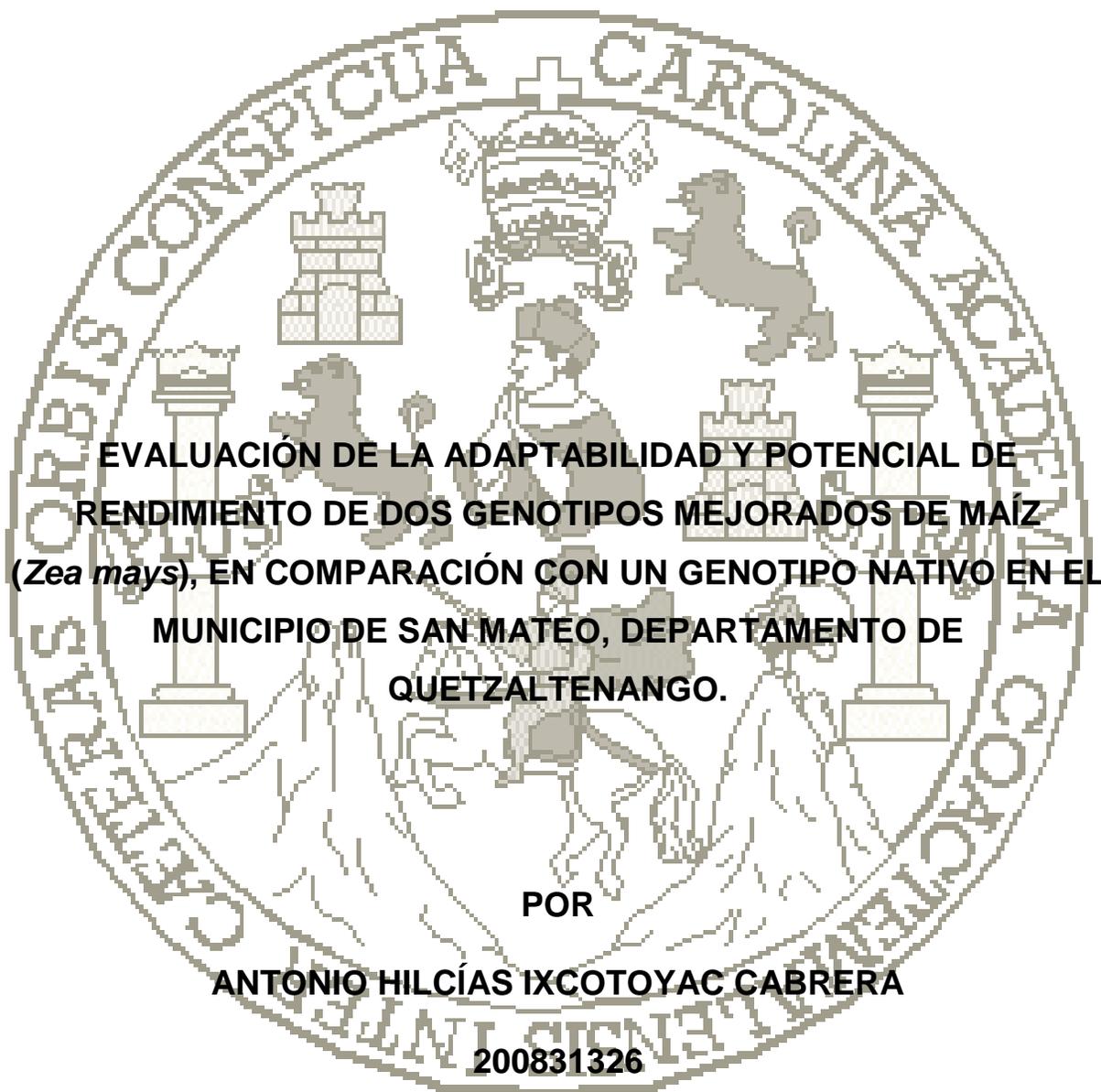


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC-  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE  
RENDIMIENTO DE DOS GENOTIPOS MEJORADOS DE MAÍZ  
(*Zea mays*), EN COMPARACIÓN CON UN GENOTIPO NATIVO EN EL  
MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE  
QUETZALTENANGO.**

**POR**

**ANTONIO HILCIÁS IXCOTOYAC CABRERA**

**200831326**

**QUETZALTENANGO OCTUBRE DE 2014.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC-  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DOS  
GENOTIPOS MEJORADOS DE MAÍZ (*Zea mays*), EN COMPARACIÓN CON UN  
GENOTIPO NATIVO EN EL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE  
QUETZALTENANGO.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR  
ANTONIO HILCÍAS IXCOTOYAC CABRERA**

**PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**QUETZALTENANGO OCTUBRE DE 2014.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC-  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**AUTORIDADES**

Rector Magnífico: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo  
Secretario General: Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

**CONSEJO DIRECTIVO**

Directora General del CUNOC: Licda. Msc. María del Rosario Paz Cabrera  
Secretario Administrativo: Lic. Cesar Haroldo Milián Requena

**REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES**

Ing. Agr. Msc. Héctor Alvarado Quiroa  
Ing. Edelman Monzón

**REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES**

Br. Luis Ángel Estrada García  
Br. Edson Vitelio Amézquita Cutz

**REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS**

Dr. Emilio Búcaro

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Ing. Agr. Msc. Héctor Alvarado Quiroa

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. Msc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC-  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL**

**PRESIDENTE**

Dr. Fernando Aldana de León

**EXAMINADORES**

Ing. Agr. Carlos Gutiérrez L.

Inga. Agra. Floridalma Jacobs

**SECRETARIO**

Ing. Agr. Carlos Gutiérrez L.

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Ing. Agr. Msc. Héctor Alvarado Quiroa

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. Msc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro universitario de Occidente y Artículo 13 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, septiembre de 2014.

**HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO  
HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN.**

De conformidad con las normas que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento general de evaluación y promoción del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del normativo de evaluación y promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DOS  
GENOTIPOS MEJORADOS DE MAÍZ (*Zea mays*), EN COMPARACIÓN CON UN  
GENOTIPO NATIVO EN EL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE  
QUETZALTENANGO.**

Como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente me despido de ustedes ilustres miembros con muestras de respeto y consideración.

  
Antonio Hilcias Ixcotoyac Cabrera.

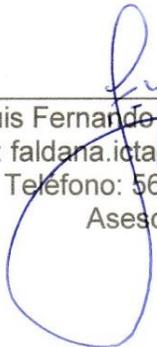
Quetzaltenango, octubre de 2014.

A QUIEN INTERESE:

Por este medio yo: Luis Fernando Aldana de León, Doctor en Ciencias Agrícolas, colegiado activo No. 549. Tuve a bien asesorar el trabajo de tesis, por lo que hago constar la culminación, hasta la fecha, del proceso de revisión del mismo; documento elaborado por el estudiante Antonio Hilcías Ixcotoyac Cabrera, con No. de carné 200831326; por lo que doy el visto bueno a la investigación titulada: EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DOS GENOTIPOS MEJORADOS DE MAIZ (*Zea mays*), EN COMPARACIÓN CON UN GENOTIPO NATIVO EN EL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.

Atentamente:

Vo.Bo.

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Luis Fernando Aldana de León  
Email: faldana.icta@hotmail.com  
Teléfono: 56972354  
Asesor



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Centro Universitario de Occidente*

Quetzaltenango, 21 de octubre de 2014.

Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa.  
Director División de Ciencia y Tecnología  
Centro Universitario de Occidente.

Distinguido Director:

En atención al nombramiento emitido por esa dirección, según Oficio No. 042/SDCyT/2014, me es grato informarle que he concluido la revisión del trabajo de tesis del estudiante **Antonio Hilcias Ixcotoyac Cabrera**. Titulado:

“EVALUACION DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DOS GENOTIPOS MEJORADOS DE MAIZ (*Zea mays*) EN COMPARACION CON UN GENOTIPO NATIVO EN EL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”

Sobre el particular me permito manifestarle, que el estudio cumple con los requisitos necesarios para ser presentado como trabajo de graduación, además de ser un valioso aporte en la propuesta de genotipos mejorados de maíz adaptados a esta región y contribuir de esta manera, con la tecnificación del cultivo para elevar su rendimiento y asegurar su abastecimiento en la zona. Por lo que recomiendo su aprobación.

De Usted, deferentemente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Agra. Floridalma Jacobs Reyes  
Revisora



*Centro Universitario de Occidente  
División de Ciencia y Tecnología*

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 009-AGR-2014 de fecha veintidós de octubre del año dos mil catorce del (la) estudiante: ANTONIO HILCIAS IXCOTOYAC CABRERA con Carné No. 200831326 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DOS GENOTIPOS MEJORADOS DE MAIZ (Zea mays) EN COMPARACIÓN CON UN GENOTIPO NATIVO, EN EL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.”

Quetzaltenango, 22 de octubre de 2014.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa  
Director de División de Ciencia y Tecnología



## **ACTO QUE DEDICO**

- A DIOS: Por sus incontables bendiciones y por permitirme alcanzar mis metas. “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (Filipenses 4:13).
- A MIS PADRES: Geny E. Cabrera Quiróa y Antonio C. Ixcotoyac Lux, por su esfuerzo y apoyo incondicional en toda mi carrera.
- A MIS HERMANOS: Ing. Eddy Rodolfo, Priscila Isabel y Valeria Nicté, por su apoyo incondicional, comprensión y cariño.
- A MI FAMILIA: Por su cariño, apoyo y buenos deseos.
- A STEPHANIE LÓPEZ: Por su cariño, amor y comprensión.
- A MIS AMIGOS: Por su confianza y amistad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Dr. Fernando Aldana de León, por su valioso apoyo y orientación oportuna para la realización y enriquecimiento de la presente investigación agrícola.

A los evaluadores y revisores del trabajo de investigación, Inga. Agra. Floridalma Jacobs e Ing. Agr. Carlos Gutiérrez, por cada uno de los aportes y sugerencias brindadas para la elaboración adecuada del presente documento.

Al señor Eleuterio Alvarado, agricultor del municipio de San Mateo, por facilitar el terreno en donde se llevó a cabo la investigación agrícola.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de cada una de las fases del presente trabajo de tesis.



**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DOS GENOTIPOS MEJORADOS DE MAÍZ (*Zea mays*), EN COMPARACIÓN CON UN GENOTIPO NATIVO EN EL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.**

# INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 GENERAL.....	3
1.1.2 ESPECÍFICOS.....	3
1.2 HIPOTESIS.....	4
1.2.1 HIPÓTESIS NULA.....	4
1.2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	4
2. MARCO TEORICO:.....	5
2.1 EL MAÍZ.....	5
2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y BOTÁNICA.....	6
2.2.1 TAXONOMÍA.....	6
2.2.2 BOTÁNICA.....	6
2.2.3 TALLO.....	6
2.2.4 INFLORESCENCIA.....	7
2.2.5 HOJAS.....	7
2.2.6 RAICES.....	7
2.3 ETAPAS DEL CRECIMIENTO DEL MAÍZ.....	7
2.4 POLINIZACIÓN EN PLANTAS DE MAÍZ.....	9
2.5 IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN LA ALIMENTACIÓN.....	12
2.6 SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL.....	14
2.6.1 PRODUCCIÓN Y CONSUMO.....	17
2.6.2 PROBLEMAS QUE INCIDEN EN EL ESTADO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA.....	18
2.7 FITOMEJORAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS MEJORADAS.....	20
2.7.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MAÍZ.....	20
2.7.2 PRODUCCIÓN DE MATERIALES MEJORADOS DE MAÍZ.....	22
3. MATERIALES Y METODOS.....	23
3.1 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	23
3.1.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS.....	24
3.1.2 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS.....	25
3.1.3 RECURSOS.....	26
3.2 METODOLOGÍA.....	27
3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACION.....	27
3.2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	27
3.2.3 MODELO ESTADISTICO.....	29
3.2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	29
3.2.5 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.....	30
3.2.5.1 ICTA San Marceño Mejorado.....	30
3.2.5.2 ICTA Compuesto Blanco.....	31
3.2.5.3 Material Criollo o Tradicional.....	32
3.2.6 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.....	32
3.2.6.1 Altura de la planta.....	32
3.2.6.2 Número de mazorcas por unidad experimental.....	32
3.2.6.3 Peso de la mazorca.....	32
3.2.6.4 Peso de grano.....	33

3.2.6.5 Número de filas por mazorca .....	33
3.2.6.6 Numero de granos por fila .....	33
3.2.6.7 Peso de 100 granos .....	33
3.2.6.8 Rendimiento de grano .....	33
3.2.7 MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO .....	34
3.2.7.1 ÉPOCA DE SIEMBRA .....	34
3.2.7.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO .....	34
3.2.7.3 SIEMBRA .....	34
3.2.7.4 CONTROL DE MALEZAS .....	34
3.2.7.5 FERTILIZACIÓN .....	34
3.2.7.6 CONTROL DE PLAGAS.....	35
3.2.7.7 COSECHA .....	35
3.2.7.8 MANEJO POT-COSECHA .....	35
3.2.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	35
3.2.8.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO FENOLÓGICO. ....	35
3.2.8.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	35
3.2.8.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	36
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	37
4.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO FENOLÓGICO DEL MAÍZ.....	37
4.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES EVALUADAS .....	39
4.3 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN .....	59
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	61
5. CONCLUSIONES .....	64
6. RECOMENDACIONES .....	65
7. BIBLIOGRAFIA .....	66
8. ANEXOS .....	68
8.1 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN MATEO. ....	68
8.2 CROQUIS DEL EXPERIMENTO EN CAMPO. ....	69
8.3 DIMENSIONES DE CADA UNA DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES. ....	70
8.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	71
8.5 COSTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ POR HECTÁREA EN CONDICIONES DEL MUNICIPIO DE SAN MATEO.....	72
8.6 COSTOS DE MANO DE OBRA E INSUMOS POR HECTÁREA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ.....	73

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Etapas de crecimiento del cultivo de maíz.	9
CUADRO 2	Variedades e híbridos de maíz desarrolladas por el ICTA.	23
CUADRO 3	Recursos necesarios para el desarrollo de la investigación.	26
CUADRO 4	Costos totales generados en la investigación.	26
CUADRO 5	Descripción de los tratamientos (variedades de maíz) a evaluar.	29
CUADRO 6	Resumen comparativo del desarrollo fenológico del maíz.	37
CUADRO 7	Datos de la variable altura de planta en centímetros por tratamiento.	39
CUADRO 8	Resumen de análisis de varianza de la variable altura de planta.	40
CUADRO 9	Test de Tukey para la variable altura de planta. Alfa=0.05 DMS=2.61672.	41
CUADRO 10	Datos de la variable número de mazorcas por unidad experimental.	42
CUADRO 11	Resumen de análisis de varianza de la variable número de mazorcas.	43
CUADRO 12	Test de Tukey para la variable número de mazorcas.	43
CUADRO 13	Datos del peso de mazorcas por unidad experimental, registrado en kilogramos.	44
CUADRO 14	Resumen ANDEVA de la variable peso de mazorcas por unidad experimental.	45

CUADRO 15	Test de Tukey para la variable peso de mazorcas.	45
CUADRO 16	Datos del peso de granos por unidad experimental, registrado en kilogramos.	46
CUADRO 17	Resumen ANDEVA peso de granos por unidad experimental.	47
CUADRO 18	Test de Tukey para la variable peso de granos.	47
CUADRO 19	Datos del peso de 100 granos, registrado en gramos.	48
CUADRO 20	Resumen análisis de varianza peso de 100 granos por tratamiento.	48
CUADRO 21	Test de Tukey para la variable peso de 100 granos.	49
CUADRO 22	Datos de la variable número de filas por mazorca.	49
CUADRO 23	Resumen análisis de varianza número de filas por mazorca.	50
CUADRO 24	Test de Tukey para la variable hileras por mazorca.	51
CUADRO 25	Datos de la variable número de granos por hilera.	51
CUADRO 26	Resumen análisis de varianza número de granos por hilera.	52
CUADRO 27	Test de Tukey para la variable granos por hilera.	53
CUADRO 28	Datos de la variable rendimiento en Kg/ha.	53
CUADRO 29	Resumen análisis de varianza rendimiento en Kg/ha.	54

