc. Existen también secadoras artificiales (IICA, SF).

3.9. Manejo poscosecha

El manejo del grano de maíz después de la cosecha es muy importante para mantener la buena calidad, tanto para el consumo de las familias como para la comercialización (IICA, SF).

3.9.1. Importancia de la limpieza del grano

Mantener el grano limpio es importante por lo siguiente: el grano no se deteriora ni se calienta tan rápido y los insectos retardan su reproducción (IICA, SF).

3.9.2. Importancia del secado del grano

De la misma manera, el secado del grano, luego de la cosecha, es importante debido a que evita el aumento de calor, disminuye el proceso respiratorio, disminuye la reproducción de hongos y reduce el riesgo de germinación del grano en el almacén (IICA, SF).

3.9.3. Prácticas para la conservación del grano

Entre algunas recomendaciones para la buena conservación del grano están las siguientes:

- No quebrar el grano durante la cosecha.
- Separar el grano dañado.
- Secar bien el grano.
- Usar insecticidas en los depósitos (sacos) y equipo que se utilicen.
- Utilizar trojas techadas, silos u otros depósitos para conservar el grano.

3.9.4. Daños causados por los insectos a los granos Directo

Consiste en la destrucción del grano a causa del insecto, cuando se alimenta de él, por ovoposiciones, excremento o por los mismos insectos muertos que contaminan el grano haciéndolo polvoso, sucio e inaceptable como alimento humano (IICA, SF).

Indirecto

Consiste en el calentamiento del grano producido por el metabolismo de los insectos, el cual origina el mal olor, debido al desarrollo de microorganismos (IICA, SF).

3.10. Fertilización

3.10.1. Nitrógeno

Funciones del nitrógeno en las plantas.

El nitrógeno se ha encontrado en las plantas tanto en forma orgánica como en forma inorgánica, combinado con C, H, O y algunas veces, con S formando aminoácidos, aminoenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases purínicas, mientras que el nitrógeno inorgánico puede acumularse en la planta primeramente en tallos y tejidos conductivos en forma de nitrato (NO_3), el nitrógeno orgánico predomina como proteínas de alto peso molecular (Jones, 1998).

El nitrógeno influye en el rendimiento y también en la calidad de las cosechas, pues de él depende el contenido de proteínas del grano. Cuando la planta presenta deficiencias de nitrógeno disminuye el vigor, las hojas son pequeñas, las puntas de las hojas toman

un color amarillo, que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central dando lugar a una especie de dibujo en forma de V (Guerrero, 1996).

El nitrógeno es esencial para el metabolismo de los carbohidratos, estimula el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas así como la asimilación de otros nutrimentos (Brady, 1990).

Formas de nitrógeno en el suelo.

El nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como inorgánico y orgánico, la mayor cantidad se encuentra en gran parte como integrante de los materiales orgánicos complejos del suelo. Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO y nitrógeno elemental, que es inerte excepto para su utilización por Rhizobia. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ y NO_3^- son de mayor importancia (Tisdale y Nelson, 1982).

Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros generalmente complejos no identificados (Tisdale y Nelson, 1982).

Formas utilizables de nitrógeno.

Las formas de nitrógeno que utilizan las plantas son los iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), su absorción está en función del pH del suelo, la temperatura y la presencia de otros iones en la solución del suelo. El NH_4^+ participa en el intercambio catiónico dentro del suelo. El nitrito (NO_2^-) puede estar presente en la solución del suelo bajo condiciones anaeróbicas y es tóxico para las plantas a muy bajos niveles (Jones, 1998).

Movimientos de nitrógeno en el suelo.

Las sales nitrogenadas se mueven hacia arriba y hacia abajo en la solución del suelo, dependiendo de la dirección del movimiento del agua. De los dos tipos generales de sales nitrogenadas, los nitratos se mueven más fácilmente, porque no se unen por sí

mismos a las partículas del suelo. Por otra parte, el nitrógeno amoniacal es adsorbido por los coloides del suelo (Tisdale y Nelson, 1982).

Forma de aplicación del nitrógeno.

Los fertilizantes se deben aplicar o colocar de tal manera que puedan ser alcanzados por las raíces de las plantas. Si el fertilizante nitrogenado se aplica al momento de la siembra, nunca debe estar en contacto con la semilla; debe de colocarse de 5 a 10 cm a un lado y debajo de la semilla (Cooke, 1979).

Pérdidas de nitrógeno.

El nitrógeno aplicado al suelo en forma de fertilizante, puede perderse principalmente por volatilización y lixiviación. Las pérdidas por volatilización ocurren cuando el gas nitrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico y amoníaco son liberados a causa de ciertas reacciones químicas y biológicas que se verifican en el suelo. Han sido sugeridos tres mecanismos como causa de estas pérdidas (Tisdale y Nelson, 1982)

- Desnitrificación, que es la reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
- Reacciones químicas que implican a los nitratos bajo condiciones aeróbicas.
- Pérdidas volátiles de amoníaco gas (NH_3) de la superficie de los suelos alcalinos

En condiciones favorables para el crecimiento de las plantas, la mayor parte del nitrógeno del suelo en forma de amonio (NH_4), se convierte en nitrato (NO_3) por medio de las bacterias nitrificantes, este proceso se denomina nitrificación. Este ion como tiene carga negativa no es adsorbido por los coloides del suelo cargados negativamente que generalmente dominan en la mayoría de los suelos y consecuentemente se puede perder fácilmente por lixiviación (Brady, 1990).

Deficiencia de nitrógeno.

Cuando las plantas presentan deficiencias de nitrógeno se vuelven raquílicas y amarillas. Este amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores mientras las hojas superiores permanecen verdes. En caso de grave deficiencia de nitrógeno las hojas se vuelven color marrón y mueren (Tisdale y Nelson, 1982).

La tendencia de las hojas superiores a permanecer verdes mientras las inferiores amarillas mueren indica la movilidad del nitrógeno en la planta (Tisdale y Nelson, 1982).

3.10.2. Fósforo.**Funciones del fósforo en las plantas.**

El fósforo es un componente de ciertas enzimas y proteínas, trifosfato de adenosina (ATP), ácidos ribonucleicos (RNA), ácidos desoxirribonucleicos (DNA), y fitina. El ATP está involucrado en varias reacciones de transferencia de energía, y el RNA y DNA son componentes de la información genética (Jones, 1998).

El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces, mejora la calidad de la fruta, hortalizas y granos y está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Formas del fósforo en los suelos.

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se encuentra. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden o no estar asociado con él. La fracción inorgánica se encuentra en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos (Tisdale y Nelson, 1982).

Formas utilizables del fósforo.

Las plantas absorben la mayoría del fósforo como ion ortofosfato primario (H_2PO_4), las plantas también absorben pequeñas cantidades de fósforo como ion ortofosfato secundario (H_4PO_2). El pH del suelo influye en gran parte en la absorción de estas dos formas de fósforo por la planta (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Movimientos del fósforo en el suelo.

El fósforo se mueve muy poco en la mayoría de los suelos, generalmente se mantiene en el lugar donde ha sido colocado por la meteorización de los minerales o por la fertilización. Muy poco de este elemento se pierde por lixiviación, aun cuando se mueve más libremente en suelos arenosos que en arcillosos. La erosión y la remoción por el cultivo son las dos únicas formas significativas de pérdidas de fósforo del suelo (Guerrero, 1996).

Época de aplicación del fósforo.

Como el fósforo no se mueve a través del suelo, deberá aplicarse en posiciones en donde pueda ser alcanzado por las raíces de las plantas cuando lo necesiten, es decir aplicarse antes de la siembra (Cooke, 1979).

Forma de aplicación del fósforo.

El contenido de fósforo en la zona radicular debe ser lo suficientemente alto para asegurar su disponibilidad durante todas las etapas de crecimiento. La fijación es un factor importante a considerar cuando se debe decidir la forma de aplicación de fósforo. Existe un mayor contacto entre el suelo y el fertilizante cuando se aplica al voleo y se le incorpora con el arado o con la rastra que cuando se le aplica en banda (Rodríguez, 1996).

Factores que afectan la disponibilidad del fósforo.

La disponibilidad de fósforo presenta una doble restricción: el bajo nivel de fósforo total en los suelos y las bajas cantidades de las formas disponibles. Además, cuando se

aplican al suelo fosfatos solubles, estos son rápidamente fijados hacia formas insolubles que en un tiempo van a ser no disponibles para las plantas.

En suelos ácidos, el fósforo es primeramente fijado por el hierro, aluminio y manganeso, y en suelos alcalinos por el calcio y el magnesio, esta fijación reduce gradualmente la eficiencia de los fertilizantes fosfatados, de tal modo que solamente una pequeña cantidad del fósforo añadido puede ser tomado por las plantas. Con el tiempo; sin embargo, este fósforo fijado puede formar parte de la reserva y ser absorbido por las plantas (Brady, 1990).

La disponibilidad del fósforo varía de acuerdo a los siguientes factores:

- Cantidad de arcilla.
- Tipo de arcilla.
- Época de aplicación.
- Aireación.
- Compactación.
- Humedad.
- Contenido de fósforo en el suelo.
- Temperatura.
- Otros nutrimentos.
- Cultivo.
- El pH del suelo.

