

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE SIETE HÍBRIDOS SUPERIORES DE GRANO BLANCO DE MAÍZ (*Zea Mays* L.) CON ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA MÁS ZINC Y RESISTENCIA AL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO (CMA) Y TRES HÍBRIDOS COMERCIALES; DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL, PROGRAMA DE MAÍZ EN INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS - ICTA-; Y SERVICIOS REALIZADOS EN LAS COMUNIDADES EL DURAZNO, EL NARANJO Y GUAJACA, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ.

JHON JORSEP CHRISTOPHER IXMALEJ TISTA

SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ, OCTUBRE 2024

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN PROGRAMA DE MAÍZ, CENTRO
DE PRODUCCIÓN DEL NORTE -CEPNOR- DE INSTITUTO DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS -ICTA-, SAN JERÓNIMO.**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

POR

JHON JORSEP CHRISTOPHER IXMALEJ TISTA

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ, OCTUBRE 2024

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE

Lic. Orcelio Hernández García

SECRETARIO INTERINO

Lic. Wagner Heber Galiego Rodriguez

REPRESENTANTE PROFESIONAL

Dr. Carlos Augusto Vargas Gálvez

REPRESENTANTE DOCENTE

Dra. María Eunice Enriquez Cotón

Lic. José Alfredo Aguilar Orellana

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

Sr. Elvis Enrique Ramírez Mérida

Sr. Julio Amando Saavedra González

DIRECTOR CUNBAV

Lic. Orcelio Hernández García

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Benjamín Ascencio Veliz

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián

COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

COORDINADOR

Ing. Agr. Ferdy Haroldo Milián

SECRETARIO

Ing. Agr. Lester Enrique Ivo Garrido Archila

VOCAL I

Ing. Agr. Jorge Vinicio Tziboy García

ASESOR

Ing. Agr. Orlando Flores López

SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ, OCTUBRE 2024

San Miguel Chicaj B.V. octubre de 2024

Honorable Consejo Directivo CUNBAV

Honorable Tribunal Examinador

Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE SIETE HÍBRIDOS SUPERIORES DE GRANO BLANCO DE MAÍZ (Zea Mays L.) CON ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA MÁS ZINC Y RESISTENCIA AL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO (CMA) Y TRES HÍBRIDOS COMERCIALES; DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL, PROGRAMA DE MAÍZ EN INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS -ICTA-; Y SERVICIOS REALIZADOS EN LAS COMUNIDADES EL DURAZNO, EL NARANJO Y GUAJACA, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ. ”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

JHON JORSEP CHRISTOPHER IXMALEJ TISTA

201742686

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por brindarme salud en todo el proceso de mi formación, por ser la fuente proveedor de sabiduría. Por las bendiciones que derrama sobre mí y mi familia.

MI

A pesar de las dificultades que pasé al iniciar los estudios hoy me siento orgulloso del logro que he alcanzado. No fue fácil, pero tampoco imposible.

MI MADRE

Deyci Tista, quien ha sido para mí el motor en mis días difíciles y por ella es que he llegado hasta este momento. Por siempre darme palabras de aliento y hacerme saber siempre que soy su orgullo.

MI PADRE

Wilfredo Ixmalej, quien me ha brindado buenos consejos, apoyo moral y económico incondicionalmente. Gracias por el sacrificio y siempre apoyarme hasta en este momento.

MIS ABUELOS

Por preocuparse y siempre brindarme apoyo espiritual. Este logro también es suyo.

MIS HERMANOS

Bryan y Collin, por siempre motivarme y hacer que vea las cosas desde una perspectiva diferente.

AGRADECIMIENTOS

A:

Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV), por haberme permitido recorrer sus aulas y a los docentes que brindaron los conocimientos necesarios para mi formación.

Ing. Agr. Orlando Flores López por el apoyo incondicional, la paciencia con la que me ha guiado y la motivación para seguir adelante en cada proceso. Es una persona influyente en mi formación profesional y una persona que estimo. Dios lo bendiga siempre.

Tec. Univ. Marcelino Chub Choc por brindarme el espacio en el programa de maíz para realizar mis prácticas profesionales y por haberme compartido conocimientos sin esperar nada a cambio; por ser un amigo y apoyarme en el proceso de la investigación. De tu persona aprendí a hacer las cosas por vocación.

Ing. Agr. Fredy Milian por brindarme conocimientos y la asesoría durante el proceso de EPS.

Madeline Sis por las palabras de motivación cuando sentía que no podía con los procesos, confiar en mis habilidades, y recordarme que tengo capacidad para hacer las cosas que me propongo.

Mis Amigos por siempre motivarnos en los momentos difíciles y no desistir.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas por brindarme espacio en tan prestigiosa institución y ser parte esencial en mi formación profesional. Al personal de campo por proporcionarme su amistad y experiencia en el manejo de los cultivos. De manera especial a Ing. Agr. Nery Barrios, por haberme dado de su tiempo y apoyarme en la parte estadística.

Misión Técnica de Taiwán al equipo de trabajo, Ing. Agr. Pedro Soto, Inga. Dafne Tuche, Lic. Pedro Velásquez, Ing. Agr. Ti Lee y Josué Huertas, quienes me brindaron su apoyo; por expresarse y felicitarme por llegar a culminar el proceso de mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
RESUMEN.....	IX
CAPÍTULO I:	
DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL EN INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS -ICTA-, PROGRAMA DE MAÍZ, SAN JERÓNIMO BAJA VERAPAZ, GUATEMALA	
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. General.....	5
1.3.2. Específicos	5
1.4. MARCO REFERENCIAL	7
1.4.1. Ubicación geográfica del municipio de San Jerónimo B.V.	7
1.4.2. Clima	8
1.4.3. Centro de Producción del Norte, San Jerónimo.	8
1.4.4. Estructura general organización del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.....	11
1.4.5. Diagrama de flujo en la secuencia operativa del sistema tecnológico agrícola.....	13
1.4.6. Procesos productivos de la Institución.....	13
1.4.7. Población actual del CEPNOR, San Jerónimo.	14
1.4.8. Servicio de agua para el personal.....	15
1.4.9. Servicio de agua para riego	15
1.4.10. Servicio de energía eléctrica.....	15
1.4.11. Servicio de Internet	15
1.4.12. Infraestructura del CEPNOR San Jerónimo	16
1.4.13. Maquinaria agrícola.....	16
1.4.14. Descripción de las actividades productivas	17
1.5. METODOLOGÍA	19
1.5.1. Diagnóstico Institucional.....	19

1.5.2.	Observación participativa.....	20
1.5.3.	Entrevista semiestructurada.....	21
1.5.4.	Encuesta	21
1.6.	RESULTADOS.....	21
1.6.1.	Población Objetiva	21
1.6.2.	Antecedentes CEPNOR San Jerónimo, Baja Verapaz	22
1.6.3.	Rol que desempeña el Centro de Producción del Norte, San Jerónimo..	24
1.6.4.	Cultivos que manejan los programas en CEPNOR San Jerónimo.....	24
1.6.5.	Énfasis del Programa de Investigación en el Cultivo de Maíz.....	25
1.6.6.	Líneas de Investigación	25
1.6.7.	Actividades que tiene en desarrollo actualmente el Programa de Maíz en CEPNOR, ICTA, San Jerónimo	26
1.6.8.	Materiales liberados hasta la fecha.	26
1.6.9.	Fuente económica para la ejecución de los proyectos de investigación..	27
1.6.10.	Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agrícola -CRIA- .	27
1.6.11.	Uso potencial del área de producción de la finca CEPNOR San Jerónimo.....	27
1.6.12.	Proyecto de Fortalecimiento de Resiliencia de la Producción de Maíz en Guatemala.....	30
1.6.13.	Sistema de Riego.....	31
1.6.14.	Entrevistas al equipo profesional, técnico y de campo en CEPNOR San Jerónimo.....	32
1.7.	CONCLUSIONES	37
1.8.	RECOMENDACIONES.....	38
1.9.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
1.10.	ANEXOS	40

CAPITULO II:

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE SIETE HÍBRIDOS SUPERIORES DE GRANO BLANCO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA MÁS ZINC Y RESISTENCIA AL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO (CMA) Y TRES HÍBRIDOS COMERCIALES, EN CENTRO DE PRODUCCIÓN DEL NORTE DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

2.1.	INTRODUCCIÓN	47
2.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	51
2.3.	JUSTIFICACIÓN	53
2.4.	MARCO TEÓRICO	55
2.4.1.	Producción mundial de maíz	55
2.4.2.	Situación de la producción de maíz en Guatemala	56
2.4.3.	¿Qué es un Híbrido de Maíz?	59
2.4.4.	Tipos de híbridos de maíz	61
2.4.5.	Híbridos de maíz generados por el ICTA	61
2.4.6.	Clasificación Botánica del Maíz	62
2.4.7.	Problemática del cultivo de maíz	62
2.4.8.	Principales Enfermedades en el Trópico de Guatemala	65
2.5.	MARCO REFERENCIAL	71
2.5.1.	Ubicación del municipio de San Jerónimo B.V.	71
2.5.2.	Ubicación del Centro de Producción del Norte, CEPNOR -ICTA-	71
2.6.	OBJETIVOS	73
2.6.1.	General	73
2.6.2.	Específico	73
2.7.	HIPÓTESIS	73
2.8.	METODOLOGÍA	75
2.8.1.	Métodos de Fitomejoramiento Utilizados por el Programa de Maíz	75
2.8.2.	Metodología del experimento	75
2.9.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	84
2.9.	RESULTADOS	85
2.9.1.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EVALUADAS	85
2.9.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO	90
2.10.	CONCLUSIONES	93
2.11.	RECOMENDACIONES	95
2.12.	BIBLIOGRAFÍA	97
2.13.	ANEXOS	101

CAPITULO III:

SERVICIOS REALIZADOS EN ALDEAS INFANTILES SOS, EN LAS COMUNIDADES EL DURAZNO, EL NARANJO Y GUAJACA, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