CUADRO 30	Test de Tukey para la variable rendimiento en Kg/ha.	55
CUADRO 31	Presentación de los rendimientos ajustados al 15% en Kg/ha y en T.ha <sup>-1</sup> .	56
CUADRO 32	Comparación Nacional, Regional y Experimental de rendimientos en T.ha <sup>-1</sup>	57
CUADRO 33	Escala de correlación.	60
CUADRO 34	Análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson.	60
CUADRO 35	Costos en quetzales por hectárea para la producción de cada uno de los materiales evaluados.	62
CUADRO 36	Análisis de presupuestos parciales y de dominancia en quetzales por hectárea.	62
CUADRO 37	Cálculo de la tasa marginal de retorno para los tratamientos no dominados.	63
CUADRO 38	Correlación entre rendimiento y el porcentaje de rentabilidad.	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso de polinización fecundación.	10
Figura 2	Comienzo de la liberación de polen en la espiga central de la panoja.	11
Figura 3	Comparación del desarrollo fenológico de maíz en días.	38
Figura 4	Gráfica de la variable altura de planta.	39
Figura 5	Gráfica de la variable número de mazorcas por unidad experimental.	42
Figura 6	Gráfica de la variable peso de mazorcas por unidad experimental.	46
Figura 7	Gráfica de la variable peso de grano por unidad experimental.	46
Figura 8	Gráfica de la variable peso de 100 granos.	48
Figura 9	Gráfica de la variable número de filas por mazorca.	50
Figura 10	Gráfica de la variable número de granos por hilera.	52
Figura 11	Gráfica del rendimiento en Kg/ha.	54
Figura 12	Representación gráfica del análisis comparativo de rendimientos.	58

## RESUMEN

Esta investigación fue realizada en el Municipio de San Mateo, Departamento de Quetzaltenango, en donde se evaluaron dos genotipos mejorados de maíz, la variedad ICTA San Marceño Mejorado e ICTA Compuesto Blanco en comparación con el genotipo nativo utilizado por los agricultores del municipio, con el objetivo de poder determinar cuál de los materiales evaluados tiene un mejor potencial en cuanto a adaptabilidad, rendimiento de grano por unidad de área y beneficios en términos económicos. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, con tres tratamientos y seis repeticiones, con las siguientes variables respuesta: altura de la planta, número de mazorcas por parcela útil, peso de la mazorca, peso de grano, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 100 granos y rendimiento de grano en  $T.ha^{-1}$ . Estadísticamente el genotipo de maíz que presentó mejores características de rendimiento fue el ICTA compuesto Blanco con un rendimiento de  $5.87 T.ha^{-1}$ , sin embargo al realizar el análisis económico el genotipo más rentable y recomendable para el Municipio de San Mateo es el ICTA San Marceño Mejorado, este genotipo presenta menor rendimiento que el Compuesto Blanco con  $5.67 T.ha^{-1}$ , pero refleja mayor porcentaje de rentabilidad económica.

## I. INTRODUCCION

Con el transcurso de los años se incrementa la población y con ello la demanda de alimentos y esto es aún crítico para Guatemala cuya tasa de crecimiento anual de la población es de 3%, estimándose para el año 2014 una población de 15.3 millones de personas (1). De ahí la importancia de la búsqueda de fuentes alternativas de alimento.

Una de las actividades económicas principales del Municipio de San Mateo, así como de la mayoría de comunidades rurales de nuestro país es la agricultura. De los productos agrícolas más cultivados entre los agricultores del área del municipio en mención, se encuentran los granos básicos, principalmente el maíz y el frijol. El 90% de los agricultores de áreas rurales, manejan una agricultura de subsistencia, debido a condiciones desfavorables, como la tenencia de la tierra, patrones culturales, el clima, el suelo, entre otros, que afectan la producción. (14)

El maíz juega un papel sumamente importante en toda la población, debido a que constituye su principal fuente de alimentación y para algunos, fuente de ingresos. Es por ello que en la actualidad se han desarrollado en Guatemala materiales de maíz mejorados, con alto potencial de rendimiento para las diferentes zonas del país, materiales que han sido probados en condiciones similares a las del área de Quetzaltenango, dando buenos resultados en cuanto a adaptación, rendimiento y calidad de semilla.

Por lo general, los agricultores desean tener genotipos de maíces con altos rendimientos, resistentes o tolerantes a plagas y a factores adversos (viento, falta de

humedad en el suelo, inundaciones y otros). Además los consumidores desean productos limpios, agradables a la vista, sin manchas, ni pudriciones y de bajo costo. En estos aspectos radica la importancia de contar con una buena semilla. (12)

Dentro de los principales problemas registrados están los bajos rendimientos que obtienen los agricultores de la región que son de  $1.45 \text{ T.ha}^{-1}$  o sea 2 quintales por cuerda cuando bien les va, que comparados con los rendimientos que presentan los materiales mejorados, que son de  $4.35 \text{ T.ha}^{-1}$ , o sea 5 quintales por cuerda (13), esto nos muestra una diferencia de  $2.90 \text{ T.ha}^{-1}$  por hectárea, o sea 3 a 4 quintales por cuerda, lo cual sería el triple de producción por cuerda que podrían aprovechar los agricultores del municipio.

Dentro de los factores que posiblemente afectan el rendimiento y producción de maíz en el municipio, son las características de tamaño y porte que presentan los materiales criollos o tradicionales utilizados por los agricultores, dichas características no toleran fuertes lluvias, inundaciones y vientos fuertes que son característicos de la región.

Tomando en cuenta lo anterior y la importancia que tiene el cultivo de maíz en los temas de alimentación y seguridad alimentaria y nutricional de las familias del área rural, se propone evaluar dos materiales de maíz certificados disponibles en el mercado, para determinar cuál de éstos es el que mejor se adapta a las condiciones ambientales y edáficas del municipio, cuál tiene un mejor rendimiento y cuál es más rentable, comparados con el material de maíz criollo de la región.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 General:

1. Evaluar la adaptabilidad y potencial de rendimiento de diversos genotipos mejorados de maíz, en comparación con un genotipo nativo del altiplano occidental de Guatemala.

### 2.2 Específicos:

1. Determinar cuál de los genotipos de maíz evaluados es el más rendidor y el que mejor se adapta, en comparación con el genotipo nativo utilizado en el municipio de San Mateo del departamento de Quetzaltenango.
2. Establecer mediante el análisis de coeficientes de correlación, cuál de los componentes de rendimiento de maíz evaluados, presenta la mejor correlación directa con éste parámetro.
3. Comprobar a través del análisis de presupuestos parciales cuál de los genotipos evaluados de maíz es económicamente más rentable y recomendable para los agricultores del municipio de San Mateo, departamento de Quetzaltenango.

### III. HIPOTESIS

#### 3.1 Hipótesis Nula:

1. Ninguno de los genotipos de maíz evaluados, presentará diferencias significativas en cuanto a rendimiento y adaptabilidad a las condiciones del municipio de San Mateo.
2. Ninguno de los componentes de rendimiento de maíz analizados, reflejará una correlación directa con éste parámetro.
3. Ninguno de los genotipos de maíz evaluados, presentará alguna diferencia en cuanto a rentabilidad económica a través de presupuestos parciales.

#### 3.2 Hipótesis Alternativa:

1. Al menos uno de los genotipos de maíz evaluados, presentará diferencias significativas en cuanto a características de adaptabilidad y rendimiento.
2. Al menos uno de los componentes de rendimiento de maíz, presentará alguna correlación directa con éste parámetro.
3. Al menos uno de los genotipos de maíz evaluados, manifestará diferencias significativas en cuanto a rentabilidad económica a través de presupuestos parciales.

#### IV. MARCO TEORICO:

**4.1 EL MAÍZ:** aunque el origen exacto del maíz es debatido, la mayoría de los investigadores señalan que el maíz actual se derivó de una hierba nativa del valle central de México, hace aproximadamente 7000 años. En aquel tiempo los indígenas locales recolectaban con fines alimenticios unas pequeñas mazorcas de maíz con solo cuatro filas de granos cada una. Unos mil años después el maíz primitivo se convirtió en maíz doméstico.

El maíz es una planta gramínea, lo cual quiere decir que se estructura en base a un tallo cilíndrico, cubiertos por hojas largas y angostas. El maíz, a diferencia de otras plantas gramíneas como el trigo, es originario de América y no fue conocido por los europeos hasta el momento en que llegaron a este continente y aprendieron que gran parte de la dieta de las sociedades americanas se basaba en su uso.

Actualmente el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes y sus productos y derivados están relacionados directamente con la producción de una gran cantidad de productos como: alimento para ganado, papel, refrescos, caramelos, tintas, pegamentos, plástico biodegradable, productos de panificación, productos lácteos, salsas, sopas, pinturas, helados, alcohol, aceite comestible, cosméticos, sabores y una lista casi interminable de productos. (9)

## 4.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y BOTÁNICA:

### 4.2.1 TAXONOMÍA:

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

**4.2.2 BOTÁNICA:** la planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

**4.2.3 TALLO:** el tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, ya que presenta entrenudos y una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

**4.2.4 INFLORESCENCIA:** el maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas panoja, chichujo penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

**4.2.5 HOJAS:** las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

**4.2.6 RAICES:** las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen las raíces secundarias o adventicias que nacen en los primeros nudos del tallo al nivel del suelo.

### **4.3 ETAPAS DEL CRECIMIENTO DEL MAÍZ:**

Para la normalización de las definiciones, los investigadores de maíz han elaborado una guía para identificar las diferentes etapas de crecimiento del maíz. No todas las plantas en el campo de llegan a una etapa en particular, al mismo tiempo. Por lo tanto, los investigadores asumen que el cultivo alcanza una etapa específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes.

La normalización de las definiciones permite que los investigadores se refieran a los problemas de las etapas de crecimiento específicas. Los investigadores también pueden comparar la fenología de maíz bajo diferentes condiciones ambientales y de tratamientos experimentales.

Los investigadores dividen las etapas de crecimiento en dos grandes categorías:

- ❖ Vegetativa (V)
- ❖ Reproductiva (R)

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos (ver Cuadro 1 para más detalles):

- ✓ Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- ✓ Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- ✓ Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- ✓ Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6)

**Cuadro 1.** Etapas de Crecimiento del Cultivo de Maíz

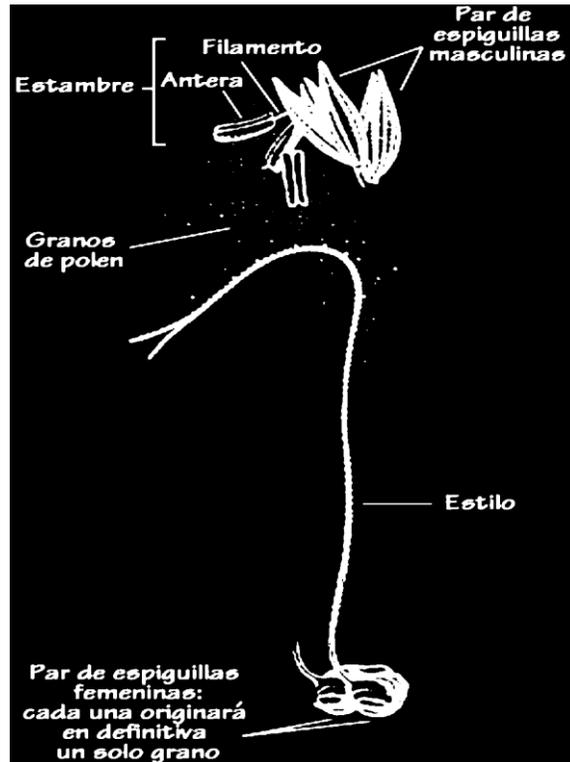
Etapa	DAS*	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n”. (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapas de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapas lechosas. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapas masosas. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapas dentadas. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.
* DAS: número aproximado de días después de la siembra en tierras bajas tropicales, donde las temperaturas máxima y mínima pueden ser de 33°C y 22°C, respectivamente. En los ambientes más fríos, se amplían estos tiempos.		

Fuente: López, M. 2002 (15)

#### 4.4 POLINIZACIÓN EN PLANTAS DE MAÍZ:

El polen derramado por las flores masculinas y conducido por el viento, se deposita sobre los estilos. Estos son receptivos a todo su largo y por ser de carácter mucilaginoso (húmedos y pegajosos), permiten la adherencia y germinación del polen.

Cada estilo puede ser colonizado por varios granos de polen, pero sólo uno de ellos, luego de germinar, penetrará al interior a través de su tubo polínico; éste se elonga hasta alcanzar al óvulo y fecundarlo.



**Figura 1.** Proceso de polinización fecundación  
Fuente: Dardón, C. 1977 (6)

La germinación de un grano de polen ocurre, en promedio, pocos minutos después de que entra en contacto con el estilo. Por otra parte, desde que se produce la germinación del polen y hasta el momento de la fecundación, transcurren entre 12 y 24 horas (6).

La liberación de polen comienza normalmente en las espiguillas de la mitad superior de la espiga central de la panoja (ver la figura anterior) y termina en el extremo

apical de las espigas laterales más bajas; en cada planta, la etapa de liberación de polen puede durar entre 7 y 10 días.



**Figura 2.** Comienzo de la liberación de polen en la espiga central de la panoja.  
Fuente: Dardón, C. 1977 (6)

El máximo derramamiento de polen en una planta se produce 3 a 4 días después de ocurrida la antésis en las primeras flores. Bajo condiciones favorables, un grano de polen permanece viable entre 18 y 24 horas (6).

En una mazorca, los primeros estilos que aparecen a través de las brácteas u hojas envolventes son los de la base; la aparición de los estilos en una planta comienza 1 a 2 días después que ha comenzado la liberación del polen por parte de las flores masculinas. Cada mazorca requiere un promedio de 4 a 5 días para completar la

emisión de sus estilos; éstos, a su vez, pueden lograr un crecimiento diario de 2.50 a 3 cm (6).

A pesar que la cantidad de polen producido por las plantas es más que suficiente para la cantidad de óvulos a fecundar, es frecuente que ocurran fallas en la producción de granos, especialmente en la parte apical de las mazorcas. En este sentido, deficiencias hídricas y factores genéticos o ambientales pueden ser causas comunes por las cuales se presenten problemas en la polinización. Así, ante condiciones secas y calurosas o de déficit hídrico, los estilos pueden deshidratarse a tal nivel, que su contenido de humedad se haga insuficiente para la germinación del polen y/o para el crecimiento de su tubo polínico (6).

Dentro de un cultivo, por otra parte, las plantas no logran una suficiente homogeneidad, iniciando su emisión de estilos en un período que normalmente se prolonga por 10 días o más. En este sentido, las mazorcas que inician tardíamente su emisión de estilos pueden ver significativamente afectada su polinización (6).

Durante el período de polinización y emisión de estilos se alcanza el completo desarrollo de las raíces adventicias y el máximo crecimiento del sistema de raíces principales.

#### **4.5 IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN LA ALIMENTACIÓN:**

Se sabe que el maíz fue bien conocido por los Mayas y otros habitantes de Mesoamérica y que éste formó parte esencial de su religión y cultura. En la actualidad

el maíz sigue constituyendo el alimento básico de la mayor parte de las Américas. Se siembra prácticamente en todas las regiones climáticas del planeta donde éste puede crecer (8, 9).

Guatemala es el país que tiene el consumo más alto de maíz con fines de alimentación humana ya que por sus condiciones socioeconómicas, la población guatemalteca es más dependiente del maíz (preparado como tortilla) que de cualquier otro alimento para su alimentación diaria y es la que constituye el mayor volumen de la dieta de la población del área rural (72%), complementándose con otros alimentos propios de la región que casi siempre son de origen vegetal, tales como el frijol (8%) y algunas hierbas (8, 9, 18).

El maíz provee hasta un 59% y un 45% de la ingestión diaria de calorías y proteínas respectivamente y las cantidades son mayores especialmente en la población indígena ya que en algunos estudios se ha encontrado que el consumo diario de maíz por persona (gramos/persona) es de 423 en tierras altas; 369 en tierras bajas y de 219 en la región de oriente (9, 18).

Un análisis más a fondo del consumo de maíz en áreas rurales de Guatemala, relacionó la ingestión de maíz con la edad, revelando que la ingestión principia a edad temprana con 64 gramos por día, siendo mayor conforme aumenta la edad del individuo, alcanzando un promedio nacional de 318 gramos por día. En niños de uno a dos años de edad el maíz aporta el 27% de la ingestión de proteína y el 33% de calorías (9, 18).

A nivel mundial es el tercer cereal de mayor importancia en la nutrición humana, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Actualmente, el maíz –junto con el trigo– constituyen la fuente del 40% de los alimentos del mundo y cerca de 25% de las calorías que se consumen en los países en desarrollo.