3.10.3. Potasio.

Funciones del potasio en las plantas.

El potasio está involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, la presión de turgencia de sus células y el mecanismo de apertura y cierre estomático. El potasio es requerido para la acumulación y translocación de los nuevos carbohidratos formados (Jones, 1998).

El potasio imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades, coadyuva en la producción de proteínas en las plantas, aumenta el tamaño del grano y semilla y es esencial para la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites. También mejora la calidad de los frutos, ayuda al desarrollo de los tubérculos y auxilia en la formación de las antocianinas (National Plant Food Institute, 1985).

Formas del potasio en el suelo.

El potasio existe en el suelo en cuatro formas:

- Como catión K^+ en la solución del suelo.
- Como K^+ intercambiable en los coloides del suelo.
- Fijado en las arcillas.
- Como un componente en minerales potásicos (Jones, 1998).

Formas utilizables del potasio.

El potasio es absorbido como ion K^+ y se encuentra en los suelos en cantidades variables. En general la fracción cambiante y la forma asimilable por las plantas generalmente son pequeñas comparadas con el total de potasio en el suelo (Tisdale et al., 1985).

Movimientos de potasio en el suelo.

El potasio en la solución del suelo está expuesto a considerables pérdidas por lixiviación. Las dos formas de potasio fácilmente disponibles se encuentran en un equilibrio dinámico. Tal situación tiene una gran importancia práctica. Cuando las plantas absorben potasio, el potasio intercambiable se mueve inmediatamente hacia la solución del suelo, hasta que el equilibrio nuevamente se establece (Brady, 1990).

Cuando son suministrados al suelo fertilizantes solubles en agua, el equilibrio es inverso, el potasio de la solución del suelo se mueve hacia el complejo de intercambio. El potasio intercambiable puede considerarse como un importante mecanismo "buffer" para el potasio de la solución del suelo (Brady, 1990).

Es vital mantener niveles adecuados de potasio en el suelo porque este nutrimento no se mueve mucho, excepto en suelos arenosos o en suelos orgánicos. Este elemento tiende a mantenerse en el sitio donde se coloca cuando se fertiliza y cuando se mueve, lo hace por medio del proceso denominado difusión, en desplazamientos lentos y de corto recorrido por las películas de agua que rodean las partículas del suelo (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Época y forma de aplicación del potasio.

En la mayoría de los cultivos anuales, incluyendo los cereales y las hortalizas, los fertilizantes potásicos deben aplicarse a la siembra o al trasplante, debido a que las plantas absorben una buena porción del potasio en las etapas tempranas del crecimiento. Sin embargo, en suelos de textura liviana (arenosos, o franco arenosos), con un alto potencial de perder potasio por lixiviación, se recomienda una aplicación fraccionada (Mackay y Barber, 1985).

Disponibilidad de potasio en los suelos.

En contraste con el fósforo, el potasio se encuentra en altos niveles en la mayoría de los suelos minerales, excepto en suelos arenosos. No obstante, la cantidad de potasio disponible para las plantas a menudo es muy pequeña. La mayor parte de este elemento se encuentra como parte de minerales primarios o es fijado en formas que presentan poca o moderada disponibilidad para las plantas. Por lo tanto, la situación con respecto a la utilización del potasio es semejante que para el fósforo y el nitrógeno en último término. Una proporción muy grande de estos tres elementos en los suelos es insoluble y relativamente no disponible para las plantas (Brady, 1990).

Deficiencia de potasio.

Cuando la planta es deficiente en potasio, la fotosíntesis decrece mientras que la respiración se incrementa, esto reduce seriamente la formación de carbohidratos y por consiguiente el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Tisdale et al., 1985).

3.10.4. Fertilización en maíz.

Fertilización con nitrógeno.

El uso del nitrógeno por la planta de maíz es un tema complejo ya que participan numerosos componentes fisiológicos tales como absorción, translocación, asimilación, y redistribución, donde cada componente tiene una curva de respuesta a factores ambientales (temperatura, estrés de humedad, luz, etc.) y a prácticas culturales (densidad de siembra, distancia ente surcos, etc.) (Gardner et al., 1990).

Muchos experimentos de campo han demostrado respuesta en el rendimiento de maíz, por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Karlen et al., 1987; Gardner et al, 1990; Killorn y Zourarakis, 1992; Adriaanse y Human, 1992 y 1993; Eghball y Maranville, 1993; Muchow, 1994; y Durieux et al., 1994). Sin embargo, la magnitud de la respuesta de la aplicación de nitrógeno es variable en función de dosis, fuentes, variaciones climáticas, variedades y prácticas de cultivo (Muchow, 1994).

Ibrahim (1997), al estudiar ocho genotipos de maíz fertilizados con 120, 180 y 240 kg ha⁻¹ de nitrógeno encontró que al incrementar la tasa de nitrógeno se incrementó la tasa de acumulación de materia seca, la producción de paja y producción de grano sin afectar el índice de cosecha; sin embargo, hubo respuestas diferenciales en función de genotipos (Tollenar et al., 1994 y Gardner et al.,1990).

Efecto de la fertilización nitrogenada en presiembra.

La aplicación de nitrógeno antes de la siembra en el cultivo del maíz ha sido controversial, hay investigadores que han reportado respuesta a la aplicación de este elemento. Jokela (1992), en un estudio sobre el efecto de la fertilización inicial en la producción de maíz forrajero, reportó un incremento de la producción en tres de los cinco sitios evaluados.

Con resultados coincidentes, Sánchez (1995), trabajando con maíz en suelos con niveles medios de fósforo y potasio, reportó diferencias significativas al momento de la

cosecha para las variables peso seco de planta, peso de mazorca, peso de olote, peso de 100 granos, y peso de grano, encontrando que en todos los casos, se obtuvieron valores promedio mayores en las parcelas donde se aplicó nitrógeno 55 días antes de la siembra.

Mascagni y Boquet (1996), realizaron estudios con seis híbridos de maíz para determinar el efecto de la fertilización inicial en el crecimiento y rendimiento en grano del maíz en el período de 1991 a 1993; observaron incrementos en el rendimiento de 0.5 a 1.4 ton ha⁻¹ al aplicar 11 kg de nitrógeno inicial en dos de los tres años; sin embargo, encontraron que la respuesta en rendimiento no fue consistente a través de los años, ni a través de híbridos.

Por otra parte, también existen trabajos que indican no haber encontrado respuesta en rendimiento al utilizar una fertilización nitrogenada de presembrado, como el caso de Bullock et al. (1993) quienes reportan que el crecimiento de la planta, el peso de las hojas y el índice de área foliar en las primeras etapas de desarrollo, presentaron una respuesta favorable a la fertilización nitrogenada inicial. Sin embargo, al final del ciclo, el peso final de la planta, el peso de las hojas, el índice de área foliar y el rendimiento, no se incrementaron con la fertilización inicial.

Fertilización con fósforo.

Niveles altos de fósforo en el suelo estimulan la tasa de crecimiento radicular comparados con los suelos no fertilizados (Zhang y Barber, 1992). En un experimento de campo con dos genotipos de maíz, se combinaron 0 y 135 kg ha⁻¹ de N con 0, 67.5 y 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅. El rendimiento se incrementó con la aplicación de nitrógeno y también con la aplicación de fósforo, incluso sin nitrógeno. La asimilación de fósforo, y el contenido de fósforo en las hojas al momento de la cosecha, se incrementaron con la tasa de fósforo y la aplicación de nitrógeno (Cao et al., 1995).

Existe una respuesta varietal diferencial para los niveles de disponibilidad de fósforo, diferencias genotípicas en hábitos de enraizamiento y potencial para producir (Khasawneh et al, 1980).

Fertilización con potasio.

En cuanto a la fertilización con potasio, se ha mencionado que los suelos del norte de Tamaulipas son ricos en este nutrimento (PIFSV, 1985), sin embargo, en un experimento previo se demostró que hay respuesta a la aplicación de potasio.

Sánchez, (1995), encontró diferencia significativa para las variables rendimiento por hectárea y concentración de potasio en la hoja de la mazorca, observando en ambos casos valores promedio mayores en las parcelas donde se aplicó el potasio. Se ha reportado que los requerimientos de potasio se incrementan en sistemas de producción de alta tecnología. Heckman y Kamprath (1992), sugirieron que prácticas tales como irrigación, mayor población de plantas y aplicaciones de nitrógeno pueden incrementar los requerimientos de potasio. Se ha demostrado la influencia del potasio en relación a las enfermedades.

Kostandi y Solimán (1997), al combinar los niveles de cero y 48 kg de potasio por acre, con diferentes niveles de nitrógeno, encontraron que la aplicación de potasio redujo en un 19.6% el daño de hongos en la mazorca.