3.1. INTRODUCCIÓN	123
3.2. Objetivo General	124
3.2.1. Específicos	124
3.3. Servicio 1: Abono Orgánico para Huerto Familiar, Elaboración de Bocashi.	124
3.3.1. Presentación	124
3.3.2. Objetivos	125
3.3.3. Metas.....	125
3.3.4. Metodología.....	125
3.3.5. Materiales y equipo	126
3.3.6. Resultados	127
3.3.7. Apéndices.....	128
3.4. Servicio 2: Elaboración de Insecticidas Orgánicas para Uso en Huertos Familiares.	131
3.4.1. Presentación	131
3.4.2. Objetivos	131
3.4.3. Meta.....	131
3.4.4. Metodología.....	132
3.4.5. Materiales y Equipo.....	132
3.4.6. Resultados	133
3.4.7. Apéndices.....	133
3.5. Servicio 3: Capacitación: Manejo Agronómico en la Producción de Maíz	137
3.5.1. Presentación:	137
3.5.2. Objetivos	137
3.5.3. Metas.....	137
3.5.4. Metodología.....	137
3.5.5. Materiales y equipo	138
3.5.6. Resultados	138
3.5.7. Apéndices.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.	8
Figura 2. Delimitación del Centro de Producción del Norte, San Jerónimo.....	10
Figura 3. Organigrama de Estructura Organizacional ICTA.....	11
Figura 4. Organigrama de Estructura Organizacional CEPNOR	12
Figura 5. Diagrama de flujo del sistema tecnológico agrícola.....	13
Figura 6. Distribución de Centros de Investigación en el país	23
Figura 7. Mapa de Uso Potencial CEPNOR.....	28
Figura 8. Mapa de Uso Actual 2023 CEPNOR.....	29
Figura 9. "A" Reunión con profesionales de ICTA, San Jerónimo	40
Figura 10. "A" Entrevista dirigida al director regional de CEPNOR, ICTA	40
Figura 11. "A" Entrevista al auxiliar del programa de maíz	40
Figura 12. "A" Nuevo patio de secado	41
Figura 13. "A" Maquinaria agrícola e implementos de ICTA, San Jerónimo	41
Figura 14. "A" Distribución del agua riego por gravedad	42
Figura 15. "A" Sistema de riego por goteo	42
Figura 16. "A" Daños causados por falta de supervisión riego por gravedad.....	43
Figura 17. "A" Ploteo de coordenadas para determinar el área del CEPNOR	43
Figura 18. Producción en millones de toneladas de los principales productores de maíz del mundo para el año 2022.....	55
Figura 19. Distribución de la producción del maíz en el país a nivel departamental para el año 2020	57
Figura 20. Mapa de la superficie cultivada con granos básicos de maíz y frijol a nivel departamental en la República de Guatemala, año 2020	58
Figura 21. Progenitor hembra y Progenitor macho, proceso de polinización para la producción de semilla híbrida	59
Figura 22. Daños ocasionados por el Complejo Mancha de Asfalto en el maíz.	66
Figura 23. Adulto del vector <i>Dalbulus maidis</i>	68
Figura 24. Daño en hojas causados por <i>Curvularia spp.</i> , en el maíz.	69
Figura 25. Centro de Producción del Norte, San Jerónimo, B.V.	72
Figura 26. Área de Investigación, Programa de Maíz.	72
Figura 27. Croquis y área de cada unidad experimental	78
Figura 28. Escala de calificación de las enfermedades foliares	79
Figura 29. Escala de calificación de la cobertura de la mazorca	83
Figura 30. Escala de calificación de las pudriciones de mazorca.....	84
Figura 31. Análisis de los componentes principales.	90
Figura 32. "A" Mecanización de área experimental	101
Figura 33. "A" Instalación del sistema de riego	101
Figura 34. "A" Trazado de las unidades experimentales.....	102
Figura 35. "A" Siembra de los materiales de maíz	102

Figura 36.	“A” Muestreo de suelos dentro del área del experimento antes de la primera fertilización	103
Figura 37.	“A” Aplicación de 15-15-15.....	103
Figura 38.	“A” Limpieza de maleza de forma manual a los 15 días después de siembra.....	104
Figura 39.	“A” Cultivo de maíz a los 25 días después de siembra	104
Figura 40.	“A” Aplicación de insecticida	105
Figura 41.	“A” Raleo de plantas para dejar con un total de dos plantas por postura	105
Figura 42.	“A” Estado del cultivo a los 40 días después de siembra	106
Figura 43.	“A” Aplicación de herbicida.....	106
Figura 44.	“A” Aplicación de Urea	107
Figura 45.	“A” Floración a los 65 días después de siembra	107
Figura 46.	“A” Visita de asesor Ing. Agr. Orlando Flores López.....	107
Figura 47.	“A” Presencia de la enfermedad Complejo Mancha de Asfalto	108
Figura 48.	“A” Capacitación por parte de Ing. Agr. Héctor Martínez director de Granos Básicos 2023 para la toma de severidad de la enfermedad CMA.....	109
Figura 49.	“A” Mala cobertura (punta descubierta) en algunos materiales.....	109
Figura 50.	“A” Estado vegetativo de la parcela 101	110
Figura 51.	“A” Estado vegetativo de la parcela 102	110
Figura 52.	“A” Estado vegetativo de la parcela 103	110
Figura 53.	“A” Estado vegetativo de la parcela 104	111
Figura 54.	“A” Estado vegetativo de la parcela 105	111
Figura 55.	“A” Estado vegetativo de la parcela 106	111
Figura 56.	“A” Estado vegetativo de la parcela 107	112
Figura 57.	“A” Estado vegetativo de la parcela 108	112
Figura 58.	“A” Estado vegetativo de la parcela 109	112
Figura 59.	“A” Estado vegetativo de la parcela 110	113
Figura 60.	“A” Ponderación de daño a cada parcela utilizando la escala de severidad de CIMMYT	113
Figura 61.	“A” Doble de los tratamientos.....	114
Figura 62.	“A” Inicio de cosecha de los tratamientos	114
Figura 63.	“A” Toma de peso en campo de cada uno de los tratamientos	115
Figura 64.	“A” Clasificación por tamaño y sanidad de las mazorcas por tratamiento	115
Figura 65.	“A” Toma de porcentaje de humedad del grano de cada tratamiento	116
Figura 66.	“A” Resultados del análisis de suelo obtenido	118
Figura 67.	“A” Área para preparación de Bocashi	128
Figura 68.	“A” Capas de los materiales previo a mezclarlo.	128
Figura 69.	“A” Mezcla final de todos los insumos	129
Figura 70.	“A” Producto final, abono listo para ser utilizado	129
Figura 71.	“A” Aplicación del abono en huertos	130

Figura 72.	"A" Materiales para la elaboración de los productos orgánicos.....	133
Figura 73.	"A" Proceso de trituración de los materiales sólidos.....	134
Figura 74.	"A" Preparación de fungicida a base de semilla de aguacate	135
Figura 75.	"A" Preparación de insecticida a base de ajo y ají.....	135
Figura 76.	"A" Producto obtenido después de 10 días de reposo	136
Figura 77.	"A" Llegada al área de producción	139
Figura 78.	"A" Palabras de inicio por Tec. Univ. Marcelino Chub	139
Figura 79.	"A" Intervención al grupo de agricultoras	140
Figura 80.	"A" Tiempo de refacción	140

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1.	Cultivo a mejorar 32
Cuadro 2.	Etapas a mejorar 33
Cuadro 3.	Características con deficiencia 34
Cuadro 4.	Aspecto a optimizar 35
Cuadro 5.	Factor o aspecto importante..... 36
Cuadro 6.	Tipos de híbridos de maíz y sus características generales 61
Cuadro 7.	Características de los tres principales híbridos para la región del Trópico Bajo. 61
Cuadro 8.	Clasificación Taxonómica del Maíz..... 62
Cuadro 9.	Clasificación taxonómica de los hongos del Complejo Mancha de Asfalto..... 66
Cuadro 10.	Datos de los tratamientos 76
Cuadro 11.	Distribución de los tratamientos..... 77
Cuadro 12.	Cronograma de actividades establecidos durante la investigación..... 84
Cuadro 13.	Pruebas de hipótesis de la evaluación de híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc 85
Cuadro 14.	Resultados de la evaluación de híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc. 86
Cuadro 15.	Agrupación de contrastes. 86
Cuadro 16.	Resultado de contrastes ortogonales. 87
Cuadro 17.	Resultado de análisis de Resistencia al Complejo Mancha de Asfalto. 87
Cuadro 18.	Resultado de análisis de la variable % de mazorcas podridas. 88
Cuadro 19.	Prueba de Friedman 88
Cuadro 20.	Resultado análisis no paramétrico para la variable % cobertura de mazorca. 89
Cuadro 21.	Análisis de inversión de costo por tratamiento evaluado 91
Cuadro 22.	"A" Análisis de laboratorio de cada tratamiento realizado por ICTA.... 117
Cuadro 23.	"A" Tabla de toma de datos..... 119

RESUMEN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC , se realizó el diagnóstico institucional en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, en el que se recolectó información importante y se logró conocer componentes del proceso de producción para la generación de tecnología agrícola; así como la priorización y jerarquización de la problemática. De acuerdo al diagnóstico realizado en el programa de maíz existen temas importantes como la infraestructura para investigación agrícola, cultivos con rendimientos bajos y susceptibilidad a enfermedades.

Fue así como, se procedió a realizar la investigación, en la cual se evaluó el potencial de rendimiento de 7 híbridos superiores de grano blanco de maíz con alta calidad de proteína más zinc, resistencia al complejo mancha de asfalto, en las condiciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, el manejo del experimento se realizó en el área del programa de maíz con las recomendaciones técnicas de -ICTA-. Con los resultados se logró determinar que el material ICTA HBQZN-07 presentó mejor rendimiento (6679 kg/ha), mayor resistencia al complejo mancha de asfalto obteniendo un valor de 2 en la escala de CIMMYT; estando por debajo del material testigo ICTA HB-17 con un rendimiento de 6711.61 kg/ha, con un valor de 4 en la escala de CIMMYT. Haciendo que el nuevo material Híbrido superior sea favorable ya que cuenta con una mejora en la calidad nutricional.

Como parte del programa del -EPS- se realizaron servicios técnicos agrícolas en las comunidades El Durazno, El Naranjo y Guajaca del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. Estos servicios consistieron básicamente en la elaboración de abono orgánico Bocashi. Así como también en la elaboración de insecticidas orgánicos. Complementariamente a los servicios se realizaron capacitaciones sobre el manejo agronómico del cultivo de maíz.

X

Para concluir, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, es la institución de derecho público responsable de generar y promover el uso de la ciencia y tecnología en el sector agrícola de Guatemala.



CAPÍTULO I:

**DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL EN INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGRÍCOLAS -ICTA-, PROGRAMA DE MAÍZ, SAN JERÓNIMO BAJA VERAPAZ,
GUATEMALA**

1.1. INTRODUCCIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV), de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), se desarrolló un Diagnóstico institucional; con el objetivo de conocer la situación actual del Centro de Producción del Norte -CEPNOR-, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, dentro del Programa de Maíz, San Jerónimo B.V.

En esta etapa se hizo la aplicación de diferentes herramientas de recolección de datos para la identificación de la problemática en cada una de las actividades que conforman los procesos de producción para la generación de tecnología; así como la priorización y jerarquización de la problemática actual del CEPNOR y del Programa de Maíz.

El diagnostico institucional es importante para la toma de decisiones y la base para la formulación de soluciones a los problemas que se enfrentan, para ello se realizaron distintas actividades que van desde el reconocimiento del área con recorridos guiados, la recolección de datos por medio de entrevistas dirigidas al personal administrativo, personal técnico científico y personal de campo. Posteriormente se realizó el trabajo de gabinete para digitalizar y analizar la información recabada.

ICTA al estar situado en una zona climática tropical, como también el acceso al canal principal de distribución de agua, favorece la producción y el desarrollo de diversidad de cultivos como lo es frijol, sorgo, hortalizas y maíz.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para el planteamiento de las posibles soluciones a la problemática actual que enfrenta Centro de Producción del Norte CEPNOR, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, es importante reconocer la realidad, por tanto, es necesaria la observación de los fenómenos y el discernimiento del entorno.

Se considera como problemática la falta de información real que se obtiene por medio de la aplicación de técnicas de recolección de datos, que, de tal forma, tanto la investigación como las soluciones propuestas sean un efecto que interese a los beneficiarios de forma positiva. Para ello se debe realizar la recolección de información de forma directa, metódica y estratégica. De tal manera, que los resultados obtenidos sean un acercamiento a la realidad y permitan la proyección de mejores propuestas encaminadas a mejorar cada uno de los procesos de producción, investigación y validación de nuevas tecnologías.