El maíz forma la base de la dieta en Guatemala, especialmente para la población pobre. También es el cultivo que ocupa mayor superficie que cualquier otro en el país. Dada esta doble importancia, el maíz debe recibir especial atención en la lucha contra el hambre. En este contexto, llaman especialmente la atención los crecientes volúmenes de maíz que se importan al país. Esto presenta una paradoja, porque el maíz es un cultivo tradicional de la región, que incluso fue domesticado en el área mesoamericana.

Esta situación hizo que la Mesa Nacional Alimentaria, a través del Viceministerio de Seguridad Alimentaria (Visal-MAGA) y con el apoyo de la Representación de FAO en Guatemala, tomara la iniciativa de empezar un proceso de consulta. Este proceso tiene como fin el entender mejor la problemática y buscar soluciones en conjunto con los sectores involucrados en el cultivo, la comercialización, el procesamiento y el consumo del maíz.

#### **4.6 SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL:**

Los productores nacionales de maíz se dividen en dos grandes grupos: uno que cultiva para el autoconsumo y que puede producir excedentes marginales, y el otro que

conforman los productores comerciales que dependen de la venta de maíz. En ambos casos, existen problemas similares en el proceso de producción.

En Guatemala, los rendimientos por unidad de área son bajos. Siendo estos de  $1.80 \text{ T.ha}^{-1}$  a  $2 \text{ T.ha}^{-1}$  (6). Dichos rendimientos dependen en gran medida de los insumos para la producción y de su precio. La falta de recursos por la ausencia de créditos para el sector resulta en una elevación de costos. Los créditos ofrecidos en el mercado informal tienen tasas de interés muy elevado y la falta de liquidez también causa atrasos en la utilización de tecnología, como es el uso de semillas mejoradas y otros insumos. A esta situación se agrega la deficiente o nula existencia de programas de capacitación y asistencia técnica para los productores. Por otro lado, el aumento de los rendimientos se limita por los ambientes ecológicos en que se desarrolla el cultivo del maíz: muchas de las áreas con maíz son de bajo potencial (laderas con alta pendiente, suelos de vocación forestal).

Los altos costos de producción que resultan de la ineficiencia técnica se traducen a altos precios al consumidor, con graves consecuencias para la seguridad alimentaria. Esta es también la principal causa de la escasa competitividad del producto nacional para entrar al procesamiento industrial, y de las elevadas importaciones de maíz a Guatemala.

Otra limitante para el agricultor del Altiplano guatemalteco que cultiva maíz, ya sea para consumo familiar o venta de excedentes, se enfrenta con varios problemas,

uno de ellos es el uso de variedades nativas, cuya semilla es heredada de generación en generación.

Estas variedades de maíz se encuentran bien adaptadas a las condiciones climáticas en que se cultivan y tienen buenos rendimientos, según experimentos realizados en campos de agricultores por los Equipos de Prueba y Validación de Tecnología del ICTA. Sin embargo, estas variedades nativas tienen ciertas características agronómicas indeseables, como la altura de planta y la posición de mazorca, lo que las hace susceptible a la caída o volcamiento de plantas, llamada técnicamente acame.

El acame de plantas disminuye el rendimiento de cualquier cultivo. En condiciones extremas de lluvia y viento, el acame de maíz puede ser hasta un cien por ciento o afectar en parches en el terreno, con consecuencias graves en la pérdida de rendimiento y la consecuente pudrición de mazorcas y daño por roedores como ratas. Para resolver este problema, algunos agricultores dejan de aplicar fertilizante en cantidad y calidad adecuada para evitar que la planta crezca y no se produzca acame, pero esta medida afecta el rendimiento. Se escucha también a otros agricultores decir que la siembra profunda tiende a evitar el acame por el anclaje que ejerce las raíces en el suelo, situación que no tiene relación de causa y efecto.

Entre otros problemas que el agricultor se enfrenta con los materiales no mejorados es la mazorca con punta descubierta, esto provoca el apareamiento de enfermedades en el grano o daños por pájaros e insectos.

**4.6.1 PRODUCCIÓN Y CONSUMO:** gran parte del maíz que se produce en Guatemala no entra a la comercialización y se destina al autoconsumo familiar. Esta situación limita el efecto que tiene el precio sobre la seguridad alimentaria.

Por otra parte, hay que tomar en cuenta que muchos hogares vulnerables a la seguridad alimentaria son productores de maíz. Una reducción en su precio bajaría los ingresos de estas familias. Sin alternativas para la producción y el empleo, estos hogares se verían seriamente afectados por medidas que hicieran aumentar las importaciones. El reto es buscar soluciones que no sólo mejoren la situación de los consumidores, sino también de los productores. Una reducción de los costos de producción y un aumento de la cantidad producida son medidas idóneas para combatir la insuficiencia en comparación con las medidas negativas aludidas, que incluso podrían desalentar la producción nacional.

¿Cómo bajar los costos de producción del maíz? Para ello, existen dos estrategias: facilitar el acceso a los insumos y aumentar la eficiencia del proceso productivo. La primera podría incluir la suspensión de los derechos intelectuales de pesticidas en Guatemala (uso de genéricos) para bajar el costo de este importante rubro. Para el uso eficiente de los insumos, también se necesitará aumentar la liquidez en los momentos en que se necesiten. Sin embargo, se debe procurar que el dinero se destine exclusivamente a la inversión productiva y evitar caer en la morosidad. Esto se podría lograr a través de programas específicos de ahorro y crédito, que reembolsaran la suma al tiempo justo de la necesidad y en especie (insumos). Un seguro agrícola también haría más viables estos programas de crédito y ahorro. Por último, se necesita

de una capacitación y una asistencia técnica masiva a los productores, junto a la introducción acelerada de semilla de variedades mejoradas para hacer más eficiente el uso de los insumos. (4)

#### **4.6.2 PROBLEMAS QUE INCIDEN EN EL ESTADO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA:**

La recientemente aprobada Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) de Guatemala, en su artículo primero establece como Seguridad Alimentaria y Nutricional “el derecho de toda persona a tener acceso físico, económico y social, oportuna y permanentemente, a una alimentación adecuada en cantidad y calidad, con pertinencia cultural, preferiblemente de origen nacional, así como a su adecuado aprovechamiento biológico, para mantener una vida saludable y activa”.

Según esta definición, la Seguridad Alimentaria y Nutricional es un concepto integral que abarca aspectos clave que influyen sobre la cantidad de los alimentos, su calidad y la de otros servicios que tienen importancia para el estado nutricional humano, integrando a su vez elementos de gran importancia como son la pertinencia cultural y la preferencia por alimentos de origen nacional.

Guatemala presenta serias limitaciones en cuanto a la situación nutricional de sus habitantes. La desnutrición se concentra en la población indígena, principalmente en el área rural y en las regiones del Norte y Suroccidente del país. En Guatemala, en las dos últimas décadas se ha mantenido una deficiencia promedio de 200 kCal diarias per cápita en grupos de la población que tienen dificultad para acceder a alimentos. Es decir, el consumo diario per cápita se ha reducido de 2,500 kCal en la década de 1980

a 2,300 kCal en los años 90. A pesar de que la cifra es superior a la cantidad mínima requerida, esconde las enormes desigualdades nutricionales que azotan al país. En este sentido, es obligado citar que la incidencia de la desnutrición inhabilita a casi la mitad de la población infantil menor de cinco años para emprender un desarrollo vital y humano mínimo que los convierta en adultos sanos con plena capacidad intelectual y productiva.

La tendencia decreciente de la desnutrición crónica en la niñez que se había dado a partir de 1987 se interrumpió entre 1998 y 2002. El impacto de esta situación puede ser determinante sobre las posibilidades reales de despegue económico del país, en un proceso de consolidación social y de desarrollo sostenible de largo plazo, si tenemos en cuenta que más de la mitad de la población de Guatemala tiene entre 0 y 15 años.

Entre las principales causas que inciden sobre el estado de seguridad alimentaria de las familias, cobra especial relevancia la dificultad de acceso a los alimentos, derivada de la insuficiencia en el ingreso familiar (monetario y de autoconsumo), la falta de empleo rural y las lagunas de formación y educación, que limitan las posibilidades de acceder a trabajos mejor remunerados y a elevar la productividad de las actividades agropecuarias. Así, se estima que una persona pobre promedio en la capital tiene un ingreso 19% menor al que determina la línea de la pobreza, mientras que en el área rural, esta deficiencia alcanza el 54%. El número de hogares pobres a escala nacional se estima en 75.5%, lo que les limita en el acceso a la canasta básica alimentaria.

La inadecuada producción interna de maíz es un condicionante importante para la seguridad alimentaria. En general, el maíz provee la mayor parte de la energía diaria para una gran proporción de la población guatemalteca. A este respecto, un sondeo reciente en la región del Altiplano demostró que el 100% de la población consume maíz en forma de tortillas, con un promedio de 14 unidades por día (318 gramos). El consumo per cápita de maíz en Guatemala es de 110 kg/año (utilización directa). Esta cantidad puede incrementarse significativamente cuanto menores el ingreso económico familiar y el acceso a otras fuentes de alimento. En este contexto es importante considerar que el maíz es un alimento que requiere muy pocas horas de trabajo para generar ingresos suficientes para comprarlos (9, 14).

El maíz es la principal fuente de energía en la dieta del guatemalteco, ya que aporta el 51,7% de sus necesidades, tanto de carbohidratos (65%) como de proteína (71%). Por otro lado, este cereal es deficitario en cantidad y calidad de proteína, especialmente aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano. También el aporte de micronutrientes repercute en la Seguridad Alimentaria y Nutricional, ya que existe una gran carencia de micronutrientes en Guatemala. Para mejorar la situación, la biofortificación de alimentos supone una alternativa viable que ya se está experimentando con éxito. (14)

#### **4.7 FITOMEJORAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS MEJORADAS:**

##### **4.7.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MAÍZ:**

El sector de abastecimiento de semillas en Guatemala está compuesto por sistemas de abastecimiento formal e informal. El sistema formal de abastecimiento de

semillas incluye los sectores público y privado. Los servicios de certificación y control de calidad de las semillas son generalmente provistos por el sector público en toda la región, mientras que los sistemas informales de abastecimiento de semillas abarcan soluciones locales usadas por los agricultores para mejorar la calidad, la cantidad y disponibilidad de las semillas. El sector privado esta activamente involucrado en el caso de las especies de mayor rendimiento económico, como los cultivos de polinización abierta y los híbridos.

Por otra parte, el sector público y las ONG tienen mayor injerencia en la producción de variedades de polinización libre en áreas marginales donde el sector privado no tiene cobertura. La industria nacional de semillas en Guatemala nació en 1961, con la creación del Departamento de Control y Certificación de Semillas. En 1973, se creó el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) como una institución autónoma, y en 1975 se creó la Disciplina de Semillas. A partir de 1977, se construyó una planta procesadora y comenzó la producción de semilla mejorada. El desarrollo del sector privado semillerista comenzó a partir de los 80 y es una industria exitosa que incluso ha exportado semilla certificada y básica a diferentes países de la región. El inicio de la producción de semillas mejoradas por parte de ICTA contribuyó significativamente a minimizar la dependencia de semillas importadas, lo cual contribuyó a fortalecer la industria nacional.

El desarrollo de la tecnología semilla y manejo agronómico del cultivo se ha realizado sobre la base de inclusión de las condiciones agrícolas y socioeconómicas del productor y en función de la zona agroecológica. Actualmente, el ICTA dispone de

diferentes genotipos como variedades e híbridos de grano blanco y amarillo que tienen diferente nicho agroecológico de adaptación. (3)

#### **4.7.2 PRODUCCIÓN DE MATERIALES MEJORADOS DE MAÍZ:**

La producción de semillas en Guatemala se realiza a través del sector oficial (ICTA) y el sector privado. Este último sector, dependiendo del tamaño de la empresa, dispone de un departamento de investigación específica que posibilita el desarrollo de sus propios cultivares. En su mayoría, los semilleros particulares dependen de la disponibilidad de semilla básica producida por ICTA para la formación de semilla certificada. La disponibilidad anual de venta es de 200-250 quintales de semilla básica para el híbrido de maíz grano blanco HB-83, que es uno de los híbridos de mayor venta nacional, lo que posibilita disponer anualmente en el mercado de 40,000-50,000 quintales de semilla certificada para un área de siembra de 160,000-200,000 mz por año. La producción de semilla certificada del HB-83 se realiza a través de 25-35 semilleros atendidos por el ICTA y distribuidos en diferentes departamentos del país. (11, 12)

**Cuadro 2.** Variedades e híbridos de maíz desarrolladas por el ICTA

ZONA AGROECOLÓGICA	COLOR DE GRANO	VARIEDADES
Altiplano: Zona de transición (1500 a 1800 msnm)	Blanco	V-301, V-305, Don Marshall blanco
	Amarillo	B-71, V-302, V-304, Chanín, Don Marshall
Altiplano: Zona de Valles Altos (1800-2700 msnm)	Blanco	Compuesto Blanco
	Amarillo	San Marceño mejorado, GuateianXela, Toto Amarillo, Chivarreto
Zona Humedad Limitada (áreas con problemas de sequía entre 0-1400 msnm)	Blanco	ICTA B-5, ICTA B-7
Zona Humedad Favorecida (0-1400 msnm)	Blanco	LM7422, LM7843, ICTA B-1
	Amarillo	ICTA A-4, ICTA A-6.

Fuente: Programa de producción de maíz ICTA (12)

## V. MARCO REFERENCIAL

### 5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el presente trabajo de investigación, corresponden al municipio de San Mateo, situado en la jurisdicción del departamento de Quetzaltenango a 11 kilómetros de distancia de la cabecera departamental y a 210 kilómetros sobre la carretera Interamericana (Ruta Nacional 1) de la ciudad de Guatemala. Colinda al norte con San Juan Ostuncalco y Quetzaltenango, al este con la Esperanza y Quetzaltenango, al sur con Quetzaltenango y San Martín Sacatepéquez, al oeste con Concepción Chiquirichapa, todos municipios

del departamento de Quetzaltenango. Su altura es de 2,497.32 metros sobre el nivel del mar con una latitud de 14°51'27" y longitud de 91°35'31.

## **5.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS:**

Dentro del municipio se presentan dos épocas bien marcadas, típicas del altiplano occidental de Guatemala, una época lluviosa de mayo a octubre y otra seca de noviembre a abril. En los meses de julio y agosto se presenta un receso de las lluvias conocido como "canícula", las temperaturas máximas y mínimas son: 21.7y 5.8 grados centígrados respectivamente, lo que indica un clima templado-frío; la velocidad del viento en promedio es de siete kilómetros por hora, la humedad relativa es de 75% y la precipitación pluvial media anual es de 821.5 mililitros.

Los suelos se clasifican según su fisiografía, en el caso particular de San Mateo posee varios tipos de suelos clasificados en diferentes grupos:

Grupo I: Montañas Volcánicas la serie (Os) Ostuncalco, ubicados en parte de la Cabecera Municipal, Paraje el Rosario, Los Cayax y San José Pachimachó. No están extensamente cultivados, con relación a bosque las especies que se encuentran en ellos son: Pino, ciprés, cerezo y roble con una extensión aproximada de 950 hectáreas.

Grupo II: Altiplanicie Central que se encuentra a una altitud de más de 2,000 metros sobre el nivel del mar, son poco profundos, densamente poblados y el rendimiento de los cultivos es bajo, el Municipio posee los siguientes: (Qe) Quetzaltenango y (Qeq) Quetzaltenango Fase Quebrada, ocupan valles o bolsones entre las montañas ubicados

en parte de centro de San Mateo, paraje El Rosario, paraje Los Argueta, paraje Santucur, paraje La Soledad, Colonia la Soledad y Colonia Valle Verde, su extensión aproximada 750 hectáreas.

Grupo IV: Clases misceláneas de terreno, “en ellas no domina ninguna clase en particular de suelo o alguna característica geológica ó algún factor que limite su uso permanente agrícola” presenta una extensión aproximada de 300 hectáreas.

### **5.3 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS:**

La topografía del Municipio es plana e inclinada; el área inclinada corresponde principalmente a la Aldea San José Pachimachó, ubicada en las faldas del volcán Siete Orejas. Tiene precipicios en su división con el municipio de San Juan Ostuncalco, los centros poblados de Santucur y Valle Verde; en la superficie plana se ubican San Mateo, Los Argueta y parte de Santucur; Los Cayax, El Rosario y La Soledad se encuentran en superficies semi inclinadas; los centros poblados de San José Pachimachó, Los Cayax y El Rosario los divide la Carretera Interamericana del Casco Urbano.