IV. MARCO REFERENCIAL

4.1. Características generales

4.1.1. Localización y extensión

El Municipio está ubicado en la parte noroccidental del departamento de Chiquimula, a 185 kilómetros de la ciudad Capital y 11 de la cabecera Departamental. La Cabecera Municipal posee una altitud de 434.58 metros sobre el nivel del mar, ubicado en la latitud norte de 14° 43' 28" y una longitud oeste de 89° 34' 45"; la extensión territorial del Municipio es de 160 Km²; esta colinda al norte con Chiquimula, al sur con Ipala, al este con San Jacinto y al oeste con San Luis Jilotepeque, Jalapa (Catú Hernández, CM. 2012).

Para dirigirse al Municipio desde la Ciudad Capital, se debe transitar por la carretera al Atlántico CA-9; al ubicarse en Río Hondo-Zacapa en el kilómetro 142 se debe virar a la derecha en la CA-10, luego al situarse en Chiquimula en el kilómetro 174 se debe cruzar hacia la derecha por la carretera CHI-06 y está última lleva directo a San José la Arada. También se puede llegar por la carretera Interamericana a El Salvador CA-1, al ubicarse en El Progreso Jutiapa se debe cruzar a la derecha por la carretera departamental JUT-04, al situarse en Agua Blanca se debe virar a la derecha hasta Ipala y finalmente transitar por la carretera CHI-06; por ambas vías el tiempo estimado para llegar al Municipio si se viaja en bus es de cuatro horas y en vehículo son tres (Catú Hernández, CM. 2012).

4.1.2. Clima

“Según el mapa climatológico de Guatemala en el Municipio predomina el clima cálido subhúmedo con una precipitación anual que oscila entre los 650 a 1250 milímetros. La temperatura varía según la época del año, en invierno se registran temperaturas de 19 grados centígrados y en verano de 34 grados centígrados” (Catú Hernández, CM. 2012).

4.2. Recursos naturales

La finca cuenta con variedad de recursos naturales, entre los cuales se puede mencionar:

4.2.1. Agua

Cerca de la finca El Edén pasa el río San José; proviene del municipio San Luis Jilotepeque y atraviesa las aldeas: La Torera, Los Encuentros y la cabecera Municipal, el mismo se encuentra contaminado porque en él se descargan las aguas negras de las viviendas de aldeas, caseríos e incluso el casco urbano. El agua es tomada por canales sin revestimiento los cuales son guiados hasta la finca y utilizada para el riego de los cultivos, especialmente para la época de verano, entre octubre y marzo (elaboración propia).

4.2.2. Suelos

El suelo del Municipio es accidentado, rocoso y con profundos barrancos, por lo que se presta para ofrecer a sus habitantes cuatro tipos de suelo: Jalapa, de poca profundidad, drenado y desarrollado sobre ceniza volcánica cementada de color claro; Zacapa, también es poco profundo y bien drenado, desarrollado sobre rocas de granito en un clima cálido y seco; ocupa pendientes. Jilotepeque, “poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre toga volcánica o brecha de toba de color claro en un clima seco o húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas en el sureste del país.”. Güija, “poco profundos, mal drenados, se han desarrollado sobre roca máfica y materiales volcánicos en un clima de seco a húmedo-seco. Ocupan relieves ondulados a altitudes medianas en el sureste del país” (Catú Hernández, CM. 2012).

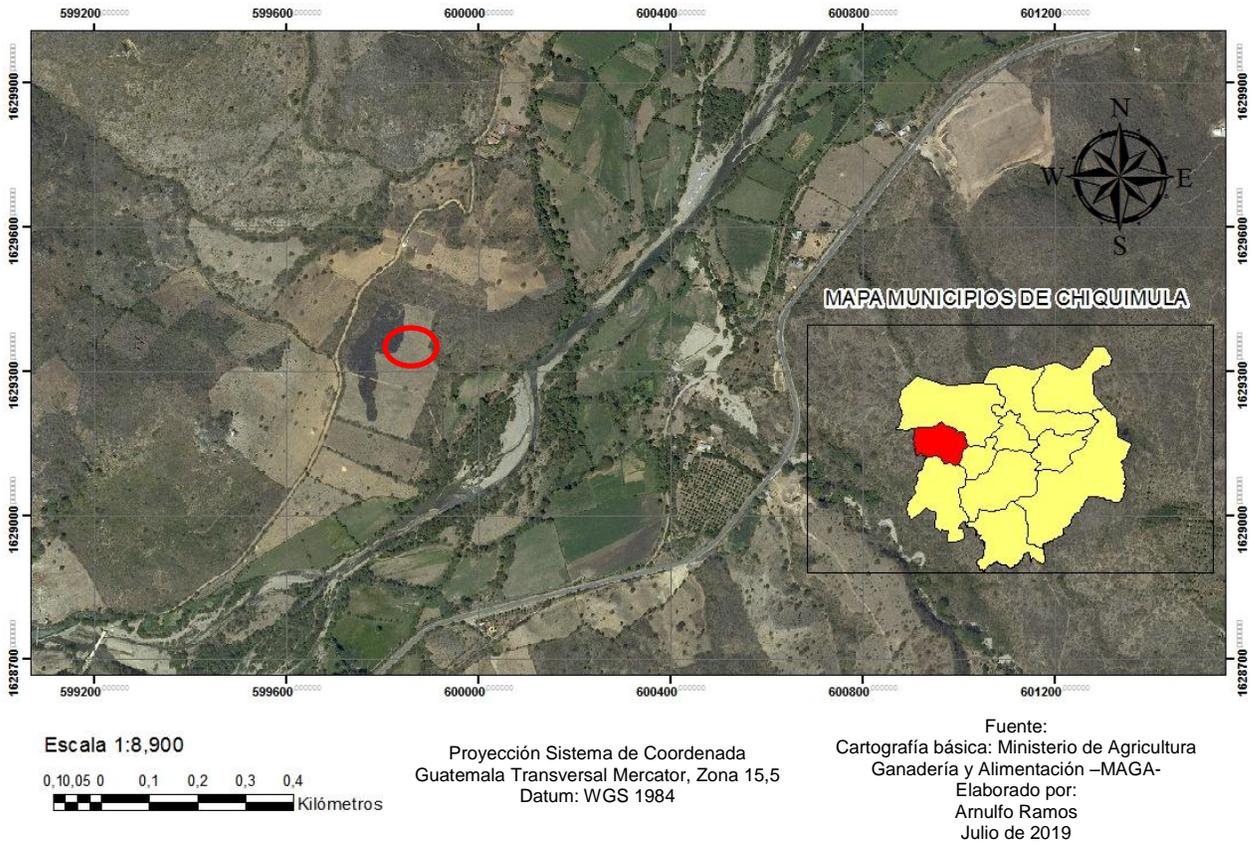
La textura del suelo es franco arcillosa, característico de los suelos en las vegas. El porcentaje de materia orgánica esta levemente por debajo del rango adecuado, presentó un 2.5% siendo lo ideal de 3 a 5%. El pH en el suelo es adecuado, su resultado es de 7.65 de un rango estimado de 5.5 a 7.5, siendo ligeramente alcalino (elaboración propia).

Entre los resultados de fertilidad de suelo, el fósforo se encuentra en grandes cantidades, puesto que presenta 288.9 ppm, en un rango aceptable de 20 – 40 ppm. Lo que favorece al crecimiento de raíz, formación del fruto y transferencia genética de una generación a la siguiente. Otro elemento nutricional es el potasio, este se encuentra en 93 ppm, lo cual es una cantidad baja conforme su rango, que este es de 125 – 200 ppm, lo que significa que debe de ser aplicado en grandes cantidades para cultivar (elaboración propia).

4.3. Descripción y caracterización del área productiva.

La finca el Edén se encuentra localizada en la coordenada 14.7394270, -89.5690940. En el km 177 ruta antigua hacia San José la Arada, delante de Shororagua y vega Arriba. Su extensión territorial es de 54 hectáreas, pertenece al propietario Kevin Calderón Díaz. La finca posee suelos con textura franco arcilloso, característico de una vega, son suelos planos y los riegos se realizan por gravedad, sus canales no poseen revestimiento y el afluente proviene del río San José.

La finalidad de la finca es la ganadería, por lo que sus suelos están ocupados para el mantenimiento de la misma, y con ello incluye los suelos con destino para pastizales y maíz para corte. La siembra en la parcela se realizó a inicios del mes de Octubre, durante meses de lluvia y se complementó con riegos por gravedad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Mapa de ubicación de la investigación en el municipio San José la Arada.

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Objetivos

5.1.1. General

Generar información para establecer un programa nutricional a partir de cinco niveles de fertilización con macronutrientes, que permita maximizar el potencial de rendimiento en la variedad criolla de maíz Arrequín, en la localidad de San José la Arada, departamento de Chiquimula.

5.1.2. Específicos

- Conocer las características agronómicas del crecimiento en la variedad criolla de maíz Arrequín, a partir del efecto de la fertilización con cinco niveles de macronutrientes N-P-K.
- Determinar los componentes de rendimiento en la variedad criolla de maíz Arrequín, a partir del efecto de cinco niveles de fertilización con macronutrientes.
- Establecer el efecto de cinco niveles de fertilización con macronutrientes sobre el potencial de rendimiento en la variedad criolla de maíz Arrequín.
- Identificar el tratamiento que presente mayor rentabilidad en el cultivo de maíz criollo Arrequín, para establecer el nivel que genere más ingresos para los productores que utilicen esta variedad.