El objetivo principal es reconocer los problemas actuales del programa para poder buscar soluciones prontas y eficientes, con la recolección de la información redactar un documento donde se plasmen los resultados para que exista información verídica que pueda ser base fundamental para la toma de decisiones, con el fin de contribuir al mejoramiento de la calidad de producción y generación de tecnología.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Conocer la problemática actual del Centro de Producción del Norte, ICTA San Jerónimo; por medio de la metodología de diagnóstico institucional, para determinar las causas y efectos de los problemas.

1.3.2. Específicos

1. Desarrollar un diagnóstico participativo en el CEPNOR, ICTA, Programa de Maíz, San Jerónimo B.V.
2. Observar los procesos agronómicos aplicados en el Programa de Maíz
3. Jerarquizar prioritariamente la problemática encontrada en el Programa de Maíz.
4. Identificar la problemática actual en las diferentes actividades desarrolladas y las posibles soluciones en el Programa de Maíz.

1.4. MARCO REFERENCIAL

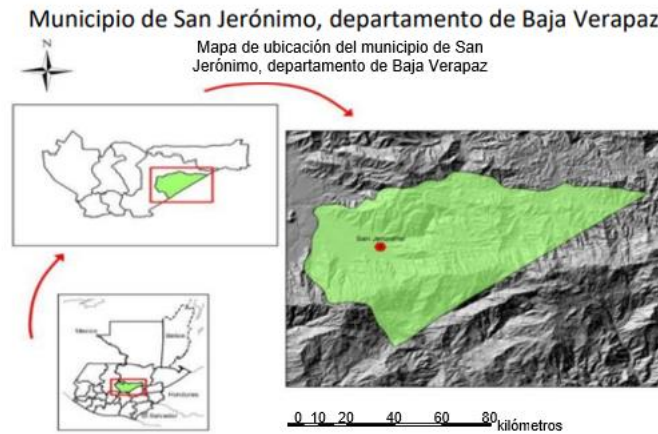
1.4.1. Ubicación geográfica del municipio de San Jerónimo B.V.

Está situado sobre la Ruta Nacional No. 17, a 10 kilómetros de la cabecera departamental y a 150 kilómetros de la ciudad capital, ambos tramos con carretera asfaltada. Se encuentra situado al oriente del departamento de Baja Verapaz, a Latitud Norte de 15° 03' 46" y Longitud Oeste de 90° 14' 21" y a 999.42 metros sobre el nivel del mar (msnm). Cuenta con una extensión territorial de 646 kilómetros cuadrados, y de una topografía quebrada y montañosa; la cabecera municipal se encuentra asentada en un valle.

El municipio colinda al norte y oeste con el municipio de Salamá, al sur y este con el municipio de Morazán, departamento de El Progreso (Consejo Municipal de Desarrollo y secretaria de Planificación y Programación 2011).

INE, citado por Consejo Municipal de Desarrollo y Secretaria de Planificación y Programación (2011), San Jerónimo está conformada por 18 aldeas, 21 caseríos dando un total de 39 lugares poblados; sin embargo, según fuentes de la Dirección Municipal de Planificación -DMP- el municipio se encuentra distribuido en 17 aldeas, 22 caseríos y las dos secciones del área urbana (Barrio Abajo, Barrio Arriba) con un total de 40 lugares poblados de los cuales se agrupados en 6 micro-regiones que contribuye en la facilidad de participación de todos los niveles.

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.



Fuente: PDM San Jerónimo 2011.

1.4.2. Clima

INSIVUMEH, citado por Barrios (2023), CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz, se encuentra a una altitud de 980 msnm, cuenta con coordenadas 15° 3'34.84"N Latitud y 90°15'15.73"O Longitud, tiene una precipitación pluvial de 900-1400 milímetros anuales, la temperatura promedio es de 24 centígrados con una mínima de 17 centígrados y una máxima 31 centígrados, humedad relativa en rangos 75 a 91%.

1.4.3. Centro de Producción del Norte, San Jerónimo.

Misión

Somos una institución de derecho público que tiene como fin primordial generar y promover el uso de la ciencia y tecnología agrícolas, que incidan en el desarrollo rural agrícola.

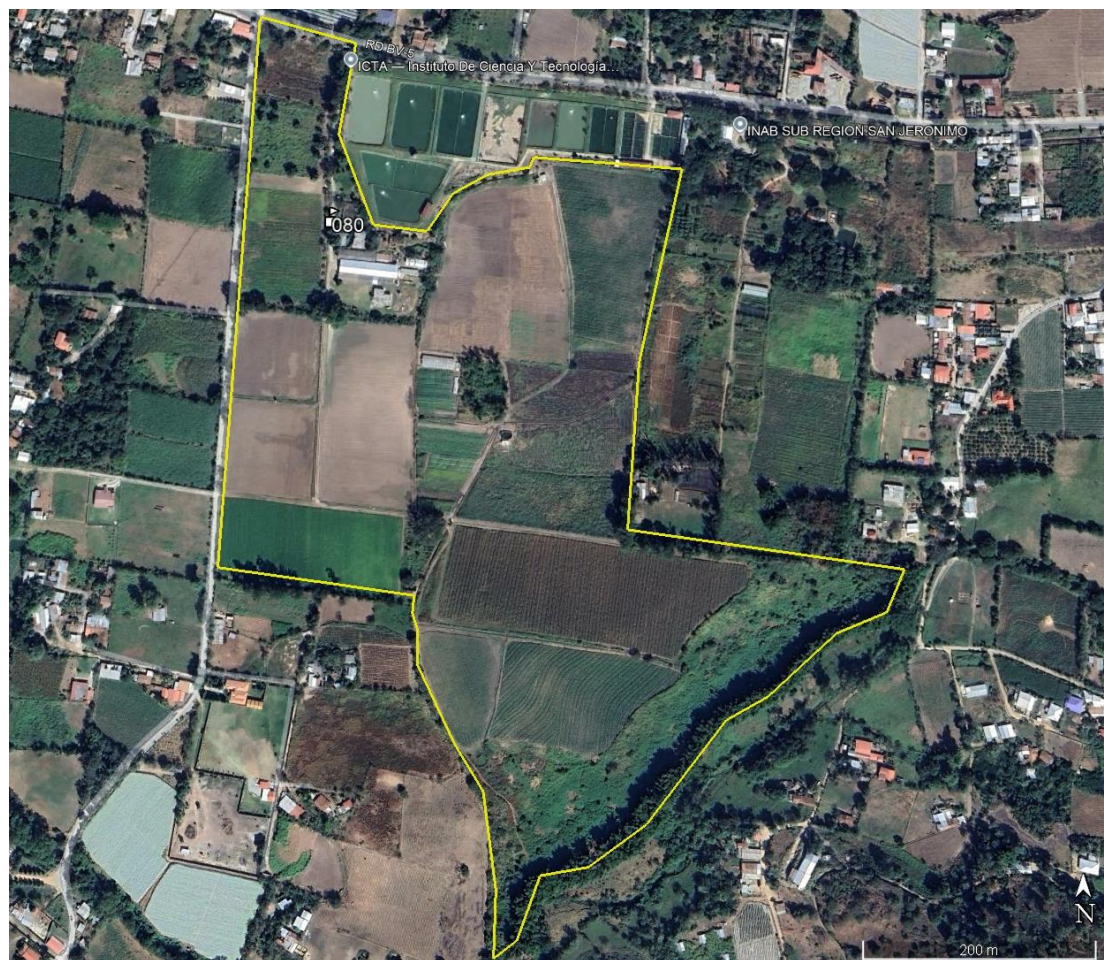
Visión

Ser la institución que, mediante la generación y promoción de tecnología, contribuya al desarrollo agrícola nacional.

El Centro de Producción del Norte en San Jerónimo se fundamenta en los valores de la ética, el compromiso, la mística de trabajo, honestidad,

responsabilidad y trabajo en equipo, es por ello que trabaja con empeño y responsabilidad en el cumplimiento de la misión institucional, desempeña las labores apegadas al método científico, la solución de la problemática agrícola y respeto a las necesidades del agricultor, trabaja con dedicación y entrega que va más allá del cumplimiento de funciones porque se realiza con pertinencia y diligencia, trabaja con veracidad para fomentar la credibilidad en la población guatemalteca, cumple con las obligaciones y responde a los objetivos institucionales, labora en equipo inter y multidisciplinario para atender las demandas de la sociedad, a través de la generación de conocimientos de tecnologías agrícolas. Cuya función es generar y promover el uso de la ciencia y tecnología en el sector agrícola. En consecuencia, le corresponde conducir investigaciones tendientes a la solución de los problemas de explotación racional agrícola, que incidan en el bienestar social, producir materiales y métodos (<https://www.icta.gob.gt/> 2023).

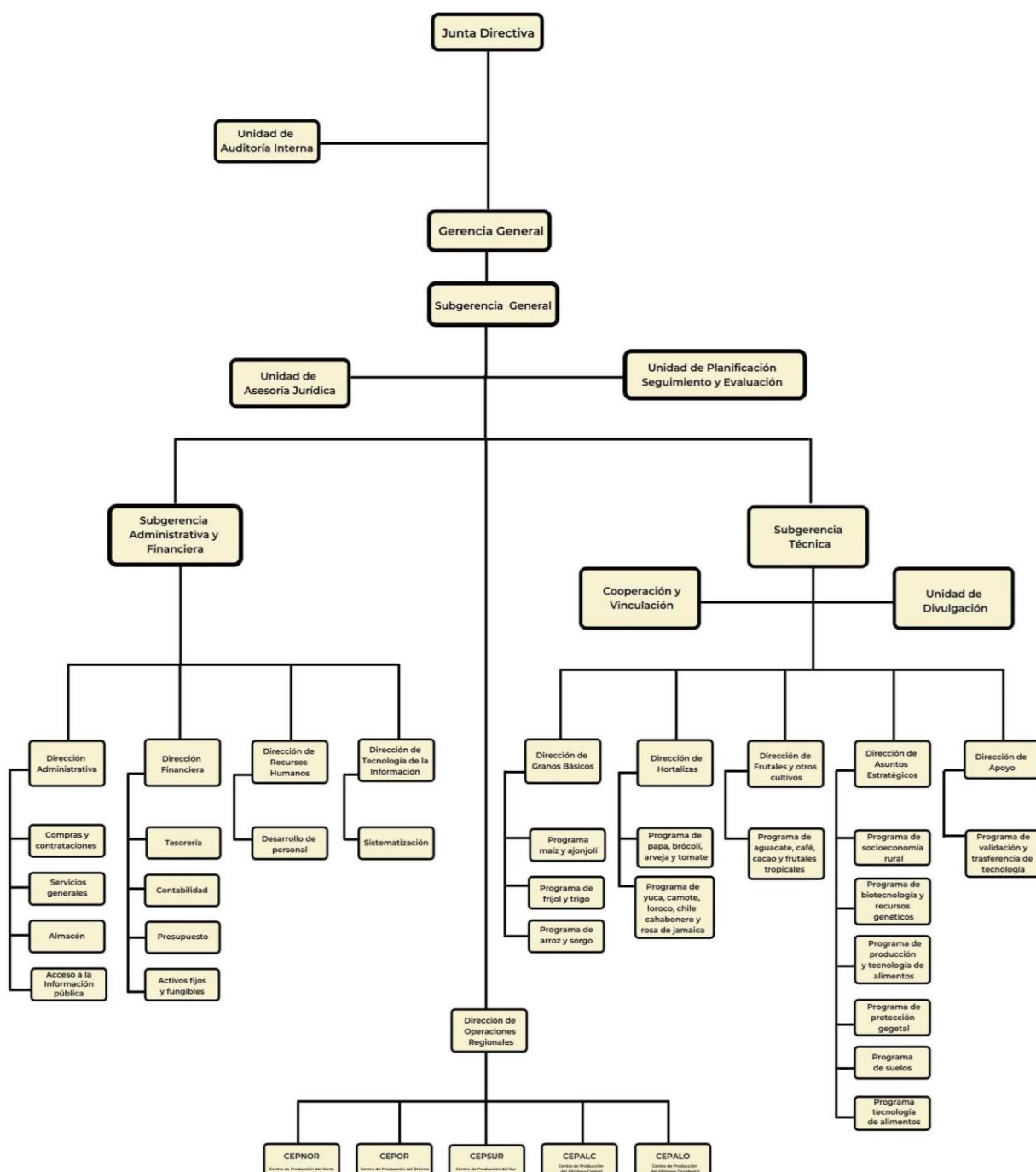
Figura 2. Delimitación del Centro de Producción del Norte, San Jerónimo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