## 5.4 RECURSOS

**Cuadro 3.** Recursos Necesarios para el desarrollo de la Investigación

RECURSOS HUMANOS	RECURSOS FINANCIEROS	RECURSOS FÍSICOS
- Asesor de Trabajo de Investigación.		- Equipo de Cómputo.
- Líderes de Grupos Comunitarios.		- Lapiceros.
- Agricultores de San Mateo.	- Municipalidad de San Mateo.	- Libreta de Campo.
- Coordinador del Programa de EPS Agronomía.	- Programa EPSUM.	- Teléfono celular.
- ICTA, Quetzaltenango		- Resma de papel bond y folders.
		- Servicio de Internet.
		- Herramienta Agrícola.
		- Insumos agrícolas para la producción.

**Cuadro 4.** Costos totales generados en la investigación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	No. DE UNIDADES	COSTO UNITARIO (Q.)	TOTAL (Q.)
Impresiones	Hojas	300	1	300
Fotocopias	Hojas	500	0.20	100
Material y Equipo de oficina	-	-	-	300
Uso de internet	Horas	20	5	100
Herramienta agrícola	Herramientas	5	-	150
Insumos agrícolas	Insumos	2	-	300
Mano de obra	Jornales	5	50	250
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>1500</b>

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:

La presente investigación consta de una evaluación agroeconómica de aspectos de adaptabilidad, potencial y componentes de rendimiento de tres genotipos de maíz (*Zea mays*); dos de ellos son variedades mejoradas de libre polinización, desarrolladas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola –ICTA- y el otro genotipo, trata de una variedad local o nativa, utilizada por los agricultores del municipio, con la finalidad de hacer una comparación entre los materiales mejorados versus la variedad local y poner a disposición del agricultor la información necesaria, del comportamiento de adaptabilidad y rendimiento que presentan las variedades mejoradas, cuando se cultiva bajo condiciones de tecnología tradicional y así contribuir a mejorar los rendimientos en el cultivo de maíz.

### 6.2 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL:

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, con tres tratamientos y seis repeticiones o bloques, haciendo un total de 18 unidades experimentales, distribuidas dentro del área total del experimento que es de 699.30 metros cuadrados.

El diseño de bloques al azar se eligió debido a que en el lugar en donde se desarrolló la investigación no se cuenta con condiciones controladas y además se pudo identificar una gradiente de variabilidad definida en un solo sentido, así mismo el

número de repeticiones se determinó tomando en cuenta la experiencia de otros investigadores y autores en trabajos de investigación de mismo tipo. (5) y (20)

Cada unidad experimental consistió en una parcela de 6.30 metros de largo por 4.50 metros de ancho, haciendo un área total de 28.35 metros cuadrados, lo que constituirá la parcela bruta; área que es adecuada para fines de estudios de maíz, ya que Sitún Alvizures M. (20) detalla que para ensayos de variedades de maíz cuya área de unidad experimental sea aproximadamente de 20 metros cuadrados, aumenta el nivel de precisión y reduce el error experimental, ya que a partir de 20 metros cuadrados si se aumentara el área, el porcentaje de coeficiente de variación ya no se reduce, esto ha sido comprobado a nivel de campo, mediante lo que se conoce como ensayos en blanco o de uniformidad, que van de áreas de 1 metro cuadrado, hasta los 100 metros cuadrados. (2)

Dentro del área de cada una de las unidades experimentales se establecieron 5 surcos y siete posturas o golpes por surco, con un distanciamiento de siembra de 0.90 metros entre surco y 0.90 metros entre postura, depositando 5 semillas de la variedad correspondiente por postura.

Y dentro de cada uno de los bloques se dejaron 2 metros de calle, con la finalidad de tener un área apropiada para un adecuado control y manejo del experimento.

### 6.2.1 MODELO ESTADISTICO:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$U$  = Media general del experimento

$T_i$  = Efecto de la  $i$ .....ésima variedad de maíz

$B_j$  = Efecto del  $j$ .....ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error Experimental

### 6.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS:

Dentro del experimento se evaluaron 3 tratamientos, basados en igual número de materiales de maíz, de los cuales dos fueron proporcionados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), como semilla comercial, certificada, tratada y empacada para la venta, el tercero proporcionado por agricultores del municipio, como semilla local.

**Cuadro 5.** Descripción de los tratamientos a evaluar.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CODIFICACIÓN
1	ICTA San Marceño Mejorado	V1
2	ICTA Compuesto Blanco	V2
3	Material criollo o tradicional	V3

Los tratamientos descritos se distribuyeron al azar, de una manera aleatoria a las distintas unidades experimentales, utilizando una la tabla de números aleatorios para un trabajo más técnico. (Ver croquis de campo en anexos)

En cada una de las unidades experimentales se aplicó el tratamiento correspondiente de acuerdo a la aleatorización realizada. Con la finalidad de eliminar el posible efecto de borde, de la parcela bruta se eliminaron 0.90 metros de cada uno de sus lados para establecer dentro de ella, lo que se conoce como parcela neta, la cual se utilizó para la toma de datos experimentales.

Las dimensiones de parcela neta fueron de 4.50 metros de largo por 2.70 metros de ancho, haciendo un área total de parcela neta de 12.15 metros cuadrados y dentro de dicha área resultaron establecidos 3 surcos y 5 posturas por surco; haciendo un total de 15 posturas o plantas, las cuales fueron utilizadas para la toma de datos.

### **6.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL:**

Los materiales de maíz evaluados y que constituyeron los tratamientos respectivos para el experimento son los siguientes:

#### **6.3.1 ICTA San Marceño Mejorado:**

Es una variedad de maíz de polinización libre (VPL). Esta nueva variedad es un logro obtenido a través del mejoramiento genético que incluye la utilización de germoplasma de maíz proveniente de la raza “San Marceño” e

incorporación de germoplasma mejorado superior que favorece a su amplia adaptación agroecológica para condiciones del Altiplano de Guatemala.

Se adapta a altitudes de 1800-2800 msnm. Presenta excelente arquitectura de planta y porte bajo, buen potencial de rendimiento y características agronómicas deseables, tales como: tolerancia al acame de tallo y de raíz que posibilita ser menos afectada por la incidencia de fuertes vientos, tolerancia a enfermedades foliares y de la mazorca que superan a los mejores testigos convencionales.

Rendimiento de 5.45 T.ha<sup>-1</sup>; lo que equivale a 5 quintales por cuerda, color de grano amarillo, tipo de grano dentado, con 115 días a floración, 210 días a cosecha, altura de planta de 233 cm, altura de mazorca 103 cm, densidad de siembra 35,000 a 39,000 plantas por manzana, siembra primera de marzo a abril y siembra de segunda en mayo. (14)

### **6.3.2 ICTA Compuesto Blanco:**

Variedad de libre polinización, obtenida mediante mejoramiento tradicional, se adapta a altitudes de 2300 a 2400 msnm, color de grano blanco, tipo de grano dentado, se pueden utilizar las hojas y los tallos, para alimentar al ganado en el verano. Tiene un ciclo de 225 días, la altura de la planta y de la mazorca es de 2.25 y 1.25 metros, respectivamente. El rendimiento promedio está entre 4 a 5.20 T.ha<sup>-1</sup>, más o menos, de cuatro a cinco quintales por cuerda de 25

varas, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. (14)

### **6.3.3 Material Criollo o Tradicional:**

Variedad que se ha formado en la zona, producto de la libre polinización, a través de los años, que ha sido utilizada por los agricultores del municipio por varios años, utilizando métodos de selección de semilla tradicionales, color de grano blanco y amarillo, altura y porte de planta susceptibles a plagas y vulnerables a daños por fuertes vientos, rendimientos de 2 a 3 T.ha<sup>-1</sup> lo que es equivalente a 2 quintales por cuerda. (13)

## **6.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA:**

**6.4.1 Altura de la planta:** al inicio de la floración, dentro de la parcela neta se eligieron 10 plantas al azar, determinando con una vara graduada (regla de 3 metros) la distancia en centímetros del eje principal, desde el punto de inserción de las raíces hasta la base de la espiga de la planta.

**6.4.2 Número de mazorcas por unidad experimental:** se cosecharon todas las mazorcas que presentaban condiciones óptimas dentro de cada parcela neta.

**6.4.3 Peso de la mazorca:** se determinó el peso en kilogramos de las mazorcas cosechadas por cada tratamiento. Luego se desgranaron todas las mazorcas.

**6.4.4 Peso de grano:** se registró el peso total en kilogramos de granos obtenidos.

**6.4.5 Número de filas por mazorca:** de las mazorcas cosechadas se tomó una muestra de 10 mazorcas por cada tratamiento, las cuales se utilizaron para contar el número de filas que presentaban.

**6.4.6 Numero de granos por fila:** se contaron todos los granos de una fila de las mazorcas muestreadas por cada tratamiento.

**6.4.7 Peso de 100 granos:** se desgranaron 100 granos y se pesaron por cada tratamiento.

**6.4.8 Rendimiento de grano:** se calculó en Toneladas métricas por hectárea, por cada tratamiento; mediante la siguiente fórmula:

$$R = (100 - HC/85) * FA * PC * FD$$

En donde:

R= rendimiento de grano (Kg/ha) al 15% de humedad

HC= humedad en campo 15%

FA=  $(1\text{Kg/AP}) * (10,000\text{m}^2/1\text{ha})$  AP= área por unidad experimental en  $\text{m}^2$

FD= factor desgrane (peso grano/peso de mazorcas)

PC= Peso de campo

## 6.5 DESCRIPCIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO:

El manejo del cultivo se realizó de la misma forma en que lo hacen los agricultores de la región.

**6.5.1 ÉPOCA DE SIEMBRA:** la siembra se llevó a cabo al estar establecido el invierno; dentro de los meses de abril a mayo.

**6.5.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO:** se hizo una limpia o chapeo del terreno, en seguida se procedió a darle vuelta a la tierra manualmente con azadón y luego se marcaron los surcos de acuerdo al diseño experimental propuesto.

**6.5.3 SIEMBRA:** se llevó a cabo con un distanciamiento de 0.90 metros entre cada surco y 0.90 metros entre postura, depositando 5 semillas en cada una de ellas.

**6.5.4 CONTROL DE MALEZAS:** se desarrolló manualmente según lo fue necesitando el cultivo a lo largo de su ciclo, concretamente se realizaron dos limpias, una a los 20 días de la siembra y la segunda a los 20 días después de la primer limpia.

**6.5.5 FERTILIZACIÓN:** se hicieron efectivas dos fertilizaciones químicas, una a los 20 días de la siembra con el fertilizante 20-20-0 y la otra a los 30 días después de la primera fertilización, con el mismo fertilizante.

**6.5.6 CONTROL DE PLAGAS:** no fue necesario realizar esta actividad, ya que dentro del experimento no se presentó algún tipo de daño severo provocado por plagas.

**6.5.7 COSECHA:** ésta se ejecutó a los 225 días aproximadamente que es el tiempo que se requieren las variedades mejoradas de maíz. Clasificando las mazorcas cosechadas e identificando las mazorcas cosechadas por unidad experimental.

**6.5.8 MANEJO POT-COSECHA:** seguido de la cosecha se procedió a secar las mazorcas al sol por un periodo de dos semanas, logrando con esto obtener un porcentaje de humedad aproximado de 15%.

## **6.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ANÁLISIS:**

**6.6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO FENOLÓGICO:** durante todo el ciclo del cultivo se recopilaron datos correspondientes a las distintas etapas fenológicas de las plantas de maíz de los distintos tratamientos, para hacer una comparación con datos fenológicos de ensayos realizados por los equipos de prueba y validación del ICTA, con la finalidad de tener un parámetro de adaptación de los genotipos mejorados a las condiciones de la zona de estudio.

**6.6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:** se realizó un Análisis de Varianza. (ANDEVA) para cada una de las variables de respuesta siguientes:

- ✓ Altura de la planta.
- ✓ Número de mazorcas por unidad experimental.
- ✓ Peso de mazorcas cosechadas por unidad experimental.
- ✓ Peso de grano obtenido por unidad experimental.
- ✓ Número de filas por mazorca.
- ✓ Número de granos por fila.
- ✓ Peso de 100 granos.
- ✓ Rendimiento en Kg/Ha

Al realizar cada uno de los análisis de varianza correspondientes, se hicieron pruebas múltiples de medias utilizando Tukey con un nivel de significancia del 0.05 a los ANDEVAS que expresaron significancia o alta significancia entre los tratamientos, con la finalidad de ordenar los tratamientos del mejor al peor o viceversa, de acuerdo al tipo de variable analizada.

**6.6.3 ANÁLISIS ECONÓMICO:** Se llevó a cabo un análisis económico a la investigación en el cual se calcularon los costos directos, (sumatoria de mano de obra más insumos), los costos indirectos, los costos totales (sumatoria de los costos directos y costos indirectos) y se computó el ingreso bruto, que es producto total x precio del producto, el ingreso neto que es ingreso bruto – costo total, para el cálculo de la rentabilidad, se utilizó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{Ingreso Neto} \times 100}{\text{Costo total}}$$

Así mismo se hizo un análisis de tasa marginal de retorno (TMR), por medio de presupuesto parcial y análisis de dominancia, para saber qué tratamiento fue el más adecuado y recomendable según el beneficio Neto y tasa marginal de retorno que presente.

## VII. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

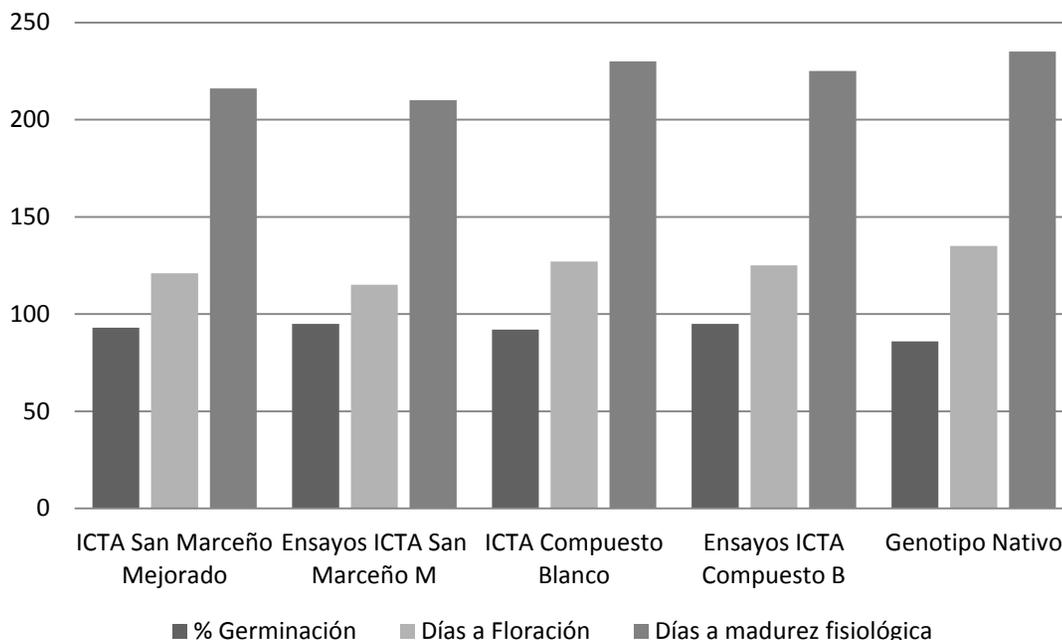
### 7.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO FENOLÓGICO DEL MAÍZ:

La comparación efectuada entre la fenología presentada por los distintos genotipos de maíz evaluados dentro del presente experimento, con datos fenológicos de cultivares mejorados de maíz, dados por los ensayos de prueba y validación del ICTA, se efectuó mediante el registro de los días después de la siembra en que cada genotipo de maíz evaluado alcanzó cada una de las distintas fases fenológicas a lo largo de su ciclo, como se muestra en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Resumen comparativo del desarrollo fenológico del maíz

Tratamientos	% Germinación	Días a floración	Días a madurez fisiológica
ICTA San Marceño Mejorado	93	121	216
Ensayos ICTA San Marceño Mejorado	95	115	210
ICTA Compuesto Blanco	92	127	230
Ensayos ICTA Compuesto Blanco	95	125	225
Genotipo nativo	86	135	235

Fuente: Datos de campo recopilados durante la investigación y Orellana, A. y Dardón, D. (10)



**Figura 3.** Comparación del desarrollo fenológico de maíz en días.

La gráfica anterior refleja el comportamiento de las diferentes fases fenológicas presentadas por los genotipos de maíz evaluados, con relación al desarrollo fenológico obtenido por los equipos de prueba y validación del ICTA, en lo que respecta al porcentaje de germinación se puede observar que los materiales mejorados evaluados dentro del presente experimento no presentan mucha diferencia en comparación con los ensayos desarrollados por el ICTA; pero si presentan diferencia en relación a los datos presentados por el material nativo evaluado. En lo que se refiere a los días a floración y días a madurez fisiológica, los materiales mejorados evaluados dentro del presente ensayo se mantuvieron dentro del rango de días empleados por los mismos materiales en evaluaciones validadas, sin embargo se puede observar que los materiales mejorados evaluados en la zona de estudio presentaron mayor precocidad en comparación con los datos reflejados por el material utilizado por los agricultores de San Mateo.