5.2. Hipótesis

Ha: Al menos uno de los tratamientos mostrará diferencia significativa en las variables de los componentes agronómicos.

Ha: Al menos uno de los tratamientos mostrará diferencia significativa en el efecto del rendimiento de grano maíz (kg/ha).

Ha: Al menos uno de los tratamientos mostrará diferencia significativa en la relación beneficio costo.

5.3. Etapa de gabinete inicial

5.3.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

5.3.2. Tratamientos

El cuadro 4 describe los tratamientos evaluados en la investigación, el cual se puede observar las diferentes dosis de fertilizante como el 15 – 15 -15 y el 46 – 0 – 0.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación, San José la Arada, Chiquimula, 2018.

Numero de Tratamiento	Tratamiento N-P-K en kg/ha	Descripción	Dosis qq/Ha	Nivel
T1	111-28-28	15 – 15 -15 46 – 0 – 0	4qq 4qq	Testigo
T2	63-21-21	15 – 15 -15 46 – 0 – 0	3qq 2qq	Muy baja
T3	69-28-28	15 – 15 -15 46 – 0 – 0	4qq 2qq	Baja
T4	76-34-34	15 – 15 -15 46 – 0 – 0	5qq 2qq	Media
T5	83-41-41	15 – 15 -15 46 – 0 – 0	6qq 2qq	Alta

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

5.3.3. Tamaño de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 4 surcos de 4.8 metros de largo. Como parcela neta, se consideró los dos surcos centrales y se utilizó un distanciamiento de 0.9 m entre surcos y las posturas a 0.4 m (cada unidad experimental tuvo un área total de 17.3 m²); se sembraron 2 granos por postura, para una densidad poblacional de 55,555 plantas por hectárea).

5.3.4. Modelo estadístico.

El modelo estadístico que corresponde al diseño experimental bloques completos al azar, se indica a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = Efecto de la j -ésima repetición.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

$i = 1, 2, 3, \dots, 5$ tratamientos. $j = 1, 2, 3, 4$ repeticiones.

5.3.5. Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas en la presente investigación se dividen en dos, las cuales fueron las siguientes:

- **Variables agronómicas**

a) **Altura de planta (cm):** previo a realizar la cosecha, de cada unidad experimental, se tomaron al azar ocho plantas, a las que se determinó el promedio de altura, para ello se utilizó un metro graduado en cm y se tomó el punto inicial al haz del suelo y como punto final donde está la lígula visible.

b) **Altura de mazorca (cm):** para la altura de planta se tomaron al azar ocho plantas de cada unidad experimental y seguidamente se determinó la altura al punto donde se inserta la mazorca más alta, iniciando desde el haz del suelo. obteniendo el promedio respectivo.

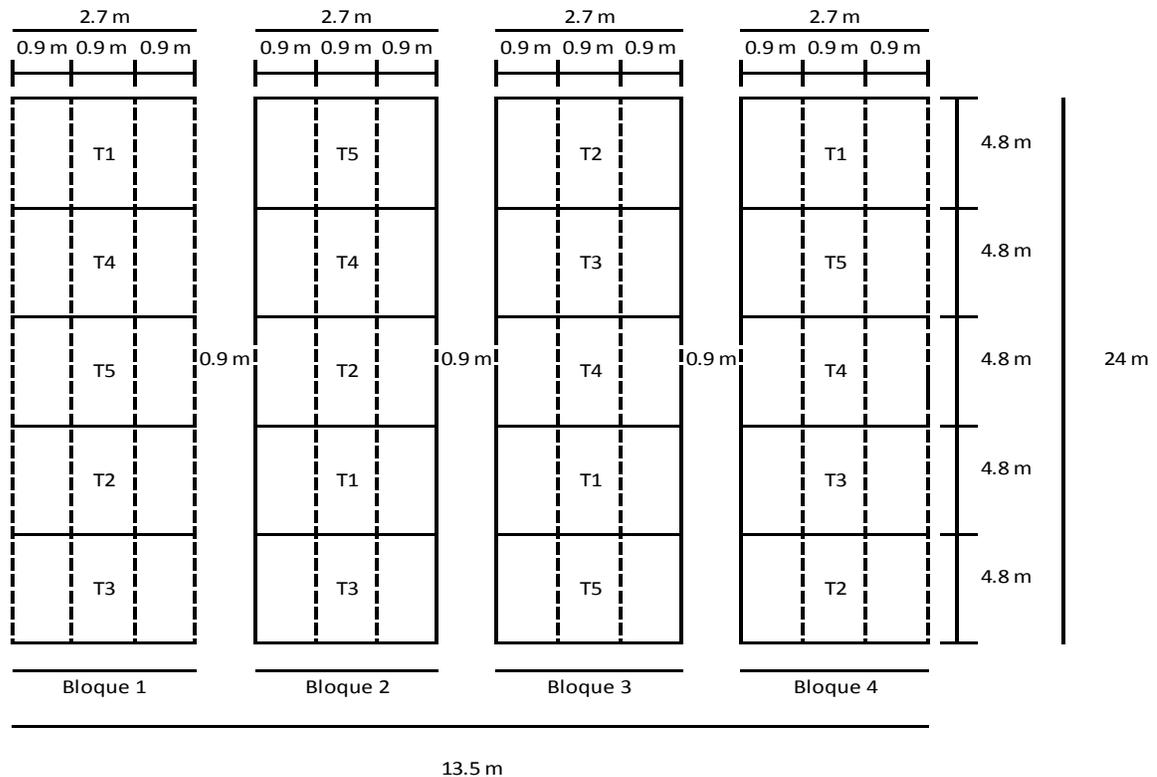
- c) **Diámetro basal:** para la recolección de este dato se utilizaron las mismas plantas tomadas para los anteriores datos, para ello fue necesario de un vernier graduado en milímetros. El punto de medición fue en el segundo entrenudo, iniciando desde el haz del suelo.
- d) **Número de hojas por planta:** se realizó el conteo de hojas de cada una de las muestras.
- o **Componentes del rendimiento**
- a) **Mazorca por planta:** se contabilizó el número de mazorcas por planta, para obtener su promedio.
- b) **Largo de mazorca:** se tomaron 8 mazorcas al azar por cada unidad experimental, procediendo a medirlas mediante una regla de 30 centímetros.
- c) **Diámetro de mazorca:** se tomaron las mismas 8 muestras de cada unidad experimental, midiendo el diámetro de cada mazorca, utilizando el instrumento vernier.
- d) **Promedio de granos en 100 gramos:** cuando los granos de maíz presentaban 12% de humedad, se tomaron muestras por unidad experimental y mediante una balanza analítica se pesó los 100 gramos, luego se contaron los granos de maíz.
- e) **Rendimiento de grano (kg/ha):** después de ser cosechadas las mazorcas de cada unidad experimental se obtuvo el peso de las mismas. Se tomaron muestras para determinar el porcentaje de humedad al momento de la cosecha siendo del 12% promedio, finalmente, el peso total de las mazorcas (peso de campo).

○ **Análisis financiero**

Después de hacer la recolección de los datos, se procedió hacer la suma los gastos de materia prima, como lo son: la semilla, los fertilizantes y los productos químicos al igual que se contabilizó los jornales, que fue nuestra mano de obra en la aplicación de producto químico, fertilizantes y riegos. La suma de los dos subtotaes dan el precio total de gasto por hectárea, por otra parte también se calcularon los quintales obtenidos por tratamiento y estos a su vez vendidos a precio de mercado actual, obteniendo así los ingresos de los cuales se hizo la relación beneficio costo, la utilidad neta y la rentabilidad.

5.3.6. Aleatorización de las unidades experimentales

A continuación se detalla la manera en la que estuvieron aleatorizadas las unidades experimentales en cada uno de los bloques en la parcela experimental.



Fuente: Elaboración propia en base a lo planificado.

Figura 2. Croquis del campo, San José la Arada, Chiquimula, 2018.

5.3.7. Análisis de la información

El análisis de los datos de las variables respuesta se realizó con el software estadístico InfoStat® versión 2016. Los análisis de varianza ANDEVA se realizaron con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, utilizando el método de modelos lineales generales y mixtos, encontrando el modelo estadístico que optimice los valores, determinándose significancia estadística realizando una prueba de medias, utilizando el método LSD Fisher con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, para encontrar el o los tratamientos sobresalientes.

5.4. Manejo del experimento

Después de seleccionar el sitio experimental, se procedió a obtener una muestra de suelo, para enviarla al laboratorio de suelo de CUNORI para que los respectivos análisis físico-químicos y de fertilidad del suelo necesario en la localidad.

5.4.1. Trazado del ensayo

El trazado del ensayo se realizó con las medidas correspondientes conforme a las dimensiones de las unidades experimentales, para esta actividad se utilizó una cinta métrica, estacas, letreros para identificar y pitas.

5.4.2. Preparación de terreno

El terreno se preparó por métodos manuales, como lo fue; el desmalezado, preparación de las mesas y los canales para el riego.