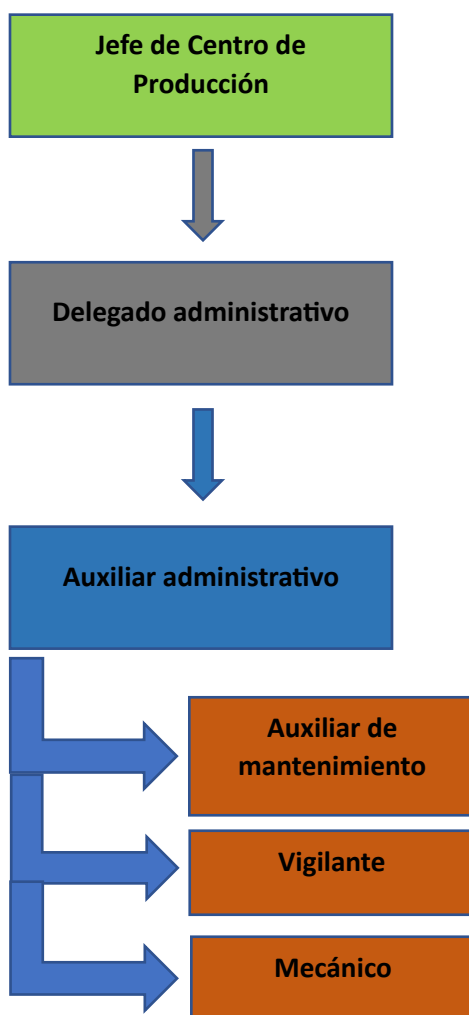
1.4.4. Estructura general organización del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.

Figura 3. Organigrama de Estructura Organizacional ICTA



Fuente: www.icta.gob.gt/ 2022.

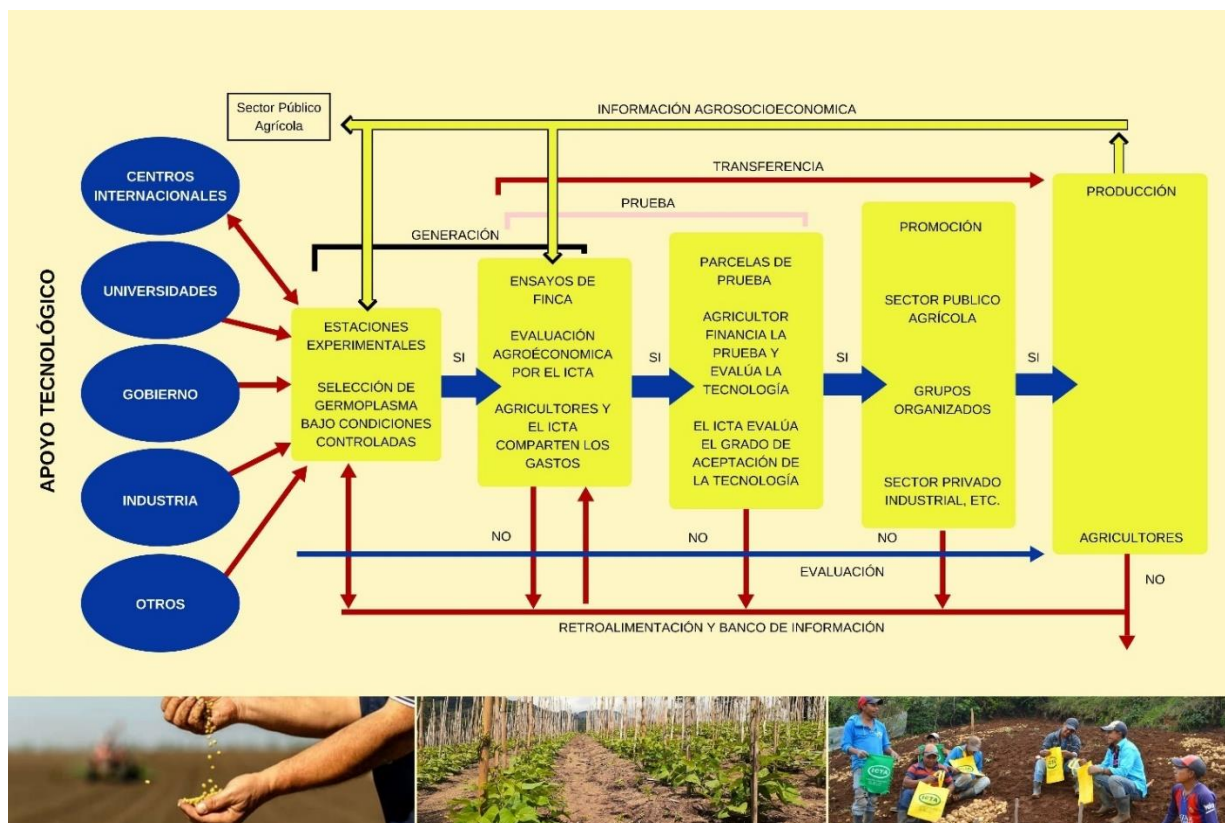
Figura 4. Organigrama de Estructura Organizacional CEPNOR



Fuente: Datos Obtenidos durante el EPS 2023.

1.4.5. Diagrama de flujo en la secuencia operativa del sistema tecnológico agrícola.

Figura 5. Diagrama de flujo del sistema tecnológico agrícola



Fuente: www.icta.gob.gt/, 2022.

1.4.6. Procesos productivos de la Institución.

Los procesos de producción del centro de producción del norte CEPNOR, San Jerónimo, comprenden etapas de manejo agronómico como la preparación del área a cultivar tanto con maquinaria agrícola como de forma manual, utilizando herramientas rudimentarias como el azadón. Consecuentemente, actividades de instalación de sistema de riego, siembra, trasplante, podas, emasculaciones, polinizaciones, cosecha, manejo postcosecha. La información fue obtenida a través de la observación

participativa desarrollada durante el periodo de la primera fase del Ejercicio Profesional Supervisado EPSA.

1.4.7. Población actual del CEPNOR, San Jerónimo.

El personal que se maneja está por renglones:

- 011: de los cuales 5 pertenecen al área técnica que realizan proyectos de generación, validación y promoción de tecnología, a través de los programas de: hortalizas, validación y transferencia de tecnología, granos básicos (maíz y frijol) y socioeconomía rural; 6 pertenecen al área administrativa que realizan actividades de: almacén, inventario, tesorería y delegación administrativa.
- 031: 7 personas que realizan actividades de vigilancia, mantenimiento y mecánica.
- 035: en total son 13 empleados que se distribuyen de acuerdo a los programas.

En el programa de hortalizas quien está a cargo Ing. Agr. Nery Barrios tiene a su cargo 3 personas del renglón 035 para el manejo agronómico, cultural y producción en campo. En la disciplina de validación y transferencia de tecnología quien se encuentra a cargo Ing. Agr. Marco Antonio Colocho tiene a su cargo 9 personas del renglón 035 para el manejo agronómico, cultural y producción en campo. En el programa de maíz quien está a cargo Téc. Univ. Marcelino Chub Choc tiene a su cargo 2 personas quien uno de ellos se encuentra en el renglón 011 y otro en renglón 035; uno de ellos se desempeña como auxiliar del programa.

1.4.8. Servicio de agua para el personal

En este servicio se considera el agua destinada para usos sanitarios del personal administrativo, misma que se obtiene por medio del suministro municipal de agua entubada.

1.4.9. Servicio de agua para riego

Para este servicio el suministro es un rollo de agua que se obtiene del canal principal de San Jerónimo. Anualmente se realiza una asamblea con la Junta Directiva de AURSA quien provee el recurso hídrico, donde se establece el precio del paso de agua teniendo en cuenta factores como la buena o mala temporada de invierno, la demanda de los demás productores vecinos. La distribución se realiza por turnos, la cual se habilita a cada ocho días con duración de tres días. Para el año 2 022, se tuvo un precio de Q584.50/mz. El agua que se obtiene durante los tres días de turno se almacena en 4 reservorios, cada uno con capacidad de: 250m³, 75m³ y 75m³, ubicados en puntos estratégicos del CEPNOR.

Existen temporadas en las cuales la disponibilidad de agua no cubre las necesidades de los cultivos, mayormente en la época de verano; es por ello que se opta por solicitar agua de auxilio e inclusive, el mismo personal de campo llega a solicitar de emergencia el paso de agua en los días que no son de turno. En ocasiones se cuenta con disponibilidad de agua por las noches y se aprovecha para regar.

1.4.10. Servicio de energía eléctrica

El CEPNOR San Jerónimo, cuenta con servicio de energía eléctrica que proporciona la empresa DEORSA en la región.

1.4.11. Servicio de Internet

En el año en curso fue instalado el servicio de Internet por cable y vía Wifi, con el propósito de mejorar los procesos administrativos. De igual forma, para

fortalecer el estudio del posgrado en FYCIA, Formación y Capacitación en Investigación Agrícola 2023, que se estará impartiendo en las instalaciones del CEPNOR, ICTA, San Jerónimo.

1.4.12. Infraestructura del CEPNOR San Jerónimo

Hasta la fecha el Centro de Producción del Norte, está estructurado de la siguiente manera:

- 2 invernaderos
- 2 áreas con mega túneles
- 2 estaciones climáticas
- 4 reservorios con sus respectivas garitas.
- Patio de secado de semillas
- Área para realización de pilones
- 4 bodegas
- 1 bodega de la Misión de Taiwán
- Taller mecánico
- Edificio, salón de usos múltiples
- Edificio, dormitorio
- Edificio de área administrativa y complejo técnico científico
- 1 cocina rustica
- Sanitarios en salón de usos múltiples y área administrativa
- Letrina ciega

1.4.13. Maquinaria agrícola

Hasta la fecha se cuenta con:

- Tractor Case Farmal de 110 HP, semiautomático.
- 2 chapeadoras Jhon Deere
- Rastra de 20 discos Jhon Deere
- Subsolador
- Cosechadora

1.4.14. Descripción de las actividades productivas

El centro de producción del norte está ubicado en el municipio de San Jerónimo debido al clima que ofrece la región, misma que a diferencia de otros territorios, permite establecer diversidad de cultivos como: granos básicos, hortalizas y cítricos, cada uno de estos manejado por el personal específico de cada programa (Maíz, Hortalizas, Producción de semillas)

a) Preparación

Programa Maíz y Validación:

- Mecanización agrícola
- Semillas
- Sistema de riego.