Debido a lo anterior se puede afirmar que los genotipos mejorados de maíz evaluados dentro del presente trabajo de investigación tuvieron una adaptación adecuada a las condiciones edáficas y ambientales del municipio de San Mateo, ya que presentaron un alto porcentaje de germinación y los días empleados para alcanzar cada una de las etapas fenológicas a lo largo de su ciclo se mantuvieron en el rango de días expresados en investigaciones validadas por el ICTA y además presentaron características fenológicas superiores a las del genotipo nativo utilizado por los agricultores del área de estudio.

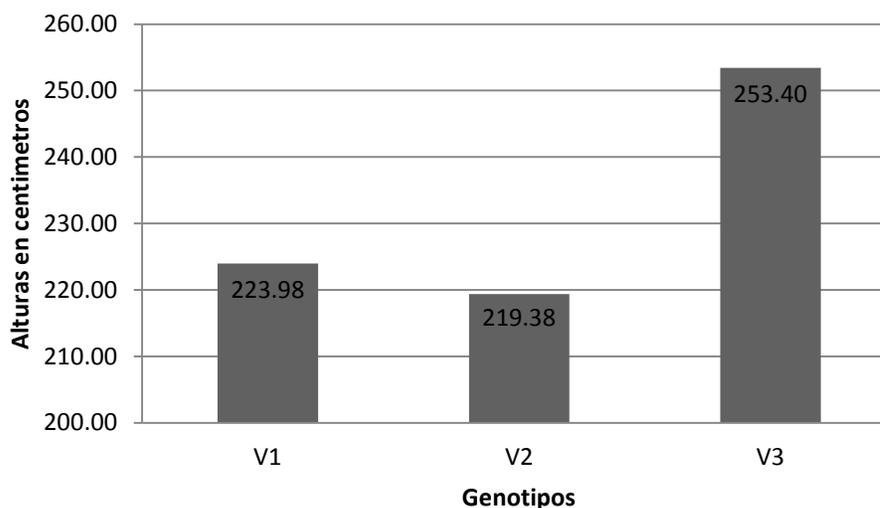
## 7.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES EVALUADAS:

### A. Altura de Planta.

**Cuadro 7.** Altura de planta en centímetros por tratamiento

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Media
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	223.9	222.2	223.6	224.2	225.6	224.4	223.98
ICTA Compuesto Blanco (V2)	218.9	221.6	218.7	217.4	221.1	218.6	219.38
Material nativo (V3)	251.3	255.5	252.5	254.5	251.8	254.8	253.40

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4.** Altura de planta por tratamiento

En la gráfica anterior se puede observar que el tratamiento V3, correspondiente al genotipo nativo expresó una mayor altura, sobrepasando los 2.5 metros, siendo esta característica un tanto desfavorable, ya que la hace más susceptible al acame o volcamiento de plantas producido por la acción del viento y las fuertes lluvias que son factores ambientales característicos de la zona de estudio, repercutiendo de esta manera en el rendimiento y causando pérdidas económicas. Por otro lado los tratamientos V1 y V2 correspondientes a los genotipos mejorados presentaron alturas de 223.98 y 219.38 cm, reflejando diferencia en relación al tratamiento V3, teniendo los materiales mejorados ICTA San Marceño Mejorado e ICTA Compuesto Blanco, características agronómicas más adecuadas para tolerar el acame de las plantas ya que presentan menor altura, un tallo más grueso y raíces más profundas que las de la variedad local.

**Cuadro 8.** Análisis de Varianza de la variable altura de planta

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	2	4087.27	2043.63	747.70	3.33 **
Bloques	5	7.30	1.46	0.53	4.10 ns
Error	10	27.33	2.73		
Total	17	4121.90			

\*\* = significativo    ns = no significativo    CV= 0.71%

El cuadro 8 da a conocer el análisis de varianza para altura de planta, en el cual se expresan diferencias significativas en cuanto a los 3 genotipos de maíz evaluados y un porcentaje del coeficiente de variación de 0.71 lo cual nos refleja una confiabilidad de los datos ya que para análisis de componentes de rendimiento en maíz el coeficiente de variación no debe de ser mayor a un 20%.

Debido a que se manifestó significancia estadística entre las variedades evaluadas en relación a la variable altura de planta, se procedió a realizar una prueba de medias por el método de Tukey al 5% de significancia, con la finalidad de ordenar los tratamientos de una manera descendente en relación a la altura, para determinar la variedad que presente mejores características agronómicas para tolerar el acame o volcamiento de las plantas, siendo el tratamiento V2 el que presentó una menor altura, seguido del tratamiento V1, con lo que se demuestra las ventajas de la utilización de materiales mejorados, para una zona donde las condiciones climáticas no son adecuadas para variedades con mucha altura de planta, como el caso del tratamiento V3 que presenta una media de 253.40 centímetros.

**Cuadro 9.** Prueba de medias de altura de planta.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA Compuesto Blanco (V2)	219.38	A
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	223.98	B
Material Criollo (V3)	253.40	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
 Alfa=0.05    DMS=2.61

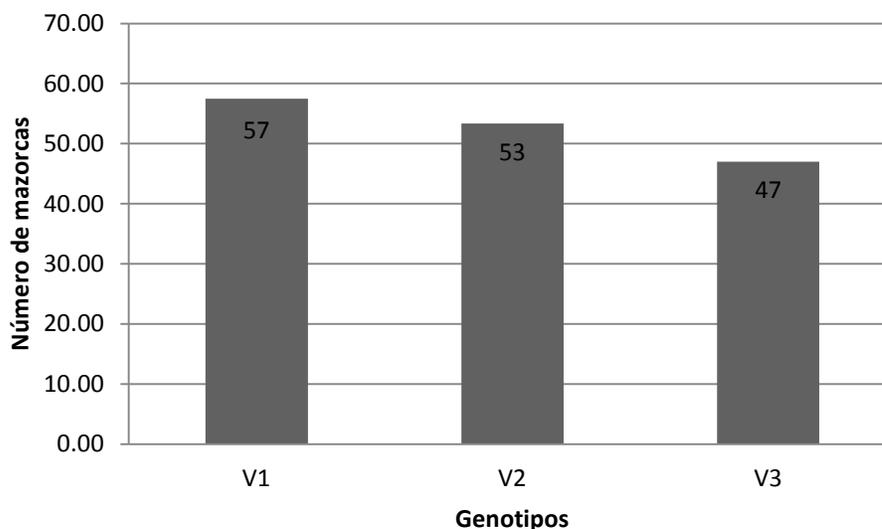
De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, se puede afirmar que los genotipos mejorados ICTA San Marceño Mejorado e ICTA Compuesto Blanco presentaron características agronómicas que superan a las presentadas por el genotipo utilizado por los agricultores del municipio, dentro de ellas podemos destacar en este caso la altura de planta de aproximadamente 220 centímetros un 14% menos que la altura presentada por el material nativo, dicha característica agronómica es adecuada para las condiciones ambientales propias del área de estudio.

## B. Número de mazorcas por unidad experimental.

**Cuadro 10.** Número de mazorcas por unidad experimental

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Media
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	54	60	60	57	55	59	57
ICTA Compuesto Blanco (V2)	45	60	54	50	56	55	53
Material nativo (V3)	42	51	51	45	47	46	47

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5.** Mazorcas cosechadas por unidad experimental

En la gráfica se observa que los tratamientos que presentaron mayor número de mazorcas cosechadas dentro de la parcela neta fueron; el V1 (San Marceño Mejorado) y V2 (Compuesto Blanco) con 57 y 53 mazorcas respectivamente, mientras que el tratamiento V3 (criollo) presenta una diferencia de 6 mazorcas en relación al tratamiento V2 y de 10 mazorcas en relación al tratamiento V1; dadas éstas diferencias se puede decir que los materiales mejorados presentan ventajas en relación al número de mazorcas cosechadas por parcela en comparación al material criollo en condiciones del área de estudio.

**Cuadro 11.** Análisis de Varianza de la variable número de mazorcas

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	2	335.44	167.72	34.54	3.33**
Bloques	5	182.28	36.46	7.51	4.10**
Error	10	48.56	4.86		
Total	17	566.28			

\*\* = significativo CV= 4.19%

El cuadro 11 da a conocer el análisis de varianza efectuado para la variable Número de mazorcas cosechadas por tratamiento dentro de la parcela útil. En dicho análisis se pudo determinar que hay diferencias estadísticas significativas entre los 3 materiales evaluados, con un porcentaje aceptable de coeficiente de variación de 4.19.

Se procedió a realizar la respectiva prueba múltiple de medias debido a los datos referidos por el análisis de varianza de la variable número de mazorcas, con la finalidad de ordenar de una manera ascendente el número de mazorcas cosechadas por tratamiento, determinando de esta manera que el tratamiento que estadísticamente presentó un mayor número de mazorcas cosechadas dentro de la parcela útil fue el V1 con 57 mazorcas, en segundo y tercer lugar están los tratamientos V2 y V3 respectivamente.

**Cuadro 12.** Prueba de medias de las mazorcas cosechadas

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	57.50	A
ICTA Compuesto Blanco (V2)	53.33	B
Material Criollo (V3)	47.00	C

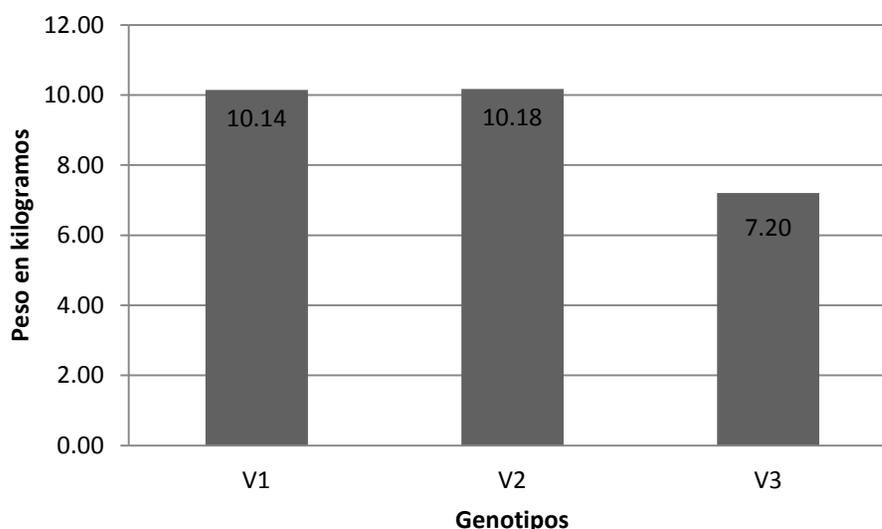
Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
Alfa=0.05 DMS=3.48770

### C. Peso de mazorcas.

**Cuadro 13.** Peso de mazorcas por unidad experimental en kilogramos

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Media
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	9.00	10.50	10.56	10.26	9.72	10.80	10.14
ICTA Compuesto Blanco (V2)	8.40	11.85	10.59	9.12	10.83	10.26	10.18
Material nativo (V3)	5.43	7.80	9.00	6.75	7.20	7.02	7.20

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 6.** Peso de mazorcas por unidad experimental

En la gráfica anterior se expresan los datos registrados del peso de mazorcas cosechadas por tratamiento en kilogramos, en donde los tratamientos correspondientes a los genotipos de maíz mejorados registraron un peso promedio de 10.16 kilogramos y el material criollo correspondiente al tratamiento V3 registro un peso menor, siendo de éste 7.20 kilogramos con una diferencia de 2.96 Kg en comparación con los materiales mejorados, evidenciando nuevamente las ventajas productivas que presenta el uso de materiales mejorados de maíz bajo condiciones del municipio de San Mateo, utilizando tecnología tradicional.

**Cuadro 14.** Análisis de varianza del peso de mazorcas en kilogramos

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	2	34.99	17.50	41.97	3.33**
Bloques	5	12.71	2.54	6.10	4.10**
Error	10	4.17	0.42		
Total	17	51.87			

\*\* = significativo      CV= 7.04%

Al realizar el análisis de varianza del peso de mazorcas registrado por tratamientos se pudo determinar que existen diferencias estadísticas significativas entre los materiales evaluados como se muestra en el cuadro 14, dicha significancia es confiable ya que el análisis de varianza expresa un coeficiente de variación de 7.04 por ciento.

Debido a que el análisis realizado reflejó significancia entre tratamientos se procedió a efectuar una prueba múltiple de medias por el método de Tukey al 5% de significancia para establecer cuál de los tratamientos evaluados es más recomendable respecto al peso de mazorcas registrado dentro de la parcela útil, como se muestra en el cuadro 15 en donde se puede observar que los materiales mejorados son estadísticamente iguales en cuanto al peso de mazorcas, quedando en segundo lugar el material criollo con un peso medio de 7.20 kilogramos.

**Cuadro 15.** Prueba de medias del peso de mazorcas

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA Compuesto Blanco (V2)	10.18	A
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	10.14	A
Material Criollo (V3)	7.20	B

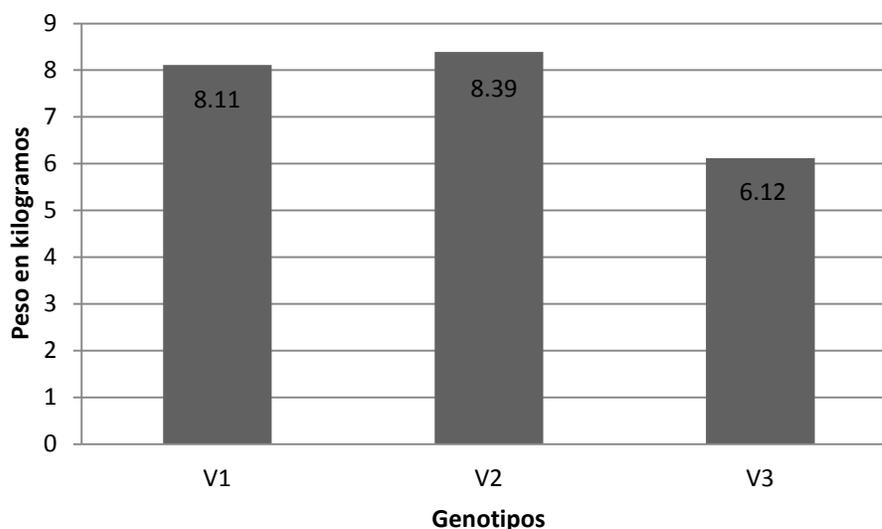
Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
Alfa=0.05      DMS=1.02

#### D. Peso de Granos.

**Cuadro 16.** Peso de granos por unidad experimental en kilogramos

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Media
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	7.59	8.4	8.04	8.22	7.77	8.64	8.11
ICTA Compuesto Blanco (V2)	6.69	9.78	8.79	7.56	9	8.52	8.39
Material nativo (V3)	4.35	7.05	7.5	5.73	6.12	5.97	6.12

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 7.** Peso de grano por unidad experimental

En la descripción gráfica de los datos obtenidos en campo propios de la variable de respuesta peso de granos por tratamientos se puede observar que los tratamientos que registraron un mayor peso son los tratamientos V1 y V2 correspondientes a los genotipos mejorados ICTA San marceño mejorado e ICTA Compuesto blanco, con un peso promedio registrado en kilogramos de 8.25, mientras que el tratamiento V3 correspondiente al genotipo nativo, registra un peso de granos en kilogramos de 6.12 que son 2.13 kilogramos menos que el peso promedio de los genotipos mejorados de maíz evaluados.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza del peso de granos por unidad experimental

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	2	18.38	9.19	23.99	3.33**
Bloques	5	9.07	1.81	4.74	4.10**
Error	10	3.83	0.38		
Total	17	31.29			

\*\* = significativo    CV= 8.21%

Luego de registrar y tabular los datos del peso de granos por tratamiento en cada una de las unidades experimentales, se realizó el análisis de varianza para dicha variable de respuesta, como se muestra en el cuadro 17, el cual indica que existen diferencias estadísticas entre los materiales de maíz evaluados al ser mayor el valor de la F calculada con respecto a la F de tablas.