5.4.3. Tratamiento de la semilla

Como parte del manejo de plagas principalmente plagas de suelo como lo es la gallina ciega (*Phillophaga spp*) y evitar pérdidas en la germinación del maíz, se realizó un tratamiento de la semilla con el producto Blindage 60 FS cuyo ingrediente activo es Imidacloprid y Thiodicarb, se aplicó según la dosis recomendada; 6-10 ml/kg de semilla.

5.4.4. Siembra

Se realizó de forma manual de la herramienta chuzo para hacer los agujeros en el suelo. Los distanciamientos 0.9 metros entre surcos y 0.40 metros entre plantas, con tres granos por postura para asegurar la germinación del maíz. En algunos casos fue necesaria la realización de resiembra en las posturas sin plantas.

5.4.5. Fertilización

Se realizaron dos fertilizaciones en el ciclo del cultivo para aportar a la planta los nutrimentos necesarios para su desarrollo, según se determinó en los diferentes tratamientos a evaluar.

Épocas de fertilización:

- **Primera fertilización:** 8 a 10 DDS en posturas cuando la siembra es manual. Realizando la aplicación de las diferentes dosis para el fertilizante triple 15, que contiene nitrógeno, fósforo y potasio.
- **Segunda fertilización:** 25 a 30 DDS. Realizando la aplicación de las diferentes dosis de urea (nitrógeno), y también mezclado con triple 15 según el tratamiento que lo contenga en su respectiva dosis.

5.4.6. Control de malezas

El control de malezas fue con la finalidad de mantener libre de especies no deseadas que causen competencia al cultivo en la investigación; se realizó de forma manual y química (el azadón, machete y bomba para los herbicidas).

5.4.7. Control de plagas

- **Plagas de suelo:** Existe una gama de diferentes productos en el mercado para el control de plagas del suelo, como forma preventiva se aplicó el producto Blindage 60 FS cuyo ingrediente activo es Imidacloprid y Thiodicarb, con una dosis de: 6-10 ml/kg de semilla, para el control de *Phyllophaga* spp, *Diabrotica* spp., *Dalbulus* spp.
- **Plagas de follaje:** Las principales plagas que afectan el cultivo de maíz son el gusano cogollero, tortuguillas y chicharrita. Se utilizó Monarca 11.25 SE, cuyo ingrediente activo es Thiachloprid Beta – Cyflutrina y su dosis es de 0.6 – 1 lt/ha, así mismo se usó Brusko® 2,5 GR cuyo ingrediente activo es Clorpirifos, dosis recomendadas para el control es de 25 a 40 kg/ha.

5.4.8. Control de enfermedades

Para el control de enfermedades se utilizó Mancozeb 80 WP cuyo ingrediente activo es el Dithiocarbamate, Se aplicó según las dosis recomendada, 2 kg/ha y de manera preventiva, sin manifestarse ninguna enfermedad en la planta.

5.4.9. Cosecha

Cuando más del 90% de las plantas presentó el grado de madurez, se procedió a la cosecha. Para ello en cada unidad experimental se retiraron las mazorcas de cada planta, procediendo a obtener el peso de las mismas. Este peso se obtuvo cuando las muestras tenían 12% de humedad, y así obtener un dato más exacto y no llegar a utilizar corrección de humedad en cada una de las muestras de 8 mazorcas de cada unidad experimental.

5.4.10. Obtención de los datos

Los datos fueron tomados directamente del campo, con las respectivas herramientas a utilizar en cada una de las variables analizadas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados y discusión de las variables estudiadas durante el desarrollo de la investigación. El análisis estadístico para el cultivar estudiado fue realizado en forma separada. Cuando existió diferencia significativa fueron sometidas a la prueba de medias de LSD Fisher al (0.05). También se presentan, los resultados del análisis económico para el maíz criollo Arrequín que fue evaluada.

6.1. Variable altura en la planta

Esta variable se midió con el propósito de determinar si los tratamientos producen un efecto en la altura total de la planta de maíz criollo Arrequín, bajo las mismas condiciones edafoclimáticas.

Cuadro 5. Altura promedio de las plantas en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo Arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	149.00	180.71	174.00	172.88	169.15
T2 63-21-21	178.50	166.88	173.57	175.25	173.55
T3 69-28-28	181.13	179.33	183.38	183.88	181.93
T4 76-34-34	167.25	175.63	192.25	187.25	180.59
T5 83-41-41	181.12	167.75	171.00	178.00	174.47

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable altura en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	1.44	0.2794

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Debido a que las diferencias no fueron estadísticamente significativas como se muestra en el cuadro 6, se rechaza la hipótesis alternativa en la variable altura total de la planta de maíz criollo arrequín, sin embargo, a pesar de no ser estadísticamente significativa, el tratamiento 3 (181.93 cm) y el tratamiento 4 (180.59 cm) muestran una altura promedio mayor con respecto a los demás tratamientos.

Los resultados obtenidos fueron inferiores a los obtenidos por Ortega (2017), su altura promedio mayor fue de 224 cm haciendo un diferencial de 42 cm menos en esta investigación, cuyo tratamiento superior fue 90-39-52 (N-P-K), las cantidades de nitrógeno que se utilizaron en ambas investigaciones oscilan en 20 kg/ha de diferencia, en el cual se refleja el resultado en la elongación de la planta. Así mismo, se pudo observar que en los tratamientos con menor cantidad de nitrógeno presentaron una menor altura de planta. Estos datos a la vez también favorecen en la reducción de acame.

6.2. Variable altura a la mazorca de la planta

La variable altura a la mazorca de maíz criollo Arrequín se determine que existe una diferencia significativa en los diferentes tratamientos evaluados bajo un mismo manejo agronómico.

Cuadro 7. Altura promedio a la mazorca de las plantas en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo Arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	63.63	83.14	82.25	79.88	77.22
T2 63-21-21	88.00	73.13	88.29	80.88	82.57
T3 69-28-28	84.75	84.56	87.38	87.00	85.92
T4 76-34-34	82.13	86.13	97.88	85.88	88.00
T5 83-41-41	87.25	79.38	75.75	76.63	79.75

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable altura a la mazorca en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	1.82	0.1894

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 8, que las diferencias de la variable no fueron estadísticamente significativas, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa en la variable altura a la mazorca en las plantas de maíz criollo Arrequín. Sin embargo, a pesar de no ser estadísticamente significativa el tratamiento 4 (88 cm) y el tratamiento 3 (85.92 cm) muestran una altura a la mazorca promedio mayor con respecto a los demás tratamientos. En la variedad ICTA-B7 la altura promedio es de 120 cm, mientras que en algunos híbridos llega hasta 140 cm promedio, por lo que en la variedad criolla Arrequín es bastante aceptable la altura presentada para las dosis utilizadas.

6.3. Variable diámetro basal en planta

Esta variable agronómica se estimó con el propósito de determinar si existe un aumento en el diámetro basal en la planta de maíz criollo Arrequín, en las diferentes dosis de los tratamientos evaluados en la investigación.

Cuadro 9. Diámetro basal en milímetros de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	15.93	15.95	18.35	18.19	17.1
T2 63-21-21	17.08	15.23	19.97	19.89	18.04
T3 69-28-28	17.08	17.37	17.84	16.86	17.29
T4 76-34-34	16.38	17.63	17.48	17.43	17.23
T5 83-41-41	16.98	16.48	17.09	17.04	16.89

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable diámetro basal en plantas de maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	0.7	0.6067

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Las diferencias no fueron estadísticamente significativas, en la variable diámetro basal según se muestra en el cuadro 10, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa en la variable diámetro basal en la planta de maíz criolla Arrequín. El tratamiento 2, tiene una media de 18.04 milímetros y el tratamiento 3, tienen una media de 17.29 milímetros, a pesar de que el tratamiento 2 era el que menos aportaba fósforo (21kg/ha), que ayuda al crecimiento del tejido, fue el más aprovechable para la planta.

Con ello se obtuvieron datos muy similares a los de Morales Calderón (2017) pese a que era un híbrido, donde su T7 fue el mejor presentando 22.76 milímetros y el menor el T2 con 15.4 milímetros.

6.4. Variable número de hojas por planta

Se midió con el propósito de determinar la variable si existe un incremento en el número de hojas de los tratamientos de maíz criollo Arrequín, en las diferentes dosis de los tratamientos bajo el mismo manejo agronómico.

Cuadro 11. Promedio de número de hojas en las plantas de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	12.50	14.14	13.75	13.75	13.54
T2 63-21-21	14.00	13.75	14.00	13.75	13.88
T3 69-28-28	14.00	14.22	14.13	14.50	14.21
T4 76-34-34	13.75	14.13	15.00	14.00	14.22
T5 83-41-41	14.38	13.75	13.50	13.88	13.88

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable número de hojas en plantas de en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	1.6	0.2365

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Los análisis estadísticos en la variable número de hojas por planta en la variedad de maíz criollo Arrequín, como se puede ver en el cuadro 12, tampoco presenta diferencia significativa, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa. A pesar de no ser

estadísticamente significativa, el tratamiento 3 (14.21) y el tratamiento 4 (14.22) muestran un promedio mayor de número de hojas con respecto a los demás tratamientos.