Programa de Hortalizas

- Mecanización agrícola
- Invernadero
- Macro túnel
- Semillas
- Sustrato
- Desinfección
- Pilonos
- Trasplante
- Sistema de riego

b) Siembra

Programa Maíz y Validación:

- Evaluación de % de germinación

Programa de Hortalizas:

- Evaluación de % de germinación
- trasplante y repoblado

c) Manejo agronómico

Programa Maíz y Validación:

- Planes fitosanitarios, de fertilización y fertirrigación
- Manejo de malezas
- Raleo en posturas
- Aporque
- Emasculación en maíz cuando se requiere

Programa de Hortalizas:

- Planes fitosanitarios y de fertilización
- Manejo de malezas
- Raleo en posturas
- Aporque
- Emasculación de plantas

d) Cosecha

Programa Maíz y Validación:

- Recolección
- Tapisca
- Trillado

Programa de Hortalizas:

- Recolección
- Trillado

e) Postcosecha

- Secado de semillas
- Lavado
- Limpieza
- Almacenamiento

1.5. METODOLOGÍA

Dentro del desarrollo de este proceso se hicieron consultas de carácter secundario como lo son: monografías del municipio e informes del CEPNOR, de igual manera se hicieron consultas a fuentes primarias por lo cual se entablaron conversaciones, entrevistas, encuestas y reuniones técnicas semanales con el equipo tanto técnico, administrativo y trabajadores del campo.

De acuerdo a los procesos y técnicas empleadas, se pudo identificar una serie de problemas en el Centro de Producción del Norte, San Jerónimo. A este hallazgo podemos agregar la participación de hombres y mujeres que, de manera participativa y activa, dieron a conocer una serie de sugerencias como posibles soluciones. Dentro de las herramientas utilizadas se enlistan y describen cada una de ellas.

1.5.1. Diagnóstico Institucional

Es un proceso a partir del cual se levanta toda la información necesaria para identificar las necesidades de la población o contexto educativo y su nivel de importancia y prioridad.

- **Observación Participativa:** DeWALT, citado de Kawulich (2006), la observación participante es el proceso que faculta a los investigadores a aprender acerca de las actividades de las personas en estudio en el escenario natural a través de la observación y participando en sus actividades. Provee el contexto para desarrollar directrices de muestreo y guías de entrevistas.
- **Entrevista semiestructurada:** Las entrevistas semiestructuradas, por su parte, se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre los temas deseados (es decir, no todas las preguntas están predeterminadas) (Hernández et al. 2010).

- **Encuesta:** permite la recopilación de información por medio del cuestionario previamente diseñado. Según Ceron (2006), un cuestionario es un dispositivo de investigación cuantitativo consistente en un conjunto de preguntas que deben ser aplicadas a un sujeto (usualmente individual) en un orden determinado y frente a las cuales este sujeto puede responder adecuando sus respuestas a un espacio restringido o a una serie de respuestas que el mismo cuestionario ofrece. El cuestionario también incluye, en sí mismo o en una hoja de respuestas especial, espacios en donde es posible registrar las opciones de respuesta del sujeto. El objetivo general de un cuestionario es “medir” el grado o la forma en que los sujetos encuestados poseen determinadas variables o conceptos de interés (sus opiniones, creencias, conductas que recuerdan haber realizado, características demográficas, capacidades matemáticas, etc.).
- **Diagramas de flujos:** es importante la representación de diagramas de flujos para la interpretación de las actividades y la priorización de las mismas.

1.5.2. Observación participativa

En este proceso se participó en todas las actividades que se desarrollan en el Programa de Maíz, con el cual se tuvo el conocimiento tanto técnico como cultural de todos los procesos de producción agrícola.

- Mecanización del suelo
- Instalación de sistema de riego
- Siembra
- Aporque
- Plan de fertilización
- Plan fitosanitario
- Emasculación
- Polinización
- Cosecha

- Postcosecha
- Caracterización de fenotipos

Uno de los problemas que se frecuenta en los ensayos de investigación en maíz, es la presencia de cultivos de maíz vecinos. Esto afecta en gran medida ya que, si la flor femenina es polinizada por polen de cultivos vecinos, la investigación fracasa.

1.5.3. Entrevista semiestructurada

En este caso se desarrolló por medio de una previa formulación de preguntas dirigidas a las fuentes primarias, permitió recolectar información de interés.

1.5.4. Encuesta

Fue dirigida al equipo técnico y personal de campo del CEPNOR, San Jerónimo, con el objetivo de recolectar información individualizada que permitiera realizar una integración de los resultados por medio de matrices.

1.6. RESULTADOS

1.6.1. Población Objetiva

De acuerdo a la clasificación del MAGA la producción agrícola en el país es concretada por cuatro tipos de productores: Infrasubsistencia, Subsistencia, Excedentarios y Comerciales.

La agricultura de infra-subsistencia y subsistencia representan el 96% de los productores ocupando el 20% de la tierra cultivable del país. Este grupo, conformado en su mayoría por población indígena presenta altos índices de analfabetismo y condiciones de pobreza y pobreza extrema.

La agricultura excedentaria es realizada por el 3.85% de los productores, utilizando el 10% de las tierras dedicadas a la producción agrícola, este grupo se dedica principalmente al cultivo de productos no tradicionales que son

dedicados al mercado interno y externo. El 0.15% de los productores practica la agricultura comercial de productos tradicionales destinados a los mercados de exportación; este tipo de agricultura emplea el 70% de la tierra agrícola cultivable del país.

La población objetivo del ICTA son todos los agricultores y agricultoras del país, el conocimiento que se genera, valida y transfiere va dirigido a mejorar el desarrollo de la agricultura nacional (<https://www.icta.gob.gt/historia> 2023).

1.6.2. Antecedentes CEPNOR San Jerónimo, Baja Verapaz

El 10 de febrero del año 1975 el estado de Guatemala adscribe al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) la finca identificada con el número 166, folio 233, libro 13 primera serie de Baja Verapaz, lo que anteriormente se conocía como Hacienda San Gerónimo. Dicha finca fue adscrita al ICTA para áreas de acción indispensables para el desarrollo de sus actividades y cometido. La finca constaba de 1924 ha, dicha finca fue administrada por el INAFOR, posteriormente por DIGEBOS y actualmente por el INAB. Desde hace más de 80 años dentro de la finca 166, radican colonos que no cuentan con documentación legal, creando comunidades que actualmente se encuentran establecidas y posesionadas, tales como: El Durazno, El Cacao, San Isidro y el mismo casco urbano del municipio de San Jerónimo.

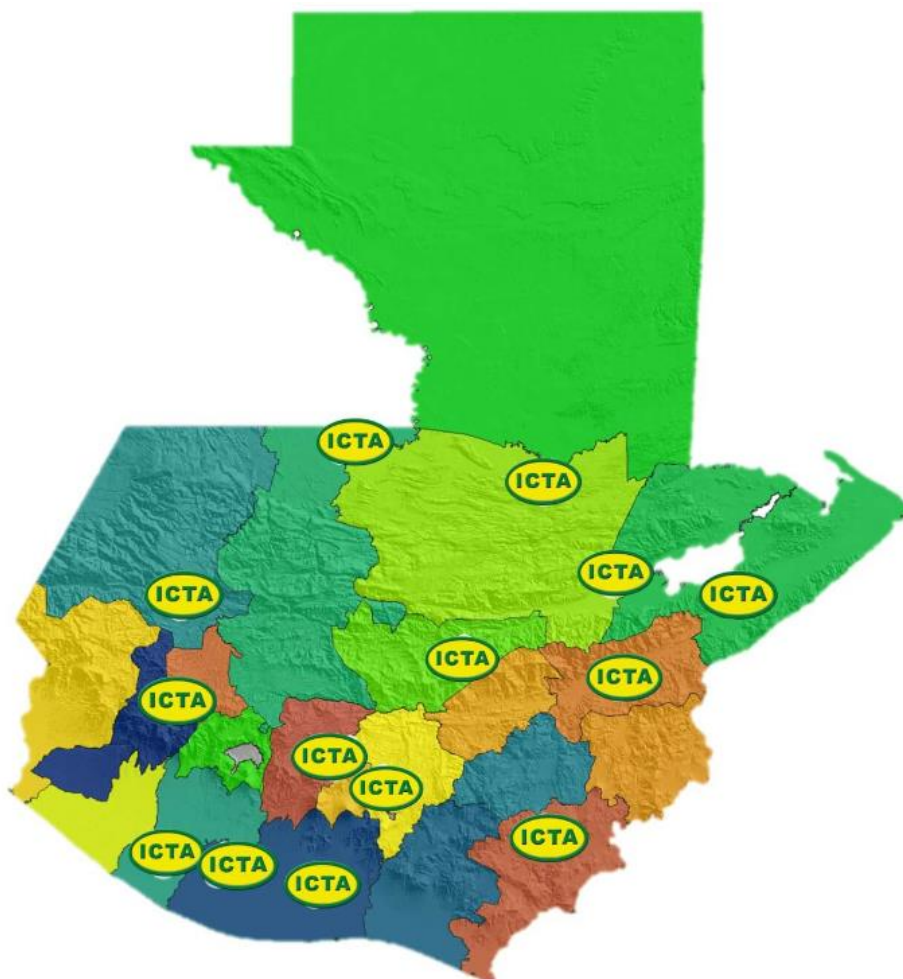
Actualmente el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA se encuentra en posesión legal de una finca de 24 ha. Identificada como la Finca No. 149 Fol. 258 Libro 10 de Baja Verapaz.

La finca actual, la de 24.4 ha, que mantiene el ICTA en utilización, ha mantenido disputas legales de ciertas áreas de que son reclamadas por la comunidad El Cacao como propias, con la justificación de construir un cementerio y un campo de fútbol (Plan de uso Centro Experimental San Jerónimo, Baja Verapaz 2021).

Como una alternativa a no perder áreas de uso en la finca, el ICTA siempre ha mantenido en producción las áreas susceptibles para evitar que los pobladores ingresen e invadan.

Todo el trabajo de investigación que se realiza en las sedes de investigación del ICTA, depende y pretende tener un fin práctico a nivel de finca con los agricultores, es una etapa avanzada de todo el proceso de generación y adaptación de tecnología que realiza el ICTA (<https://www.icta.gob.gt/historia>).

Figura 6. Distribución de Centros de Investigación en el país



Fuente: www.icta.gob.gt/, 2022.

1.6.3. Rol que desempeña el Centro de Producción del Norte, San Jerónimo

En el Centro de Producción del Norte -CEPNOR- los investigadores se encargan de ejecutar los proyectos de investigación y producción para la generación de nuevas tecnologías.

El Programa de Maíz es el encargado de ejecutar las investigaciones en maíz, que a su vez se rige por las normativas y directrices de la Dirección de Granos Básicos.