Al existir significancia entre las variedades evaluadas se llevó a cabo la prueba múltiple de medias de Tukey con un 5% de significancia; como se muestra en el cuadro 18, en el cual se puede observar que las medias de peso de granos en kilogramos correspondientes a los tratamientos V2 y V1 son estadísticamente iguales, quedando en último lugar el tratamiento V3 con una media de 6.12.

**Cuadro 18.** Prueba de medias del peso de granos

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA Compuesto Blanco (V2)	8.39	A
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	8.11	A
Material Criollo (V3)	6.12	B

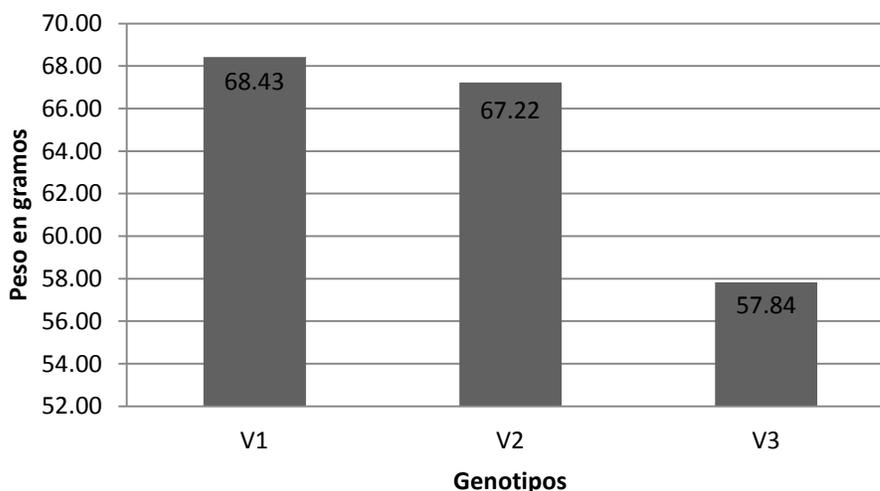
Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
 Alfa=0.05    DMS=0.97

## E. Peso de 100 granos.

**Cuadro 19.** Peso de 100 granos, registrado en gramos

Tratamiento	I	II	III	IV	V	VI	Media
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	70.87	69.74	65.79	68.76	66.88	68.53	68.43
ICTA Compuesto Blanco (V2)	64.50	68.73	68.75	65.58	67.45	68.32	67.22
Material nativo (V3)	56.25	59.54	57.83	57.76	58.87	56.76	57.84

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 8.** Peso de 100 granos por tratamiento

En la gráfica se representa el peso registrado de 100 granos en gramos por tratamiento, en donde el peso dado de los genotipos de maíz mejorados está dentro de un rango de 67 a 68 gramos, con una diferencia mínima de 1.21 gramos; reflejando un peso menor, el material de maíz criollo presenta una diferencia de 9.99 gramos en relación al peso promedio de los tratamientos V1 y V2.

**Cuadro 20.** Análisis de varianza peso de 100 granos por tratamiento

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	2	403.57	201.78	63.63	3.33**
Bloques	5	9.07	1.81	0.57	4.10ns
Error	10	31.71	3.17		
Total	17	444.35			

\*\* = significativo    ns = no significativo    CV= 2.76%

Al realizar el análisis de varianza correspondiente al peso de 100 granos como se muestra en el cuadro 20, se pudo establecer que existen diferencias significativas dentro de los 3 materiales evaluados y así mismo se puede observar un coeficiente de variación de 2.76% el cual nos da una alta confiabilidad de los datos sometidos a dicho análisis.

Al existir diferencias significativas entre las tres variedades se realizó una prueba múltiple de medias por medio del comparador de Tukey como se muestra en el cuadro 20; al comparar las medias de la respectiva variable de respuesta, se puede afirmar que en lo que respecta a los pesos de 100 granos de los materiales mejorados (V1 y V2) son estadísticamente iguales, datos que comparados a la media del material criollo son estadísticamente más favorables.

**Cuadro 21.** Prueba de medias del Peso de 100 granos

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	68.43	A
ICTA Compuesto Blanco (V2)	67.22	A
Material Criollo (V3)	57.84	B

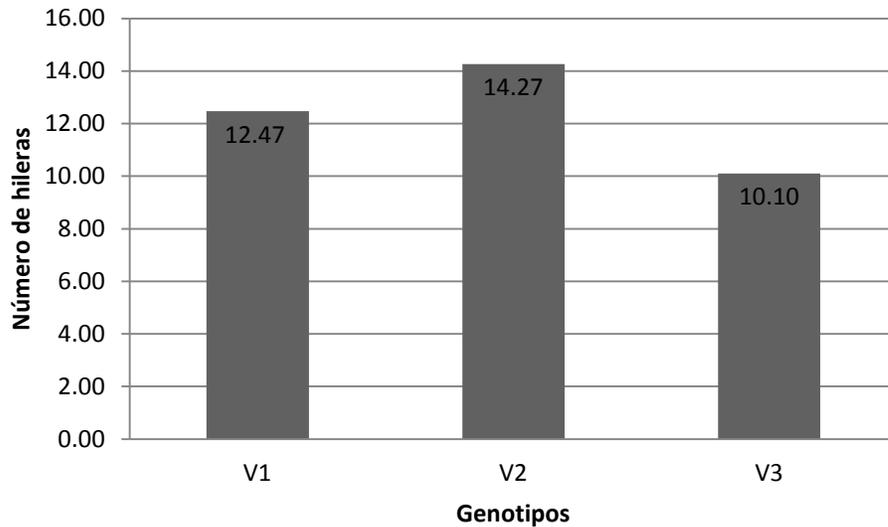
Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
 Alfa=0.05 DMS=2.81

#### **F. Número de filas o hileras por mazorca.**

**Cuadro 22.** Número de hileras por mazorca por tratamiento

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>Media</b>
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	12.8	12.4	12.2	12.6	12	12.8	12.47
ICTA Compuesto Blanco (V2)	13.4	14.4	14.8	14	14.2	14.8	14.27
Material nativo (V3)	10	10.2	10	10.4	10.2	9.8	10.10

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9.** Hileras presentadas por mazorca por tratamiento

En la gráfica de los datos correspondientes al número de hileras por mazorca, se puede observar que la cantidad de hileras expresadas por los materiales mejorados se encuentran entre los 12 y 14, mientras que el material criollo cuenta con un número de 10 hileras por mazorca; en este caso se pone en manifiesto que los materiales mejorados siguen teniendo mejores resultados en cuanto a las variables evaluadas.

**Cuadro 23.** Análisis de Varianza del número de filas por mazorca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	2	52.40	26.20	142.75	3.33**
Bloques	5	0.33	0.07	0.36	4.10ns
Error	10	1.84	0.18		
Total	17	54.57			

\*\* = significativo    ns = no significativo    CV= 3.49%

El cuadro 23 muestra el análisis de varianza para la variable número de hileras por mazorca, en el cual se puede observar que efectivamente existen diferencias

estadísticas significativas dentro de los tratamientos estudiados, de la misma manera se refleja confiabilidad de los datos sometidos al análisis ya que el coeficiente de variación está por debajo del 20% aceptable.

Por el hecho de haber significancia entre los tratamientos evaluados dentro del análisis de varianza para la variable número de hileras, se procedió a realizar la prueba múltiple de medias por medio del comparador de Tukey, como se muestra en el cuadro 24, en donde podemos observar que las medias de los tres materiales son significativamente diferentes, teniendo mayor número de hileras por mazorca el tratamiento V2, en segundo lugar el tratamiento V1 y en tercer lugar el tratamiento V3 con una diferencia mínima significativa de 0.67812.

**Cuadro 24.** Prueba de medias del No. de filas por mazorca

Tratamiento	Media	Grupo Tukey
ICTA Compuesto Blanco (V2)	14.27	A
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	12.47	B
Material Criollo (V3)	10.10	C

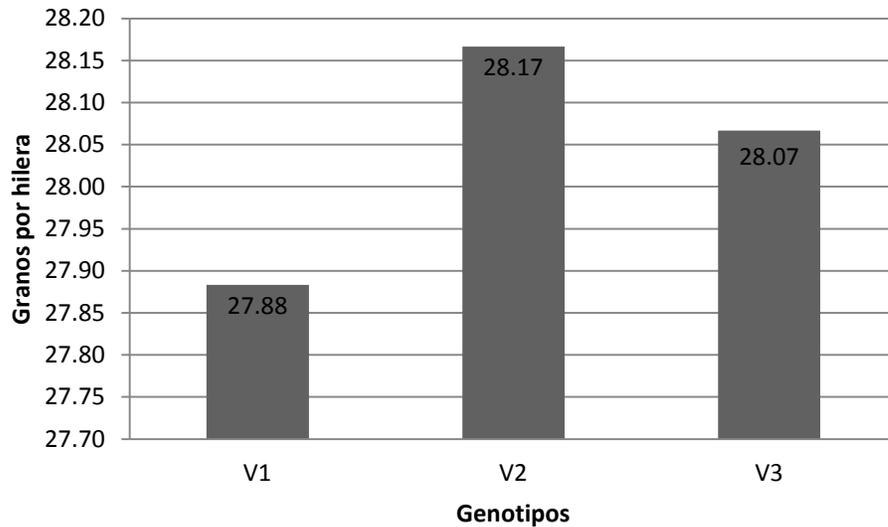
Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
 Alfa=0.05 DMS=0.67

### G. Número de granos por hilera.

**Cuadro 25.** Número de granos por hilera

Trat.	I	II	III	IV	V	VI	Media
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	27.6	27.7	27.6	28.6	28.5	27.3	27.88
ICTA Compuesto Blanco (V2)	28.4	28.4	27.4	28.5	28.0	28.3	28.17
Material nativo (V3)	27.1	28.6	27.8	28.9	28.4	27.6	28.07

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 10.** Número de granos por hilera por tratamiento

En la gráfica de los datos recopilados de la variable de respuesta número de granos por hilera podemos observar que la cantidad de granos por hilera de los tratamientos evaluados se encuentran dentro de un rango de 27 a 28, datos que estadísticamente no tienen mucha variabilidad entre sí.

**Cuadro 26.** Análisis de Varianza del número de granos por hilera

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	2	0.25	0.12	0.65	3.33ns
Bloques	5	2.70	0.54	2.86	4.10**
Error	10	1.89	0.19		
Total	17	4.84			

\*\* = significativo    ns = no significativo    CV= 1.55%

Dando continuidad a los datos reflejados en la figura 9, podemos observar en el cuadro 26 que al realizar el respectivo análisis de varianza al número de granos por mazorca por tratamiento, no se refleja significancia dentro de los materiales evaluados,

por lo que se afirma que los 3 materiales evaluados son estadísticamente iguales en cuanto a la cantidad de granos contenidos en cada una de las hileras.

Lo anterior puede ser comprobado en el cuadro 27, en donde al realizar la comprobación de medias por el método de Tukey, las medias de los 3 tratamientos pertenecen a un mismo grupo; lo que los hace estadísticamente semejantes para la variable en cuestión.

**Cuadro 27.** Prueba de medias del número de granos por hilera

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA Compuesto Blanco (V2)	28.17	A
Material Criollo (V3)	28.07	A
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	27.88	A

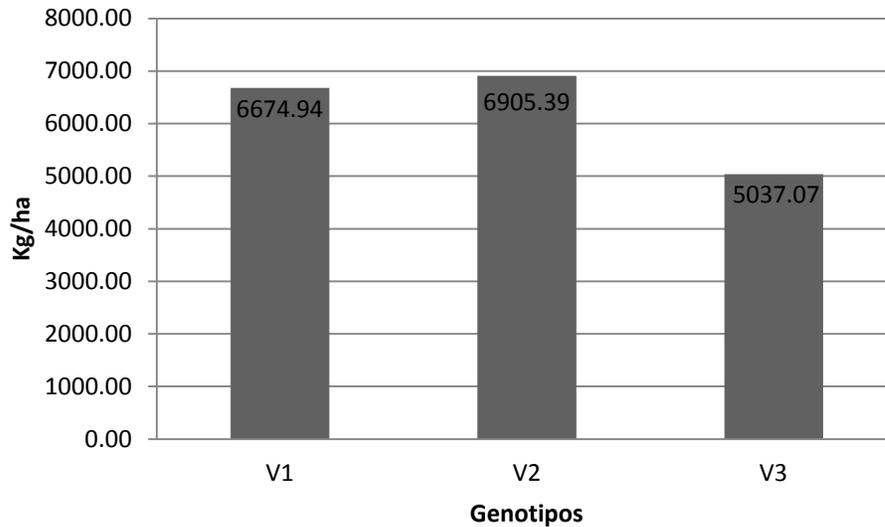
Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
 Alfa=0.05 DMS=0.68

#### H. Rendimiento en kilogramos/hectárea.

**Cuadro 28.** Datos de la variable Rendimiento en Kg/ha

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>Media</b>
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	6246.95	6913.62	6617.32	6765.47	6395.10	7111.15	6674.94
ICTA Compuesto Blanco (V2)	5506.20	8049.43	7234.61	6222.26	7407.45	7012.39	6905.39
Material nativo (V3)	3580.27	5802.50	6172.88	4716.08	5037.07	4913.61	5037.07

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11.** Rendimiento en Kg/ha por tratamiento

En la figura 11 se puede observar una representación gráfica del rendimiento obtenido en kilogramos por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados, expresando mayor rendimiento el tratamiento V2 correspondiente al material mejorado ICTA Compuesto blanco; en segundo lugar está el tratamiento V1, variedad ICTA San Marceño mejorado con 230.45 kilogramos menos que el tratamiento V1 y por último se da a conocer el rendimiento del tratamiento V3, variedad criolla, el cual es muy bajo comparado con el rendimiento de las variedades mejoradas.

**Cuadro 29.** Análisis de Varianza del Rendimiento en Kg/ha

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	2	12452716.49	6226358.25	23.99	3.33**
Bloques	5	6146694.68	1229338.94	4.74	4.10**
Error	10	2595162.70	259516.27		
Total	17	21194573.87			

\*\* = significativo CV= 8.21%

En el cuadro 29 se presenta el análisis de varianza efectuado a la variable Rendimiento en Kg/ha, en donde se demuestra claramente que existen diferencias estadísticas significativas entre cada una de las 3 variedades cotejadas; de la misma manera, el coeficiente de variación para dicho análisis nos indica una confiabilidad del mismo, ya que está por debajo del porcentaje aceptable para estudios de maíz.

El cuadro 30 da a conocer la prueba múltiple de medias realizada por el método de Tukey Alfa=0.05, en donde se demuestra que los rendimientos obtenidos de los materiales mejorados son estadísticamente iguales y al comparar las medias de éstos con el material criollo se puede observar que efectivamente existe diferencia estadística. Los datos presentados nos demuestran nuevamente que las variedades mejoradas siguen teniendo mayor potencial de rendimiento en condiciones del Municipio de San Mateo.