Fassio (1998), expone que la planta de maíz presenta en promedio, 14 hojas, 56 días después de la emergencia y 15 hojas a los 2 meses de la misma. Todo esto debido a la cantidad de nitrógeno y fosforo que absorbe la planta a los dos meses, tiempo en el cual ya se realizaron las fertilizaciones planificadas, tanto el nitrógeno cumple su función de crecimiento como el fosforo en la creación de tejido, y la planta obtiene así su tamaño ideal.

En los 5 tratamientos hubo excepciones de plantas que sobrepasaban los 2 metros de altura y su número de hojas fueron muy superiores, de 16 y 17 hojas por planta, pero hubieron datos como en el tratamiento 1 donde se midieron plantas con más de 1.8 metros y su número de hojas era de 14 y 13, por lo que la elongación entre cada entrenudo era mayor. Así también el tratamiento 3 se midieron plantas inferiores a los 1.8 metros y el resultado de numero de hojas por planta fue de 15 y 16 hojas, por lo que sus entrenudos eran más cortos de tamaño que el resto de tratamientos.

6.5. Variable mazorcas por planta

Se contabilizaron las mazorcas por planta para determinar si el factor de diferentes dosificaciones, inciden en el incremento de mazorcas de las plantas en los tratamientos del maíz criollo Arrequín.

Cuadro 13. Número de mazorcas por planta de cada tratamiento, en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	0.79	1.04	1.01	0.97	0.95
T2 63-21-21	0.91	1.03	0.96	0.82	0.93
T3 69-28-28	0.91	0.94	0.96	1.10	0.98
T4 76-34-34	0.86	0.96	1.00	1.05	0.97
T5 83-41-41	1.08	1.16	1.09	1.00	1.08

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable mazorcas por planta en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	1.47	0.4362

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Como se puede ver en el cuadro 14, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la variable número de mazorcas por planta de maíz criollo arrequín, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa. Sin embargo, a pesar de no ser estadísticamente significativa, el tratamiento 3 (0.98) y el tratamiento 5 (1.05) muestran una cantidad mayor de mazorcas promedio mayor con respecto a los demás tratamientos, por lo general siempre la relación es uno a uno, es decir que cada planta produce una mazorca.

6.6. Variable largo de mazorca

Se midió con el propósito de determinar si existe un incremento en largo de mazorcas que beneficien el rendimiento de las mismas, de los tratamientos evaluados de maíz

criollo Arrequín, en las diferentes dosis de los tratamientos bajo las mismas condiciones.

Cuadro 15. Largo de mazorca en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	14.56	15.88	15.88	14.88	15.3
T2 63-21-21	14.19	15.38	14.38	14.81	14.69
T3 69-28-28	15.25	14.63	16.63	15.5	15.5
T4 76-34-34	13.56	14.81	14.88	12.88	14.03
T5 83-41-41	14.88	15	14.94	14.56	14.84

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable largo de mazorca en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	2.89	0.0687

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

De acuerdo con los resultados mostrados en el cuadro 16, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en la variable largo de mazorcas en las plantas de maíz criollo Arrequín, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa. Sin embargo, a pesar de no ser estadísticamente significativa, el tratamiento 3 (15.5 cm) y el tratamiento 1 (15.3 cm) muestra un promedio mayor con respecto a los demás tratamientos, que muestran un diferencial de 1.47 cm respecto del primero al último rendimiento.

Ambos tratamiento tenían una dosis común, como lo es el potasio (28 kg/ha) y fueron los que sobresalieron, a este también se le suma el tratamiento 5 (14.84 cm), aunque este último tenía 41 kg/ha de potasio, que es la parte nutricional que aumenta el fruto.

Entre las muestras evaluadas se tomó una medida como punto de referencia, siendo esta 14 centímetros, donde el tratamiento 5 y 3 presento un 62.5% y 56.25% respectivamente sobrepasando los 14 centímetros, aquí claramente se ve reflejado que en ambos tratamiento existen mayor cantidad de potasio y por ello sobresale el fruto, caso contrario sucede en los otros tratamientos que es donde se dosifico con menos potasio, obteniendo los tratamientos 4 y 2 que presentaron un 37.5% y 34.38% respectivamente que eran inferiores a los 14 centímetros.

6.7. Variable diámetro de mazorca

Se estimó la variable con el propósito de determinar si existe un incremento en el diámetro de mazorcas de los tratamientos de maíz criollo Arrequín, en las diferentes dosis de los tratamientos establecidos en las mismas condiciones agronómicas.

Cuadro 17. Diámetro de mazorca en centímetros de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	42.73	45.13	43.95	40.91	43.18
T2 63-21-21	44.33	43.6	42.36	41.93	43.05
T3 69-28-28	43.45	41.7	44.21	42.56	42.98
T4 76-34-34	44.29	41.8	42.91	43.76	43.19
T5 83-41-41	43.6	44.11	42.34	43.74	43.45

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	0.15	0.9596

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Debido a los resultados mostrados en el cuadro 18, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en la variable diámetro de mazorcas en las plantas de maíz criollo Arrequín. Sin embargo, a pesar de no ser estadísticamente significativa, el tratamiento 5 (43.45 mm) y el tratamiento 4 (43.19 mm) muestra un promedio mayor con respecto a los demás tratamientos.

Nuevamente el potasio muestra su efecto en las dosis con mayor elemento nutricional que es el que ayuda a la formación del grano. Estos resultados son muy similares a los expuestos por Ortega (2017) donde ella obtuvo en sus tratamientos 2 (100-80-100) y 3 (100-40-100) los datos de 47.17 y 47.05 milímetros respectivamente, tomando en cuenta que las dosis son diferentes, los cuales son más del doble de diferencia en cuanto al potasio y los milímetros son de casi 4 en su diferencial respecto a la investigación de Ortega.

6.8. Variable Granos en 100 gramos en maíz

Se midió con el propósito de determinar si existe un aumento en la cantidad de granos o aumento de peso en los granos en 100 gramos de los tratamientos de maíz criollo Arrequín, en las distintas dosis de los tratamientos bajo las mismas condiciones edafoclimáticas.

Cuadro 19. Cantidad de granos en 100 gramos de cada tratamiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	REPETICION				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	367.00	316.00	312.00	307.00	325.50
T2 63-21-21	315.00	327.00	314.00	332.00	322.00
T3 69-28-28	314.00	318.00	314.00	309.00	313.75
T4 76-34-34	348.00	350.00	338.00	337.00	343.25
T5 83-41-41	414.00	315.00	305.00	307.00	335.25

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable cantidad de granos en 100 gramos en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	1.92	0.1785

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Como se puede ver los resultados mostrados en el cuadro 20, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en la variable número de granos en 100 gramos en mazorcas en las plantas de maíz criollo Arrequín, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa antes presentada. A pesar de no ser estadísticamente significativa, el tratamiento 2 (322 granos) y el tratamiento 3 (313.75 granos) muestra un promedio de menor granos con respecto a los demás tratamientos, lo que nos indican que en menor cantidad de granos existe mayor peso o mayor tamaño de los granos.

6.9. Variable rendimiento en maíz

El rendimiento se calculó con un porcentaje de humedad del 12.75%. Los cinco tratamientos evaluados en el maíz criollo arrequín expresaron diferentes rendimientos,

existiendo diferencia estadística significativa en el factor diferentes dosis de fertilizantes.

Cuadro 21. Rendimiento (kg/ha) en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

Tratamiento N-P-K	REPETICION				Media
	I	II	III	IV	
T1 111-28-28	4,423.57	4,168.57	4,469.57	4,631.57	4,423.32
T2 63-21-21	4,015.98	4,138.98	4,412.98	4,298.98	4,216.73
T3 69-28-28	4,252.98	4,397.98	4,656.98	4,496.98	4,451.23
T4 76-34-34	3,846.84	4,206.84	3,986.84	4,146.84	4,046.84
T5 83-41-41	4,608.79	4,427.79	4,381.79	4,663.79	4,520.54

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable rendimiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala. 2018.

	GI	GI error	Valor - F	Valor - P
Tratamiento	4	12	6.74	0.0044

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

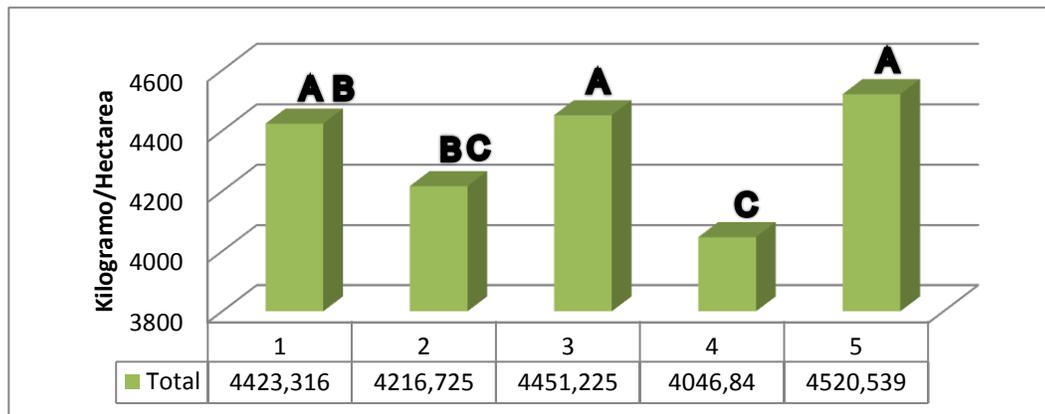
De acuerdo con los resultados mostrados en el cuadro 22, existe diferencia estadísticamente significativa entre el factor diferentes dosis de fertilizantes en maíz criollo Arrequín, por lo que se procedió a realizar un análisis de medias por medio de LSD Fisher (0.05).