Al igual que el Programa de yuca, camote, loroco, chile cahabonero y rosa de jamaica; es el encargado de ejecutar las investigaciones en camote, yuca, chile cahabonero, tomate y rosa de Jamaica; que a su vez se rige por las normativas y directrices de la Dirección de Hortalizas. Así mismo, el Programa de validación y transferencia de tecnología se encarga de la producción de semillas de los cultivos de maíz, frijol, sorgo y yuca, que a su vez se rige por las normativas y directrices de la Dirección de Apoyo.

El Programa de Maíz dentro del Centro de Producción del Norte, es dirigido por el Investigador Asistente Marcelino Chub Choc. Teniendo como fin, ejecutar, coordinar, dar seguimiento y entrega de resultados de cada uno de las investigaciones que se lleven a cabo.

1.6.4. Cultivos que manejan los programas en CEPNOR San Jerónimo

a) Programa de Maíz

- Maíz (*Zea mays*)

b) Programa de Hortalizas

- Yuca (*Manihot esculenta*)
- Rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)
- Tomate (*Solanum lycopersicum*)
- Chile Cahaboero (*Capsicum anuum*)
- Camote (*Ipomea batata* L.)

- Loroco (*Fernaldia pandurata*)

c) Validación y Transferencia de Tecnología

- Maíz (*Zea mays*)
- Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)
- Sorgo (*Sorghum bicolor* L.)
- Yuca (*Manihot esculenta*)

1.6.5. Énfasis del Programa de Investigación en el Cultivo de Maíz

El ICTA por medio del Programa de Investigación de Maíz, tiene como principal prioridad: Aportar nuevos materiales genéticos (variedades e híbridos) que se adapten a las diferentes condiciones del país, con mejores capacidades de adaptación al cambio climático, mejor calidad nutricional y mayor productividad en el rendimiento, para coadyuvar a resolver el problema de escasez de alimentos, tanto para productores de autoconsumo, como para los que comercializan el grano.

El programa de maíz del ICTA, desarrolla su labor utilizando como herramienta principal el FITOMEJORAMIENTO, entendido como: el mejoramiento genético de las plantas para beneficio humano y cuyo principal objetivo es obtener los máximos rendimientos y la mejor calidad y sanidad de los cultivos (<https://www.icta.gob.gt/programademaiz.html>).

1.6.6. Líneas de Investigación

- Desarrollo de Variedades de Polinización Libre (VLP's) de maíz: Principalmente de grano blanco, pero también de otros colores como: amarillo, negro, etc.
- Desarrollo de Híbridos de maíz: Haciendo énfasis en grano blanco y grano amarillo y que se adapten a la zona del trópico bajo de Guatemala.

Los nuevos cultivares que se generen tienen que poseer las siguientes características:

- ✓ Alto potencial de rendimiento
- ✓ Alto nivel de resistencia a plagas y enfermedades

- ✓ Alta calidad nutritiva y de micronutrientes (énfasis en hierro y zinc)
- ✓ Un buen nivel de tolerancia a factores abióticos (sequía, baja fertilidad, etc)

Actualmente no se cuenta con una variedad de maíz de polinización libre que presente resistencia al complejo mancha de asfalto. Esta enfermedad es común en la región del trópico bajo, afectando drásticamente al cultivo en su rendimiento.

1.6.7. Actividades que tiene en desarrollo actualmente el Programa de Maíz en CEPNOR, ICTA, San Jerónimo

- Desarrollo de variedades e híbridos de maíz para el trópico de Guatemala: Establecimiento de viveros de producción de semillas, como parte de las investigaciones que se realizarán durante el ciclo 2023.

1.6.8. Materiales liberados hasta la fecha.

a) Programa de Maíz

- ◆ Variedades de polinización libre para la región del Trópico bajo (0-1200 msnm):
 - ✓ ICTA B-1
 - ✓ ICTA B-5
 - ✓ ICTA B-7^{TS}
 - ✓ ICTA B-9^{ACP}
 - ✓ ICTA B-15A^{CP+Zn} (*Primera variedad Biofortificada con alto contenido de zinc y con alta calidad de proteína*)
- ◆ Variedades para el Altiplano Central (1401-2000 msnm):
 - ✓ ICTA V-301
 - ✓ ICTA Don Marshall
- ◆ Variedades para el Altiplano Occidental (2001 – 2800 msnm):
 - ✓ ICTA Compuesto Blanco
 - ✓ ICTA San Marceño

- ♦ Cultivares híbridos que el ICTA ha puesto a disposición de los productores para la región del trópico de Guatemala (0-1200 msnm):
 - ✓ ICTA HB-83
 - ✓ ICTA HB-17^{TMA} (*Primer híbrido en Guatemala con resistencia al complejo mancha de asfalto*)
 - ✓ ICTA HB-18^{ACP+Zn} (*Primer híbrido a nivel mundial con alta calidad de proteína y alto contenido de zinc*)

1.6.9. Fuente económica para la ejecución de los proyectos de investigación

Como parte fundamental en la ejecución de los proyectos de investigación es el recurso económico, es por ello que el ICTA además de trabajar con fondos públicos, ha establecido convenios con Centros de Investigación, Cooperación Internacional por medio de USDA, CIMMYT, CATIE, CIAT, Universidades Internacionales. Además de ser incluidos en el programa CRIA.

1.6.10. Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agrícola - CRIA-

Gracias al fortalecimiento del Programa CRIA, se obtuvo el beneficio de la ampliación del sistema de riego por goteo en algunas áreas de producción e investigación, fortaleciendo los procesos de investigación.

1.6.11. Uso potencial del área de producción de la finca CEPNOR San Jerónimo

Desde el año 2021, el Centro de Producción del Norte cuenta con una propuesta de organización para el uso potencial de las áreas de producción dentro de la finca.

ra 7. Mapa de Uso Potencial CEPNOR



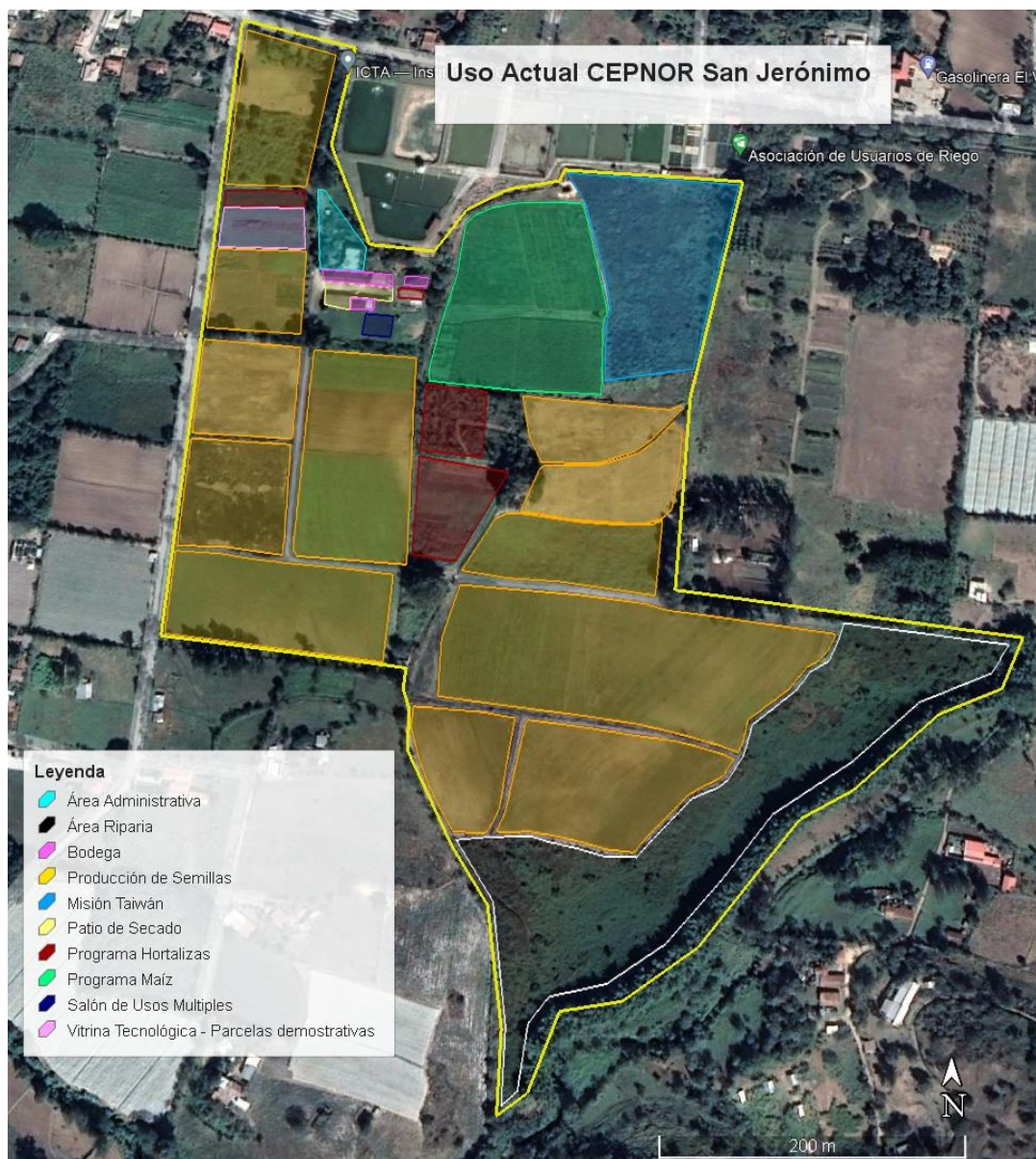
nte: Elaborado por Ing. Agr. Ivo Garrido

Sin embargo, actualmente la finca se encuentra distribuido de la siguiente manera:

- a) Producción de semillas posee un área de 16.076 mz¹
- b) Programa de Maíz posee un área de investigación de 2.82 mz
- c) Programa de Hortalizas posee un área de 1.15 mz
- d) La Misión de Taiwán posee un área de 2.383 mz
- e) Vitrina tecnológica – parcelas demostrativas posee un área de 0.36 mz
- f) Área riparia posee 4.354 mz
- g) Patio de secado posee un área de 0.127 mz
- h) Bodegas posee un área de 0.132 mz

- i) Área administrativa posee 0.273 mz
- j) Salón de usos múltiples posee un área de 0.06 mz

Figura 8. Mapa de Uso Actual 2023 CEPNOR



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023.

1.6.12. Proyecto de Fortalecimiento de Resiliencia de la Producción de Maíz en Guatemala

En el año 2022, la embajada del país Taiwán, entabló conversación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería para ejecutar el “Proyecto de Fortalecimiento de Resiliencia de la Producción de Maíz en Guatemala”. Contando con el acompañamiento técnico del ICTA. Teniendo como ubicación el desarrollo del proyecto en las instalaciones del Centro de Producción del Norte, San Jerónimo, Baja Verapaz.

Dentro del CEPNOR, San Jerónimo, ICTA, se encuentra establecido el proyecto de la misión de Taiwán, teniendo como objetivo producción de semillas y mejora en rendimiento, con enfoque a los productores del departamento de Baja Verapaz. Actualmente ya cuentan con 3 municipios, siendo: Purulhá, Cubulco y San Miguel Chicaj; asimismo, se encuentran en dialogo con los municipios: El Chol y Rabinal.

El proyecto entró en ejecución a mediados del año 2022, teniendo duración hasta finales del año 2024. Existe la posibilidad de que se prolongue la duración del proyecto evaluando los resultados que se obtengan durante los primeros dos años de ejecución.