**Cuadro 30.** Prueba de medias del Rendimiento en Kg/ha

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
ICTA Compuesto Blanco (V2)	6905.39	A
ICTA San Marceño Mejorado (V1)	6674.94	A
Material Criollo (V3)	5037.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes  
Alfa=0.05    DMS=806.31

Los rendimientos experimentales tienen cuatro fuentes que los hacen mucho más altos que los obtenidos por los agricultores (4). Primero, el manejo del experimento lo hace un técnico, lo cual le provee mayores elementos científicos para obtener niveles más altos de rendimiento. Segundo, las parcelas netas de los experimentos usualmente son pequeñas, lo cual puede sobreestimarlos, no sólo por las mayores facilidades de

manejo que ofrecen parcelas pequeñas, sino por la mayor uniformidad observada en el suelo en áreas chicas. Esto se hace más evidente cuando se refieren los datos de kilos por unos cuantos metros cuadrados a kilos por hectárea. Tercero, mayor exactitud en la fecha de cosecha; y cuarto, mayor eficiencia en la cosecha de áreas chicas. Por estas razones, para los experimentos de maíz y trigo, el CIMMYT recomienda reducir los rendimientos experimentales en un porcentaje que va del 5 al 30%, para poder acercarse a los obtenibles por los agricultores (4), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RendAjustado}_i = \text{Rendimiento Experimental}_i * (1 - \text{tasa de ajuste})$$

**Cuadro 31.** Presentación de los rendimientos ajustados al 15% en Kg/ha y en T.ha<sup>-1</sup>

Tratamiento	Rendimiento Experimental	R. Ajustado en Kg/ha	R. Ajustado en T.ha <sup>-1</sup>
ICTA Compuesto Blanco	6905.39	5869.58	5.87
ICTA San Marceño Mejorado	6674.94	5673.70	5.67
Material Criollo	5037.07	4281.51	4.28

En el cuadro 31 se pueden observar los rendimientos experimentales ajustados a un 15%, los cuales servirán para hacer las recomendaciones finales de los resultados obtenidos en la presente investigación agrícola, de la misma manera se presentan los rendimientos en toneladas por hectárea. Los resultados obtenidos con respecto a la variable rendimiento de grano, indican que los genotipos mejorados superaron estadísticamente al genotipo nativo en aproximadamente un 36%, reflejando rendimientos de 5.87 T.ha<sup>-1</sup> para la variedad ICTA Compuesto Blanco y 5.67 T.ha<sup>-1</sup> para la variedad ICTA San Marceño Mejorado, datos que son dominantes en comparación con los del material nativo con un rendimiento de 4.28 T.ha<sup>-1</sup>, por lo anterior y debido a

que los materiales mejorados también presentaron características agronómicas y de adaptabilidad superiores a la del genotipo nativo, se rechaza la hipótesis nula uno y se acepta la hipótesis alternativa del mismo numeral, la cual dice que; al menos uno de los genotipos de maíz evaluados, presentará diferencias significativas en cuanto a características de adaptabilidad y rendimiento.

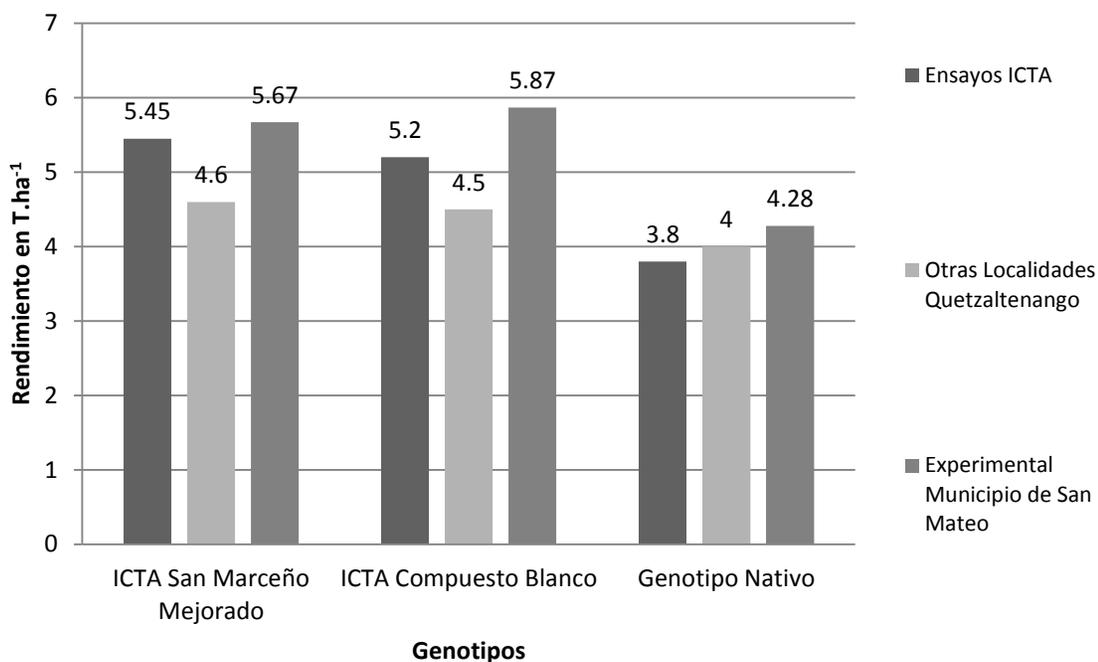
**Cuadro 32.** Comparación Nacional, Regional y Experimental de rendimientos en T.ha<sup>-1</sup>

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio Nacional</b>	<b>Validación ICTA</b>	<b>Localidades Quetzaltenango</b>	<b>Investigación San Mateo</b>
ICTA Compuesto Blanco	2	5.45	4.60	5.67
ICTA San Marceño Mejorado	2	5.20	4.50	5.87
Material Criollo	2	3.80	4.00	4.28

Fuente: Datos de campo recopilados durante la investigación y Orellana, A. y Dardón, D. (10)

En el cuadro anterior se presentan distintos promedios de rendimiento del cultivo de maíz a nivel nacional, a nivel de 17 localidades de Quetzaltenango, a nivel de investigaciones de validación del ICTA y a nivel de la presente investigación en el municipio de San Mateo, esto con la finalidad de hacer un análisis comparativo de los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento de grano de los 3 genotipos evaluados dentro de éste estudio y verificar si además de que estadísticamente los materiales mejorados de maíz cultivados mediante tecnología tradicional y bajo condiciones del municipio de San Mateo, presentan ventajas en cuanto a la optimización del rendimiento de grano por unidad de área. Para comprender mejor lo anterior y poder realizar el análisis comparativo de rendimientos se representaron los datos

gráficamente, donde se cotejan los rendimientos obtenidos por los distintos niveles descritos anteriormente, como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 12.** Representación gráfica del análisis comparativo de rendimientos.

La figura anterior refleja que los rendimientos obtenidos correspondientes a los genotipos mejorados a nivel de la presente investigación, tuvieron mayor eficiencia que los rendimientos obtenidos tanto por los ensayos de validación del ICTA, como también por los obtenidos en parcelas de agricultores en 17 localidades de Quetzaltenango, además de esto sobrepasan al rendimiento promedio a nivel nacional (cuadro 32).

Luego de realizar los análisis estadísticos de los componentes de rendimiento del cultivo de maíz y los análisis comparativos del comportamiento fenológico y del rendimiento de los genotipos evaluados; tanto la variedad ICTA San Marceño Mejorado como la variedad ICTA Compuesto Blanco superaron a la variedad nativa utilizada por

los agricultores del área de estudio, se comportaron fenológicamente de una manera óptima en comparación con investigaciones validadas por el ICTA con los mismos materiales de maíz y además reflejaron rendimientos superiores a los rendimientos promedios a nivel de investigaciones validadas, a nivel nacional y local. Dichas aseveraciones nos ponen en manifiesto que bajo las condiciones del municipio de San Mateo los genotipos mejorados de maíz desarrollados por el ICTA presentan características agronómicas adecuadas permitiendo una buena adaptación a las condiciones edáfico-ambientales propias del lugar y por ende presentan resultados óptimos en cuanto a rendimiento de grano por unidad de área comparado con el genotipo nativo utilizado por varios años dentro del municipio de San Mateo.

### **7.3 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN:**

En el cultivo de maíz el rendimiento esta correlacionado positiva y negativamente con otras variables agronómicas. Para confirmar esta aseveración se realizó un análisis de correlación, utilizando el paquete estadístico InfoStat versión Estudiantil, entre el rendimiento de grano obtenido y las variables de respuesta evaluadas (Cuadro 34). Para este efecto se usó el coeficiente de correlación de Pearson, con la finalidad de establecer cuál de los componentes de rendimiento de maíz evaluados, presentan mayor correlación con éste parámetro.

Para interpretar el coeficiente de correlación se utilizó la siguiente escala:

**Cuadro 33.** Escala de correlación

VALOR	SIGNIFICADO
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0.90 a -0.99	Correlación negativa muy alta
-0.70 a -0.89	Correlación negativa alta
-0.40 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.20 a -0.39	Correlación negativa baja
-0.01 a -0.19	Correlación muy baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.20 a 0.39	Correlación positiva baja
0.40 a 0.69	Correlación positiva moderada
0.70 a 0.89	Correlación positiva alta
0.90 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

**Cuadro 34.** Análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson

VARIABLES	REND	A. PLANT A	No. DE MAZORCAS	PESO MAZORCAS	PESO GRANO	PESO 100 GRANOS	No.DE HILERAS POR MAZORCA	NO. DE GRANOS POR HILERA
RENDIMIENTO	1.00	0.01	0.33	0.06	0.00	0.14	0.21	0.96
A. PLANTA	-1.00	1.00	0.34	0.07	0.01	0.15	0.20	0.97
No. DE MAZORCAS	0.87	-0.86	1.00	0.27	0.33	0.19	0.54	0.63
PESO MAZORCAS	0.99	-0.99	0.91	1.00	0.06	0.07	0.28	0.89
PESO GRANO	1.00	-1.00	0.87	0.99	1.00	0.14	0.21	0.96
PESO 100 GRANOS	0.98	-0.97	0.96	0.99	0.98	1.00	0.35	0.82
No.DE HILERAS	0.95	-0.95	0.66	0.91	0.95	0.85	1.00	0.83
NO. DE GRANOS	-0.06	0.05	-0.55	-0.16	-0.06	-0.28	0.26	1.00

Las variables que presentaron correlación positiva con el rendimiento fueron: Peso de grano cosechado, peso de mazorcas cosechadas, peso de 100 granos,

número de granos por hilera, número de hileras por mazorca y número de mazorcas cosechadas; presentando el mayor valor de correlación las variables: Peso de granos cosechados (1.00) correspondiente a una correlación positiva grande y perfecta, Peso de mazorcas cosechadas (0.99) propio de una correlación positiva muy alta y las variables relacionadas con las características de la mazorca, número de granos por hilera (0.96) y número de hileras por mazorca 0.95, esto nos indica que existió dentro del experimento realizado una alta relación entre los componentes de rendimiento y el propio rendimiento, por lo que se rechaza la hipótesis nula dos y se acepta la hipótesis alternativa del mismo numeral que establece que; al menos uno de los componentes de rendimiento de maíz, presentará correlación directa con éste parámetro.

#### **7.4 ANÁLISIS ECONÓMICO:**

Si bien estadísticamente hablando los dos materiales mejorados de maíz no presentaron diferencias significativas entre sí en cuanto a rendimiento, pero si pueden existir diferencias significativas en lo que respecta a términos económicos y para verificar esto, se desarrollo un análisis económico para los genotipos evaluados en la presente investigación agrícola, con la finalidad de establecer cuál de los tratamientos evaluados es económicamente más rentable y recomendable para el agricultor de municipio. Para elaborar dicho análisis, primeramente se hizo necesario realizar un análisis de rentabilidad, sacando costos directos, costos indirectos, ingresos brutos, ingresos netos, para cada uno de los tratamientos, que se detalla en el cuadro 35.

**Cuadro 35.** Costos en quetzales por hectárea para la producción de cada uno de los materiales evaluados.

TRATAMIENTO	COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS	COSTO TOTAL	INGRESO BRUTO	INGRESO NETO	RENT %
ICTA San Marceño Mejorado V1	8,266.70	2,300.00	10,566.70	24,964.26	14,397.56	136.25
ICTA Compuesto Blanco V2	8,297.75	2,300.00	10,597.75	24,306.97	13,709.22	129.36
Material CriolloV3	8,177.00	2,300.00	10,477.00	14,406.01	3,929.01	37.50

Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro anterior revela que el tratamiento V1 tiene el mayor porcentaje de rentabilidad, lo cual indica que por cada quetzal invertido para la producción obtenemos Q1.36 de ganancia, mientras que en segundo lugar está el tratamiento V2 con un porcentaje de rentabilidad de 129.36 y en tercer lugar está el material criollo, con una diferencia bastante grande en comparación con los materiales mejorados que superan su porcentaje de rentabilidad con más del 100%.

Para determinar el tratamiento que en términos económicos es el más rentable y recomendable para el agricultor se realizó un análisis de presupuestos parciales, que se presenta a continuación.

**Cuadro 36.** Análisis de Presupuestos parciales y de dominancia en quetzales por hectárea.

TRATAMIENTO	COSTO VARIABLE (Q/ha)	INGRESO BRUTO ( Q/ha)	BENEFICIO NETO (Q/ha)	Conclusión de la Observación de dominancia
Material Criollo V3	Q 207.00	Q 14,406.01	Q 14,199.01	No dominado
ICTA San Marceño Mejorado V1	Q 296.70	Q24,964.26	Q 24,667.56	No dominado
ICTA Compuesto Blanco V2	Q 327.75	Q 24,306.97	Q 23,979.22	Dominado

**Cuadro 37.** Cálculo de la tasa marginal de retorno para tratamientos no dominados.

TRATAMIENTO	COSTO VARIABLE	BENEFICIO NETO	CAMBIO EN CV	CAMBIO EN BN	TRM %
Material Criollo V3	Q 207.00	Q 14,199.01			
ICTA San Marceño Mejorado V1	Q 296.70	Q 24,667.56	Q 89.70	Q 10468.55	11670.62

Luego de realizar el análisis de presupuestos parciales y de domancia para los genotipos mejorados, se determinó que el tratamiento V1 es dominante con respecto al tratamiento V2, de la misma manera presentó una tasa marginal de retorno mayor, razones por las cuales se rechaza la hipótesis nula tres y se acepta la hipótesis alternativa del mismo numeral la cual dice: Al menos uno de los genotipos de maíz evaluados, manifestará diferencias significativas en cuanto a rentabilidad económica.

Estadísticamente el genotipo de maíz que presentó mejores características de rendimiento fue el ICTA compuesto Blanco con un rendimiento de 5.87 T.ha<sup>-1</sup>, sin embargo al realizar los respectivos análisis el genotipo más rentable y recomendable para el Municipio de San Mateo es el ICTA San Marceño Mejorado, este genotipo presenta menor rendimiento que el Compuesto Blanco con 5.67 T.ha<sup>-1</sup>, pero refleja un mayor porcentaje de rentabilidad económica como se muestra en el cuadro 38.

**Cuadro 38.** Correlación entre Rendimiento y el porcentaje de Rentabilidad.

Tratamiento	RendimientoT.ha <sup>-1</sup>	% de Rentabilidad
ICTA Compuesto Blanco	5.87	129.36
ICTA San Marceño Mejorado	5.67	136.25
Material Criollo	4.28	37.50

## VIII. CONCLUSIONES:

1. En el aspecto de adaptabilidad a las condiciones edáfico-ambientales del municipio de San Mateo, los dos genotipos mejorados ICTA San Marceño Mejorado e ICTA Compuesto Blanco presentaron las mejores características agronómicas y fenológicas comparadas con el genotipo nativo del municipio de San Mateo y de la misma manera superaron estadísticamente en rendimiento a éste en aproximadamente un 36%.
2. Al realizar el análisis de correlación se estableció que existió dentro de este experimento una alta correlación entre los componentes de rendimiento y el propio rendimiento del cultivo de maíz, con correlaciones mayores a 0.80 para las variables peso de granos, peso de mazorcas cosechadas, granos por hilera e hileras por mazorca.
3. Los tratamientos que presentaron mayor rentabilidad fueron el ICTA San Marceño Mejorado e ICTA Compuesto Blanco y al realizar el análisis de presupuestos parciales y de dominancia para ambos, se determinó que el tratamiento ICTA San Marceño Mejorado es el más rentable y recomendable para el agricultor del municipio de San Mateo, de la misma manera presentó una mayor tasa marginal de retorno.

## IX. RECOMENDACIONES:

1. Para las condiciones del Municipio de San Mateo, Departamento de Quetzaltenango el tratamiento que es económicamente más rentable y por lo tanto recomendable para los agricultores del área es el ICTA San Marceño Mejorado, con el cual pueden obtener rendimientos de  $5.67 \text{ T.ha}^{-1}$ , una rentabilidad óptima y características agronómicas sobresalientes que comparadas a la variedad criolla son dominantes.
2. Promover dentro de los agricultores del municipio las ventajas y beneficios del uso de materiales mejorados para la producción de maíz y de otros cultivos propios del lugar, con la finalidad de mejorar la calidad de vida económica y nutricional de sus familias.
3. Llevar a cabo la selección de semillas tomando en cuenta los componentes de rendimiento que están vinculados directamente a éste factor, ya que son características agronómicas esenciales para alcanzar rendimientos óptimos.
4. Divulgar la información generada y resultados obtenidos en esta investigación agrícola, con la finalidad de que esté disponible para el uso del agricultor y entidades relacionadas al agro de la zona en donde se desarrolló el estudio.