Cuadro 23. Resultados de medias utilizando LSD Fisher (0.05) para variable rendimiento en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

tratamientos	medias	E.E.	
5	4520.54	155.81	A
3	4451.23	88.34	A
1	4423.32	129.66	A B
2	4216.73	87.38	B C
4	4046.84	133.58	C

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

El cuadro 23 muestra que si los tratamientos con mayor rendimiento fueron el tratamiento 5 (83-41-41) con un rendimiento de 4,520.34 kg/Ha, Seguido del tratamiento 3 (69-28-28) con un rendimiento de 4,451.23 kg/Ha, el tratamiento 1 (111-28-28) con un rendimiento de 4,423.32 kg/Ha, el tratamiento 2 (63-21-21) con un rendimiento de 4,216.73 kg/Ha y por último el tratamiento 4 (76-34-34) con un rendimiento de 4,046.84 kg/Ha.



Fuente: Elaboración propia con base a datos recolectados.

Figura 3. Rendimiento promedio de los cinco tratamientos en maíz criollo arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

En la investigación que se realizó en finca el Zapotillo, del CUNORI, Ortega (2017) obtuvo rendimientos en la variedad criolla arrequín, que se asemejan a los datos

obtenidos en San José la arada, durante esta investigación. El tratamiento con mayor rendimiento de Ortega lo obtuvo el 3 y el 5 con iguales rendimientos, en los cuales se aplicó 100-80-100 y 90-39-52, cuyos rendimientos son de 4,778.65 kg/Ha en ambos tratamientos.

Con los datos obtenidos mediante esta investigación se obtuvo que los dos tratamientos con mayor rendimiento son: tratamiento 5 (83-41-41) y tratamiento 3 (69-28-28) con sus rendimientos de, 4,520.34 y 4,451.23 kg/Ha respectivamente. Obteniendo un diferencial de 258.31 kg/Ha entre el tratamiento de Ortega (2017) y esta investigación, que estos a su vez pueden variar dependiendo del manejo y de los tipos de suelos que estos tengan.

6.10. Análisis financiero en los tratamientos

Los costos de producción y la mano de obra, se dividió en costos variables y fijos, incluido el imprevisto del 5 %, con lo que se obtuvo un costo total por hectárea (anexo 2); se determinó los ingresos con los resultados obtenidos por cada tratamiento por hectárea (cuadro 24); seguido, se realizó un análisis financiero de beneficio monetario con los indicadores de utilidad, beneficio/costo y rentabilidad económica por hectárea (cuadro25).

Cuadro 24. Ingresos de los cinco tratamientos por hectárea para un ciclo productivo de maíz criollo Arrequín, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

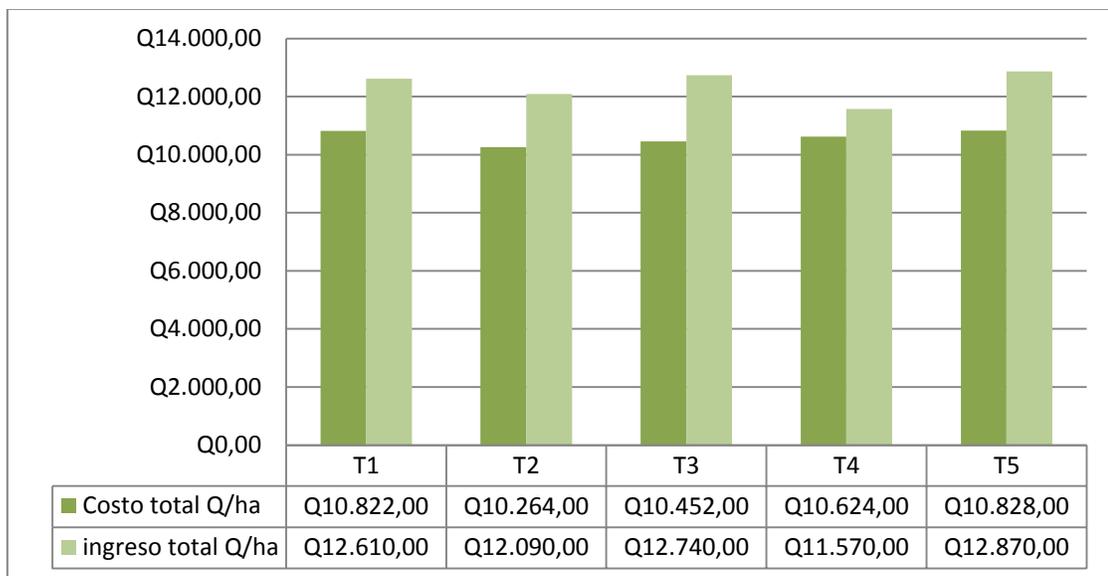
	Tratamientos				
Beneficio monetario	T1	T2	T3	T4	T5
Producción de grano qq /Ha	97	93	98	89	99
Precio de mercado Q x qq	Q130.00	Q130.00	Q130.00	Q130.00	Q130.00
Ingreso total Q / Ha	Q12,610.00	Q12,090.00	Q12,740.00	Q11,570.00	Q12,870.00

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Cuadro 25. Análisis financiero de beneficios monetarios netos de los cinco tratamientos de la variedad criolla arrequín con los indicadores utilidad, beneficio/costo y rentabilidad económica, San José la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Tratamientos	Costo total Q/ha	Ingreso total Q/ha	Utilidad Q/ha	Beneficio costo	Rentabilidad %
T1	10,822.00	12,610.00	1,788.00	1.17	17
T2	10,264.00	12,090.00	1,826.00	1.18	18
T3	10,452.00	12,740.00	2,288.00	1.22	22
T4	10,624.00	11,570.00	946.00	1.09	9
T5	10,828.00	12,870.00	2,042.00	1.19	19

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.



Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Figura 4. Comportamiento de los costos e ingresos por tratamiento en Quetzales/ha de la variedad criolla arrequin, San Jose la Arada, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Los tratamientos que presentaron mayor rentabilidad en esta investigación fueron el tratamiento 3 con una relación beneficio/costo de 1.22 y una rentabilidad de 22%, tratamiento 5 con una relación beneficio/costo de 1.19 y una rentabilidad de 19% y el tratamiento 2 obtuvo una relación beneficio/costo del 1.18 y una rentabilidad de 18%.

VII. CONCLUSIONES

- En las características agronómicas de crecimiento se comprobó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de fertilizante N-P-K para estas variables, sin embargo, el nivel 69-28-28 kg/ha fue el que sobresalió en altura de planta y número de hojas, además fue el segundo lugar en altura a la mazorca y diámetro basal de la planta, es decir sobresalió en las cuatro variables analizadas.
- En los componentes del rendimiento se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de fertilizante N-P-K para las variables analizadas, sin embargo el nivel 69-28-28 kg/ha fue el que sobresalió con mayor cantidad y largo de mazorcas. Adicionalmente, fue el segundo lugar en cantidad de granos en 100 gramos y rendimiento, es decir que sobresalió en cuatro de las cinco variables estudiadas.
- Existen diferencias entre los niveles de fertilización con N-P-K en el rendimiento de la variedad criolla de maíz Arrequín, el nivel que presentó un mayor rendimiento fue 83-41-41 kg/Ha con 4,520.54 kg de maíz/Ha, equivalente a 69 quintales/manzana; seguido por el nivel 69-28-28 con 4,451.23 kg/Ha y el tercer lugar en rendimiento fue el nivel 111-28-28 con 4,423.32 kg/Ha.
- En el análisis financiero se determinó que el nivel de fertilizante con macronutrientes N-P-K 69-28-28 Kg/Ha generó mejores ingresos monetarios, con una relación beneficio/costo de 1.22 y una rentabilidad de 22% en el cultivo de la variedad criolla de maíz Arrequín.