El área que la misión de Taiwán tiene en uso actualmente en la finca del CEPNOR es para producir la semilla básica del material ICTA HB-17 y semilla registrada del material ICTA B-15, misma que servirá para proveer a los productores de los municipios, ya mencionados; dando comienzo a la producción de semilla certificada. Los productores contarán con el apoyo tanto de la misión de Taiwán como del MAGA e ICTA. En el inicio de la producción se le hará entrega de agro insumos necesarios de la producción y capacitaciones, con el fin de que comiencen a generar capital y dar paso a que ellos mismos puedan continuar con la producción para su comercialización.

La misión tiene en uso un área de 2.3 mz para la producción de la semilla básica y registrada. Cuentan con un sistema de riego por goteo, con reservorio independiente y una estación de riego.

El equipo de riego consta de:

- Reservorio con capacidad de 144 m³
- Bomba estacionaria de 6.7 Hp
- Manómetros
- Filtros
- Tubería para conducción y distribución
- Cinta de goteo

De igual forma, cuentan con una estación meteorológica de tipo A que servirá para realizar una investigación climática.

La infraestructura que se ha establecido dentro de las instalaciones del CEPNOR dadas por la misión de Taiwán, quedará como donación al finalizar el proyecto.

1.6.13. Sistema de Riego

Actualmente se cuenta con dos sistemas de riego, pese a que varias manzanas de producción cuentan con sistema de riego por goteo, no todas las áreas de producción las poseen, es por ello que también se utiliza riego por gravedad.

- Equipo de riego por goteo: un sistema Venturi para fertirrigación y 2 bombas estacionarias para riego de: 17hp y 13hp de potencia que se utilizan para riego por goteo en las diferentes áreas de cultivo.
- Riego por gravedad: canales secundarios de forma trapezoidal y sifones que se ubican en lugares estratégicos para distribuir el agua en las áreas de cultivo.

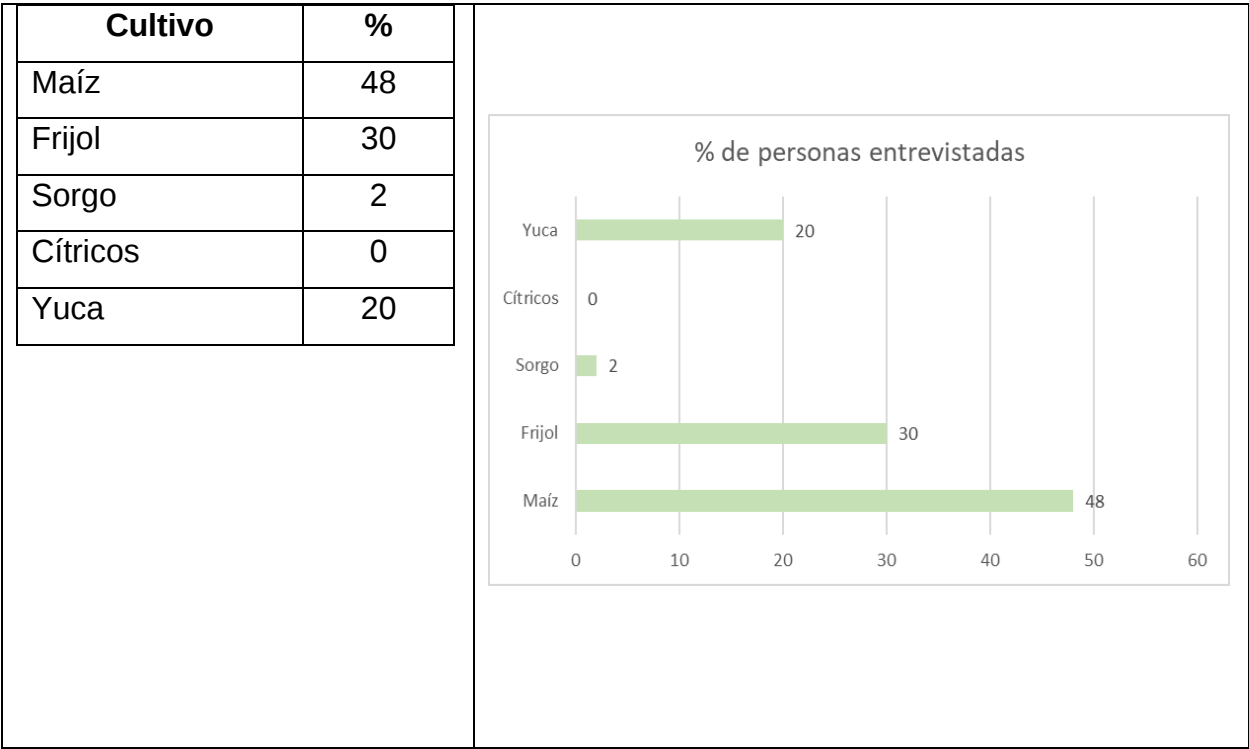
El programa de Maíz, anteriormente cubría la demanda de agua en las parcelas de investigación mediante riego por gravedad, demostrando un bajo rendimiento en el uso efectivo del recurso hídrico, favoreciendo a la erosión

del suelo y posteriormente al barrido de los pocos nutrientes que se encuentran. Actualmente, cuenta con riego por goteo, sin embargo, la instalación de la misma fue de un modo rustico, carece de un diseño técnico de riego que optimice el tiempo y cantidad de agua en los riegos.

1.6.14. Entrevistas al equipo profesional, técnico y de campo en CEPNOR San Jerónimo
Pregunta No. 1

En relación a los siguientes cultivos y según los resultados en los ciclos anteriores, ¿En qué cultivos debemos mejorar?

Cuadro 1. Cultivo a mejorar



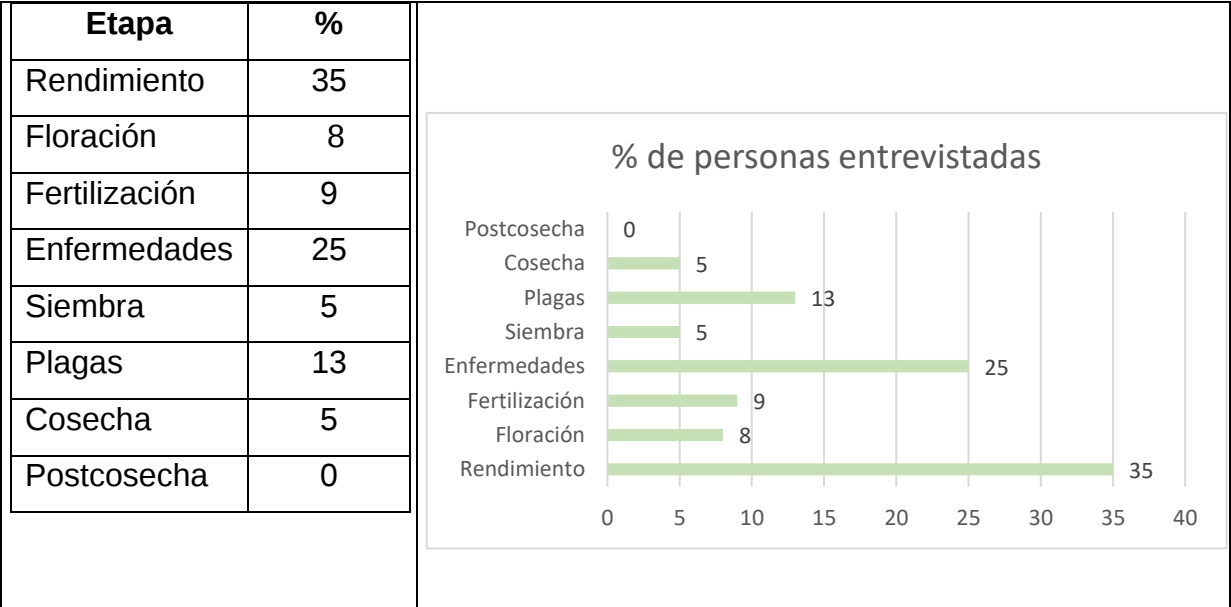
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Del total de los entrevistados, el 48% se enfocó en el cultivo de maíz, mientras que un 30% en frijol, un 20% en yuca, y un 2% en el cultivo de sorgo.

Pregunta No. 2

¿En qué aspecto o etapa del cultivo debemos mejorar?

Cuadro 2. Etapa a mejorar



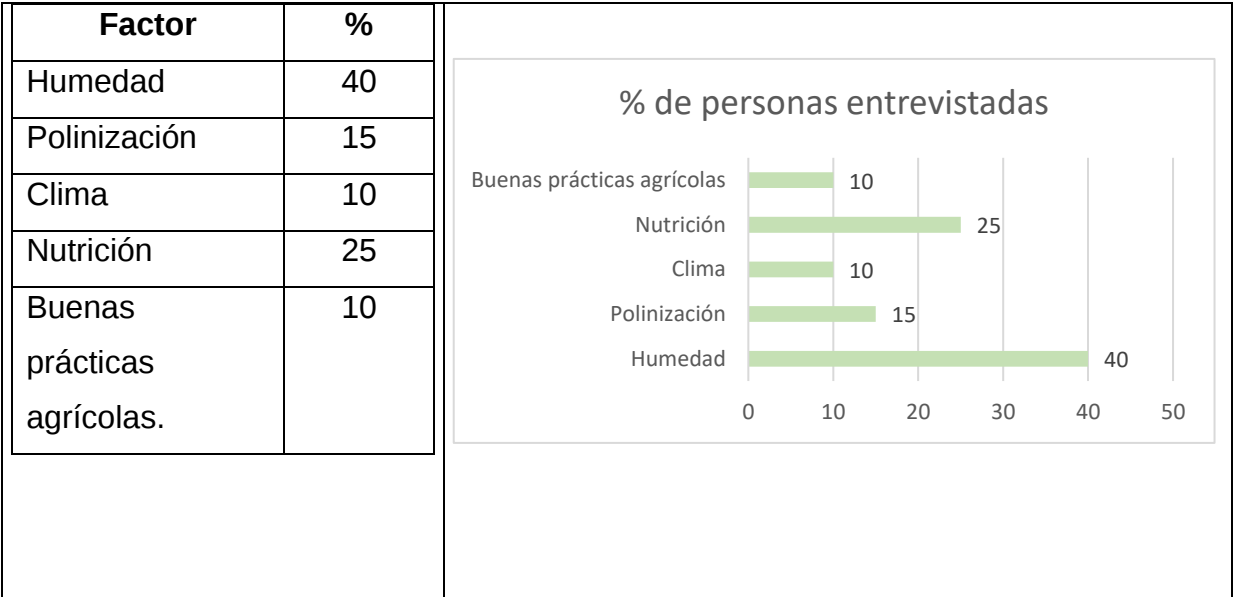
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Del total de los entrevistados se interesaron más por dos aspectos, rendimiento con un 35% y enfermedades con un 25%, mientras que en la etapa de floración con un 8%, en el tema de plagas con un 13%, fertilización con un 9%, siembra con un 5% y cosecha con un 5%.

Pregunta No. 3

¿Con que factor relacionamos el aspecto o etapa fenológica en la que se han identificado deficiencias?