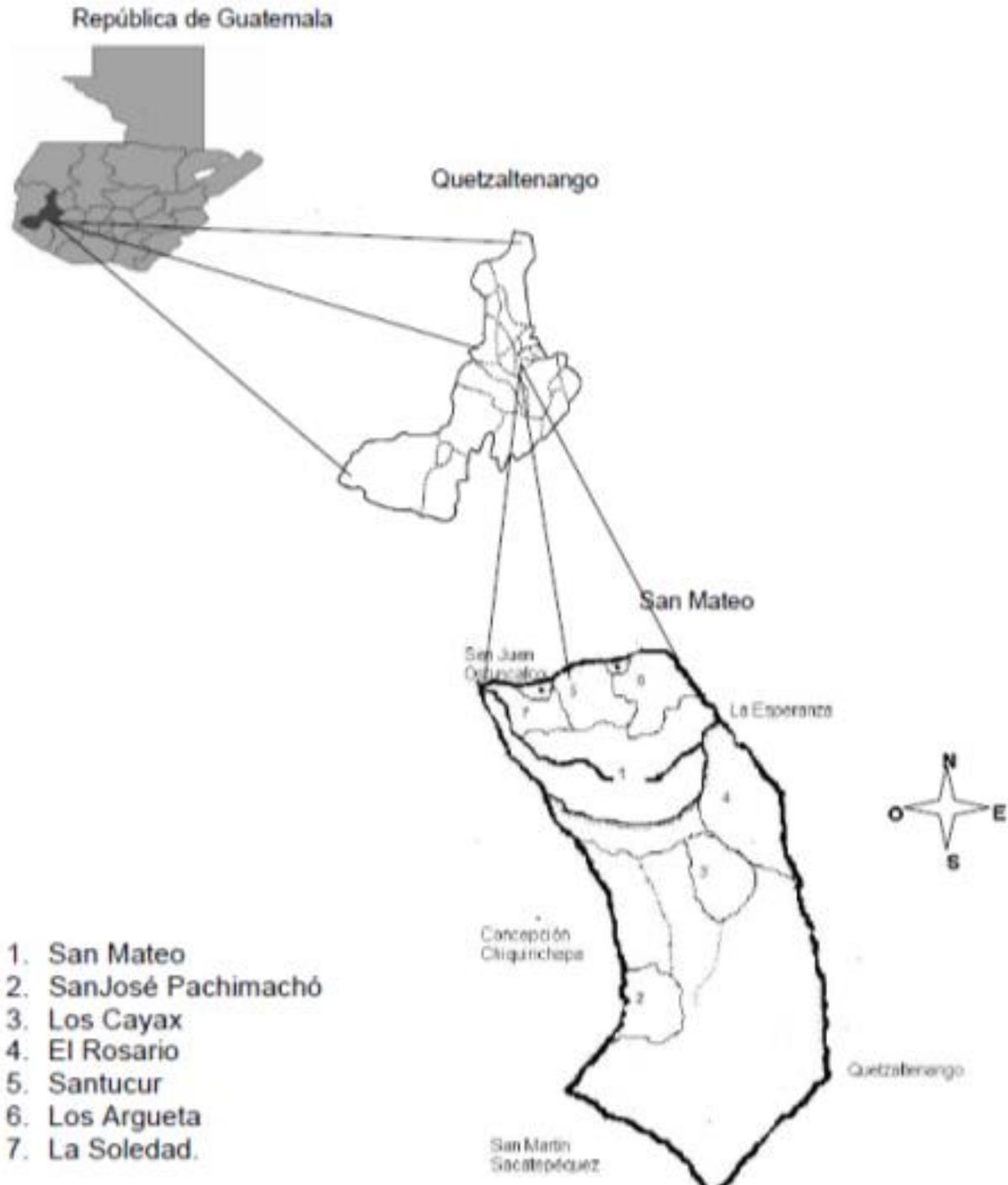
## X. BIBLIOGRAFIA:

- 1 APROFAM (Asociación Pro-bienestar de la Familia Guatemalteca, GT). 1995. Calendario demográfico. Guatemala. s.p.
- 2 BARRIENTOS G., M. 2008. Evaluación de 4 métodos para la determinación de tamaño y forma óptimos de unidad experimental, para la experimentación agrícola. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 74 p.
- 3 CARDONA, J. & FUENTES, M. 2004. Diagnóstico del Sector Semillerista de Guatemala. Ponencia presentada en 50° Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), San Salvador.
- 4 CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT) (1988). La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición Completamente Revisada. México, CIMMYT.
- 5 COCHRAN, W. G. Y COX, G. M. 1860. Diseños Experimentales. Traducido por el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio Posgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura. México, Editorial Trillas 1860. 661 p.
- 6 DARDÓN C. 1977. Características agronómicas evaluación del potencial de rendimiento de siete variedades de maíz (*Zea mays*.) en el departamento de Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 52 p.
- 7 DUVIC, D. N. 1996. Utilization of biotechnology in plant breeding for North America: a status report. *In*: Eiederdanz (ed.) perspektivennachwachsenderrohstoffe in der chemie. VCH.Weinheim, Germany. p. 3-9.
- 8 FIGUEROA C., J. D. 2001. Fortificación y evaluación de las tortillas de nixtamal. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 51(3): 293-301.
- 9 FLORES, M. 1959. El maíz en la dieta del indígena. Guatemala, INCAP. s.p.

- 10 FURST, P; NAHAMAD, S. s.f. Libro mitos y arte huicholes (en línea). México, SEP. Consultado 8 Mar. 2013. Disponible en: [www.qfb.umich.mx/origmaíz.htm](http://www.qfb.umich.mx/origmaíz.htm)
- 11 ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, GT) 1984. Maíces de Guatemala para el trópico. Guatemala. 24 p.
- 12 ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 1995. Programa de producción de maíz, informe anual. Guatemala. 5 p.
- 13 ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 2011. Manual Técnico Agrícola para la Producción Artesanal de Semilla de Maíz, Guatemala. 15 p.
- 14 INCAP. 1999. Seguridad Alimentaria y Nutricional en Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala.
- 15 LÓPEZ, M. 2002. El Cultivo de Maíz en Guatemala. Una guía para su manejo agronómico. Primera Edición. Guatemala ICTA. 45 p.
- 16 ORELLANA, A. Y DARDÓN, D. 2012. Aspectos generales y guía para el manejo agronómico del cultivo maíz en Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guatemala, Guatemala 66 p.
- 17 PROYECTO MAYA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. 2010. Informe anual. Santa Cruz del Quiché, Guatemala. 25 p.
- 18 SANTIZO, M, Et. 1998. El maíz en el siglo XXI; Nuevas tendencias en la biotecnología de la industria alimentaria y sus efectos en la sociedad y el medio ambiente. Guatemala, Magna Terra Editores. pp. 33-47.
- 19 SIMMONS, C; TARANO, J.M; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
- 20 SITÚN A., M. 2005. Investigación agrícola: guía de estudio. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, Editorial ENCA. 137 p.

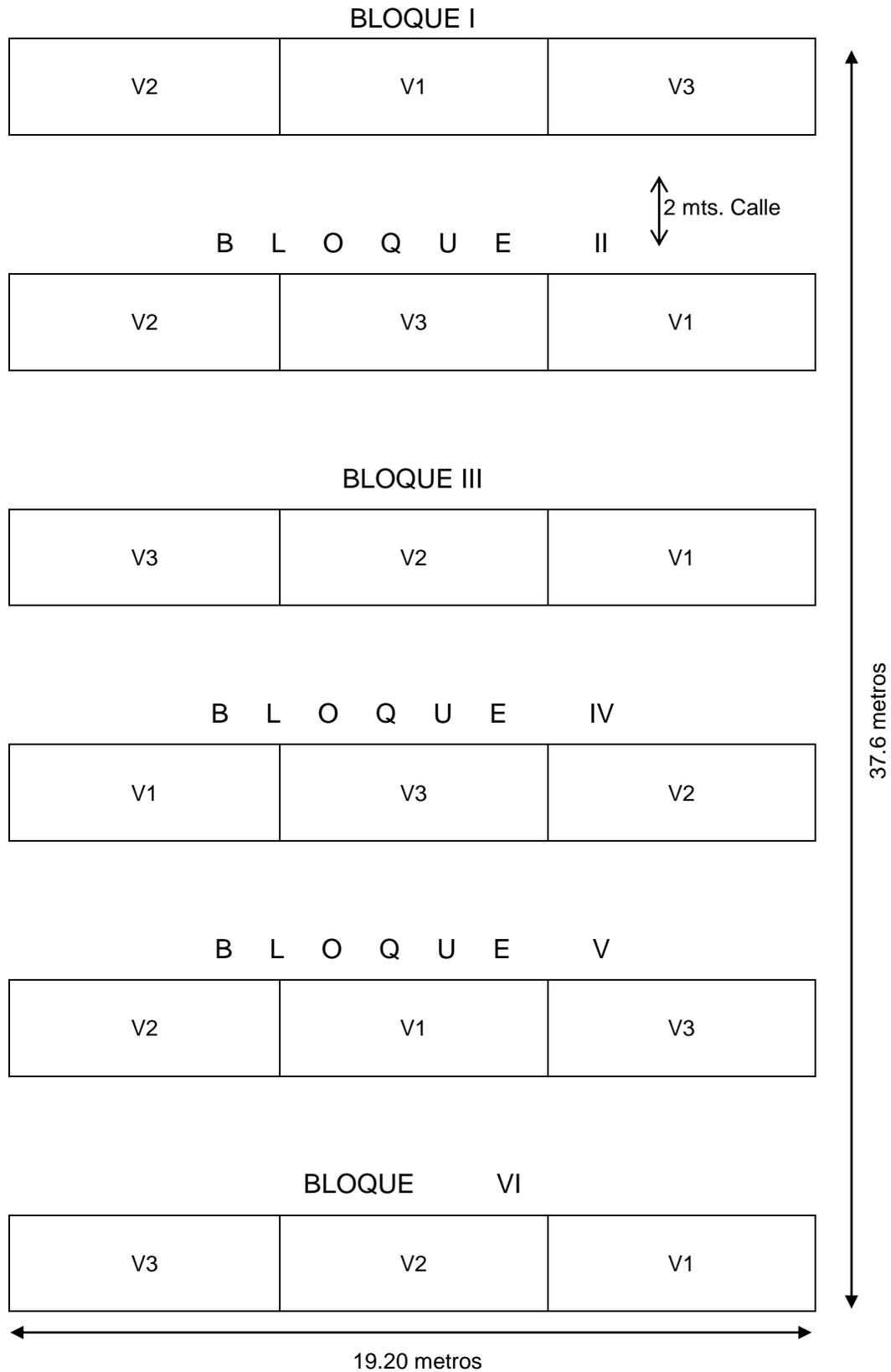
## XI. ANEXOS:

### 11.1 ANEXO 1: UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN MATEO.

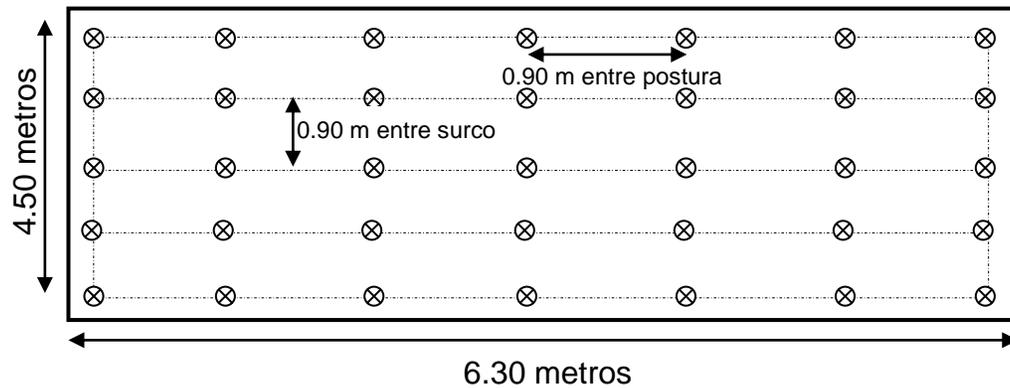


Fuente. Diagnóstico Socioeconómico, Potencialidades Productivas y Propuestas de Inversión. San Mateo - Volumen 1. Facultad De Ciencias Económicas, Ejercicio Profesional Supervisado, Universidad De San Carlos De Guatemala, 2008.

**11.2 Anexo 2: CROQUIS DEL EXPERIMENTO EN CAMPO.**



### 11.3 Anexo 3: DIMENSIONES DE CADA UNA DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.



Dimensiones Parcela Bruta: 6.30 x 4.50 metros.

Área Parcela Bruta: 28.35 m<sup>2</sup>

Dimensiones Parcela Neta: 4.50 x 2.70 metros.

Área Parcela Neta: 12.15 m<sup>2</sup>

Surcos dentro de la Parcela Neta: 3 surcos, con 0.90 metros de distancia entre ellos.

Posturas por surco: 5 posturas, distanciadas por 0.90 metros entre cada una de ellas.

Total de posturas dentro de la Parcela Neta: 15 plantas.

**11.4 Anexo 4: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.**

ACTIVIDAD	DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN MESES Y SEMANAS																																
	Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Enero		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Preparación del Anteproyecto de Investigación	■	■	■																														
Preparación del Terreno				■	■																												
Siembra					■	■																											
Control del Malezas							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
Fertilización							■				■																						
Control de Plagas							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
Cosecha																									■	■	■						
Toma de Datos																												■	■	■			
Tabulación de datos y Análisis de Información																													■	■			
Preparación y entrega del informe final																														■	■		

**11.5 Anexo 5: COSTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ POR HECTÁREA EN CONDICIONES DEL MUNICIPIO DE SAN MATEO, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.**

COSTOS DIRECTOS	Tratamiento V1		Tratamiento V2		Tratamiento V3	
	ICTA San Marceño Mejorado		ICTA Compuesto Blanco		Material Criollo o Tradicional	
Mano de Obra:						
Preparación del suelo	Q	1,500.00	Q	1,500.00	Q	1,500.00
Siembra	Q	1,125.00	Q	1,125.00	Q	1,125.00
Resiembra	Q	300.00	Q	300.00	Q	300.00
1a. Limpia y fertilización química	Q	1,200.00	Q	1,200.00	Q	1,200.00
2a. Limpia ,fertilización química y Aporque	Q	1,200.00	Q	1,200.00	Q	1,200.00
Cosecha	Q	420.00	Q	420.00	Q	420.00
Desgrane	Q	350.00	Q	350.00	Q	350.00
Insumos Agrícolas:						
Semilla	Q	296.70	Q	327.75	Q	207.00
Fertilizante químico 20-20-0	Q	1,725.00	Q	1,725.00	Q	1,725.00
Transporte	Q	150.00	Q	150.00	Q	150.00
<b>Total Costos Directos</b>	Q	8,266.70	Q	8,297.75	Q	8,177.00
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Arrendamiento de terreno	Q	2,300.00	Q	2,300.00	Q	2,300.00
<b>Total Costos Indirectos</b>	Q	2,300.00	Q	2,300.00	Q	2,300.00
<b>Costo Total</b>	Q	10,566.70	Q	10,597.75	Q	10,477.00
<b>Ingreso Bruto</b>	Q	24,964.26	Q	24,306.97	Q	14,406.01
<b>Ingreso Neto</b>	Q	14,397.56	Q	13,709.22	Q	3,929.01
<b>Rentabilidad %</b>		136.25		129.36		37.50

**11.6 Anexo 6: CÁLCULO DE LOS COSTOS DE MANO DE OBRA E INSUMOS POR HECTÁREA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>NUMERO DE JORNAL</b>	<b>COSTO /JORNAL</b>	<b>TOTAL</b>
Preparación del Suelo	20	75	1500
Siembra	15	75	1125
Resiembra	5	60	300
Primera Limpia y fertilización química	20	60	1200
Segunda Limpia ,fertilización química y Aporque	20	60	1200
Cosecha	7	60	420
Desgrane	7	50	350

<b>INSUMOS</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo por Unidad</b>	<b>TOTAL</b>
Semilla V1	69 libras	4.30	296.70
Semilla V2	69 libras	4.75	327.75
Semilla V3	69 libras	3	207.00
Fertilizante Químico 20-20-0	6.90 qq	250	1725.00
Transporte Insumos	3 fletes	50	150.00