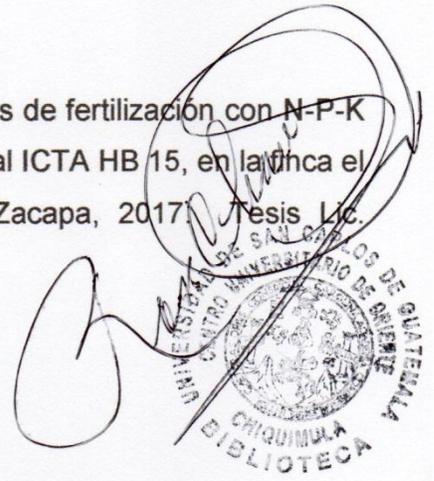
VIII. RECOMENDACIONES

- En el caso que el agricultor pretenda rendimiento aceptable en grano de la variedad criolla de maíz arrequín y obtener mayor rentabilidad en el manejo del cultivo, se debe aplicar el nivel de fertilizante con N-P-K 69-28-28 Kg/Ha, equivalente a 4 quintales de triple 15 y 2 quintales de urea por hectárea o 2.8 quintales de triple 15 y 1.4 quintales de urea por manzana y para aprovechar su biomasa, aplicar el nivel de fertilizante 69-28-28 Kg/Ha de N-P-K, equivalente a 4 quintales de triple 15 y 2 quintales de urea por hectárea o 2.8 quintales de triple 15 y 1.4 quintales de urea por manzana.
- Cuando el agricultor desee obtener mayor rendimiento de grano con la variedad criolla de maíz arrequín, se puede aplicar el nivel de fertilizante 83-41-41 Kg/Ha de N-P-K, lo que es equivalente a fertilizar con 6 quintales de triple 15 y 2 quintales de urea por hectárea o 4.2 quintales de triple 15 y 1.4 quintales de urea por manzana.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Gómez, LC. 2002. Respuesta del maíz (*Zea mays L.*) a la fertilización de nitrógeno, fosforo, potasio y Zinc en el suelo del norte de Tamaulipas (en línea). Tesis M.Sc. Marín, Nueva León, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. p. 5-13, 16-19. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/932/1/1080124385.PDF>
- Catú Hernández, CM. 2012. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, municipalidad de San José la Arada, departamento de Chiquimula: administración de riesgo (en línea), Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. p. 3, 5, 11-12. Consultado 24 abr. 2019. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0815_v15.pdf
- Deras Flores, H. s.f. Guía técnica: el cultivo del maíz (en línea). El Salvador, IICA/Red SICTA/Centa. 42 p. Consultado 5 may. 2018. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Fuentes López, MR. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala: una guía para su manejo agronómico (en línea). Guatemala, ICTA. p. 2. Consultado 11 may. 2018. Disponible en <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- Ortega Paz, GE. 2017. Evaluación de cinco niveles de fertilización con macronutrientes N-P-K, en dos variedades de maíz, finca el Zapotillo, CUNORI, Chiquimula, 2015 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 28-30. 5 may. 2018. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_GLADYS_ORTEGA.pdf

Roldán Fajardo, MJ. 2017. Evaluación de nueve programas de fertilización con N-P-K en el cultivar de maíz (*Zea mays* L.), híbrido experimental ICTA HB 15, en la finca el Nance, municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa, 2017. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC – CUNORI. p. 1,3.



X. ANEXOS

Anexo 1. Aplicación de herbicida.



Anexo 2. Medición del ensayo.



Anexo 3. Peso de fertilizantes en el laboratorio del CUNORI, Chiquimula.



Anexo 4. Aplicación de fertilizantes en las diferentes unidades experimentales.



Anexo 5. Toma de datos biometricos.



Anexo 6. Mazorca del tratamiento 5.



Anexo 7. Mazorcas para toma de datos.



Anexo 8. Desgrane para toma de datos para rendimiento.



Anexo 9. Muestras identificadas, ya desgranadas.



Anexo 10. Resultados del laboratorio, muestreo de suelos.



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- LABORATORIO DE SUELOS 2018

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propietario:	Arnulfo Ramos	No. Muestra:	01
Nombre de Finca:	Naranjo del Eden	Fecha:	26/07/2019
Localización:	San José La Arada		
Identif. de la muestra:			
Cultivo:	Maíz		

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura	Franco arcillosa	
% Arcilla	34.10%	
% Limo	33.76%	
% Arena	32.14%	

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	2.50	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES	RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
			Bajo	Adecuado	Alto
pH	7.65	5.5 - 7.5			
Nitrogeno N ppm	-				
Fósforo P ppm	288.90	20 - 40			
Potasio K ppm	92.98	125 - 200			
Calcio Ca meq/100 grs	8.88	3 - 6			
Magnesio Mg meq/100 grs	6.00	1.5 - 2			
Hierro Fe ppm	32.50	30 - 50			
Cobre Cu ppm	1.80	2 - 3.5			
Manganeso Mn ppm	25.50	30 - 50			
Zinc Zn ppm	2.60	3 - 6			

RECOMENDACIONES/Mz

CULTIVO: Maíz
138 libras de nitrogeno
70 libras de potasio

PhD. Rodolfo A. Chicas Soto
Coordinador de Laboratorio de Suelos



Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Anexo 11. Cuadro de datos para el análisis de varianzas.

Bloque	Tratamiento	Altura/planta	Diámetro basal	Altura mazorca	No. Hojas	Largo Mazorca	Diámetro Mazorca	Granos en 100 gramos	Rendimiento
1	1	149,00	15,93	63,63	12,50	13,56	44,29	367	4423,57
1	2	178,50	17,08	88,00	14,00	14,31	43,16	315	4015,98
1	3	181,13	17,08	84,75	14,00	14,69	44,10	314	4252,98
1	4	167,25	16,38	82,13	13,75	15,00	42,68	348	3846,84
1	5	181,13	16,99	87,25	14,38	14,75	43,73	414	4608,79
2	1	180,71	15,96	83,14	14,14	14,64	41,47	316	4168,57
2	2	166,88	15,23	73,13	13,75	15,75	44,19	327	4138,98
2	3	179,33	17,37	84,56	14,22	15,33	43,33	318	4397,98
2	4	175,63	17,63	86,13	14,13	14,88	43,19	350	4206,84
2	5	167,75	16,44	79,38	13,75	15,00	43,56	315	4427,79
3	1	174,00	18,35	82,25	13,75	15,13	43,68	312	4469,57
3	2	173,57	19,97	88,29	14,00	16,29	45,51	314	4412,98
3	3	183,38	17,84	87,38	14,13	14,19	41,86	314	4656,98
3	4	192,25	17,48	97,88	15,00	16,31	43,43	338	3986,84
3	5	171,00	17,09	75,75	13,50	15,06	42,09	305	4381,79
4	1	172,88	18,19	79,88	13,75	12,88	42,80	307	4631,57
4	2	175,25	19,89	80,88	13,75	14,63	40,95	332	4298,98
4	3	183,88	16,86	87,00	14,50	14,88	42,26	309	4496,98
4	4	187,25	17,43	85,88	14,00	15,81	43,18	337	4146,84
4	5	178,00	17,04	76,63	13,88	14,94	44,09	307	4663,79

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Anexo 12. Cuadro de análisis financiero.

No.	Gastos de producción	Insumos				Tratamiento				
		Tipo	Unidad de medida	costo	Cantidad	T1	T2	T3	T4	T5
1	Materia prima									
1.1	semilla		libras/hectárea	5	50	Q 250	Q 250	Q 250	Q 250	Q 250
1.2	Fertilizante Químico	Triple 15	quintal	188		Q 752	Q 564	Q 752	Q 940	Q 1,128
		Urea	quintal	185		Q 740	Q 370	Q 370	Q 370	Q 370
1.3	Manejo integrado del cultivo	blindaje	1/2 litro/Hectárea	425	1	Q 425	Q 425	Q 425	Q 425	Q 425
		Mancozeb	kilogramo/Hectárea	45	4	Q 180	Q 180	Q 180	Q 180	Q 180
		Monarca	1/2 litro/Hectárea	165	1	Q 165	Q 165	Q 165	Q 165	Q 165
		Root out	galón/Hectárea	150	2	Q 300	Q 300	Q 300	Q 300	Q 300
		Brusko	libra/Hectárea	12	50	Q 600	Q 600	Q 600	Q 600	Q 600
		Ilustre	litro/Hectárea	200	2	Q 400	Q 400	Q 400	Q 400	Q 400
		Bayfoland	litro/Hectárea	70	5	Q 350	Q 350	Q 350	Q 350	Q 350
subtotal						Q4,162.00	Q3,604.00	Q3,792.00	Q3,980.00	Q4,168.00
No.	Gastos de producción	Insumos				Tratamiento				
		Fase de cultivo	Unidad de medida	costo	Cantidad	T1	T2	T3	T4	T5
2	Mano de obra									
2.1	preparación de mesa	preparación de terreno	Jornal	60	15	Q900	Q900	Q900	Q900	Q900
2.2	siembra	practicar agronómicas del cultivo	Jornal	60	12	Q720	Q720	Q720	Q720	Q720
2.3	limpiezas		Jornal	60	15	Q900	Q900	Q900	Q900	Q900
2.4	fertilizaciones		Jornal	60	20	Q1,200	Q1,200	Q1,200	Q1,200	Q1,200
2.5	aplicaciones		Jornal	60	24	Q1,440	Q1,440	Q1,440	Q1,440	Q1,440
2.6	cosecha		Jornal	60	13	Q780	Q780	Q780	Q780	Q780
2.7	riegos		Jornal	60	12	Q720	Q720	Q720	Q720	Q720
subtotal						Q 6,660	Q6.660	Q6.660,00	Q6.660,00	Q6.660,00
total						Q 10,822	Q10,264	Q10,452	Q10,640	Q10,828

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.