Cuadro 3. Características con deficiencia



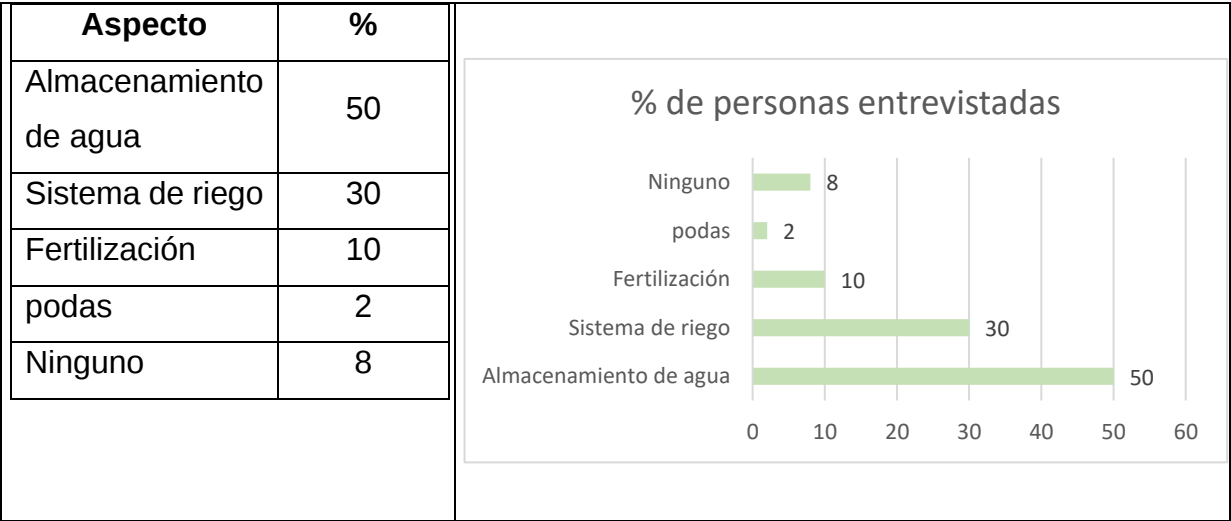
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Del total de los entrevistados, el 40% respondió que la deficiencia se relaciona con la humedad, nutrición con un 25%, polinización con el 15%, clima con un 10% y un 10% respondió que la deficiencia se relaciona con las buenas prácticas agrícolas.

Pregunta No. 4

¿Qué aspecto del manejo agronómico le gustaría optimizar para mejorar los resultados?

Cuadro 4. Aspecto a optimizar



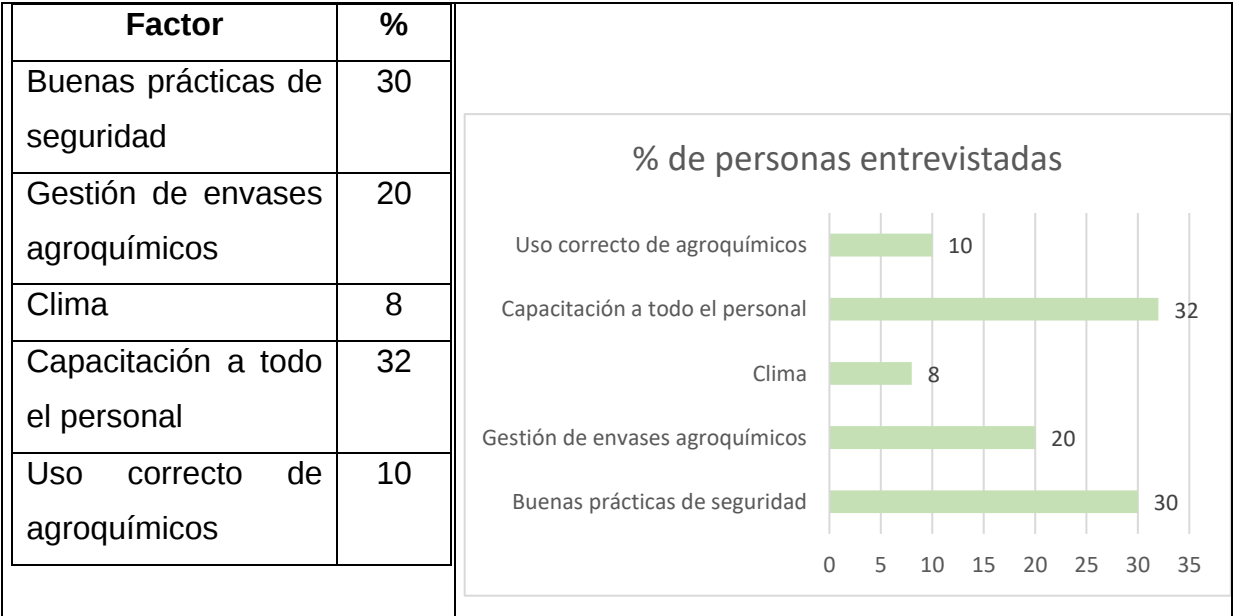
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Del total de las personas entrevistadas el 50% se enfocan en optimizar el almacenamiento de agua, un 30% en el sistema de riego, mientras que un 10 % en fertilización, el aspecto ninguno con un 8% y podas con un 2%.

Pregunta No. 5

¿Qué factor debemos tomar en cuenta para evitar daños a la salud del ser humano y la contaminación al ambiente natural?

Cuadro 5. Factor o aspecto importante



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Del total de las personas entrevistadas, el 32% priorizaron la capacitación a todo el personal, el 30% las buenas prácticas de seguridad, el 20% la gestión de envases de agroquímicos, mientras que el 10% el uso correcto de agroquímicos y el 8 para el clima.

1.7. CONCLUSIONES

1. La participación en todas las actividades de programación con los profesionales, equipo técnico y de campo; de manejo cultural y agronómico en el Programa de Maíz del CEPNOR, San Jerónimo, permitió analizar y juzgar la problemática de la institución en cada uno de los procesos de producción.
2. La observación participativa en los procesos agronómicos en el Programa de Maiz del CEPNOR, San Jerónimo, permitió identificar una serie de actividades y elementos que pueden ser modificados para la mejora de los mismos.
3. Entre los principales problemas encontrados en el Programa de Maíz del CEPNOR, San Jerónimo, se registró la necesidad de aumentar la resistencia a enfermedades como lo es el complejo de mancha de asfalto y nivel nutricional en cultivo de maíz.
4. Con el desarrollo del diagnóstico institucional del CEPNOR, San Jerónimo, se logró generar información básica para el reconocimiento de la problemática actual y sus posibles soluciones.

1.8. RECOMENDACIONES

1. Desde el año 2021 el Centro de Producción del Norte, San Jerónimo, cuenta con un mapa con título Uso Potencial de las áreas de la finca. Por lo tanto, se recomienda hacer una revisión y tomar en cuenta la distribución de las áreas de producción.
2. De acuerdo a la información recolectada en la participación de las actividades se recomienda proyectos de investigación en una nueva variedad de polinización libre que presente resistencia al complejo de mancha de asfalto y el valor nutricional del grano.
3. Por otra parte, se debe tomar en cuenta la importancia de capacitar constantemente al equipo técnico, personal de campo; sobre las medidas de seguridad, el uso correcto de agroquímicos y la gestión de envases de los mismos.
4. Se recomienda hacer estudios de los suelos que se poseen en el CEPNOR, San Jerónimo, tanto de su estructura como su textura, con el objetivo de conocerlo para hacer un uso óptimo tanto del recurso hídrico como del sistema de riego, también para la aplicación de las láminas de riego que demanda cada etapa fenológica de los cultivos.
5. Se recomienda realizar estudios previos a la ejecución de proyectos y que exista una supervisión para evitar la mala ejecución de los mismos.
6. Para futuros proyectos en el sistema de riego, se recomienda optar por realizar un diseño de la infraestructura de riego para tener un uso adecuado en la captación, almacenamiento y distribución del agua.

1.9. BIBLIOGRAFÍA

- Barrios Fernandez, N. (2023). Desarrollo de variedades con alta calidad nutricional en los cultivos de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) y camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): Evaluación de líneas avanzadas de camote (*Ipomoea batatas*) de pulpa blanca en Guatemala. (Informe técnico, Serie Técnica). San Jerónimo, Guatemala.
- Canales Cerón, M. (2006). Metodologías de investigación social: ¿Qué es un cuestionario?. (1.^a ed.) Lom Ediciones.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación: Entrevistas. (5.^a ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2016). Redacción de Referencias Bibliográficas: Normas técnicas para ciencias agroalimentarias (5.^a ed.) Biblioteca Conmemorativa Orton. <http://repiica.iica.int/docs/B4013e/B4013e.pdf>.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). (2022). ICTA: misión, visión, valores e historia (en línea, sitio web), <https://www.icta.gob.gt/mision>.
- ICTA; RIC. (2021). Plan de Uso: Centro Experimental. San Jerónimo, Guatemala.
- Kawulich, B. B. (2006). La observación participante como método de recolección de datos. Forum Qualitative Sozialforschung, Forum: Qualitative Social Research 6(2), Art.2.
- Plan de Desarrollo Municipal, (PDM). (2011). Ubicación geográfica y demográfica, ubicación geográfica/sub-regionalización municipal (en línea). Serie: PMD SEGEPLAN, CM 1507. https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wpcontent/uploads/2022/08/PDM_150.pdf.

1.10. ANEXOS

Figura 9. "A" Reunión con profesionales de ICTA, San Jerónimo



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023.

Figura 10. "A" Entrevista dirigida al director regional de CEPNOR, ICTA



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 11. "A" Entrevista al auxiliar del programa de maíz



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 12. "A" Nuevo patio de secado



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 13. "A" Maquinaria agrícola e implementos de ICTA, San Jerónimo



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 14. "A" Distribución del agua riego por gravedad



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 15. "A" Sistema de riego por goteo



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 16. "A" Daños causados por falta de supervisión riego por gravedad



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 17. "A" Ploteo de coordenadas para determinar el área del CEPNOR



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023



CAPITULO II:

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE SIETE HÍBRIDOS SUPERIORES DE GRANO BLANCO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA MÁS ZINC Y RESISTENCIA AL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO (CMA) Y TRES HÍBRIDOS COMERCIALES, EN CENTRO DE PRODUCCIÓN DEL NORTE DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

2.1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz, en Guatemala, es considerado como base alimenticia y patrimonio nacional. Se tiene una estimación de la producción de maíz durante el año 2022 de un total de 1,950,000 toneladas métricas cultivada en una extensión de 882,789 hectáreas, con rendimiento promedio de 2,209 kg/ha (FAOSTAT, 2023). Entre los principales productores de maíz están los departamentos de El Petén, Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango y Jutiapa.

La producción de maíz a nivel nacional en un 75 % es generada por pequeños agricultores (MAGA, 2023). De esta producción de maíz el 80% - 85% de la producción la constituye el maíz blanco, y el resto un 20% de maíz amarillo y maíz negro. El maíz blanco principalmente se usa para la producción de tortillas fuente diaria de energía para la población guatemalteca, mientras que el maíz amarillo es más utilizado en la industria para alimento de ganado y otros derivados (Barrios 2016).

De la totalidad de los productores de maíz a nivel nacional, el 80 % son pequeños agricultores, que utilizan semilla criolla; normalmente no tienen acceso a las técnicas e insumos necesarios para obtener alto rendimiento, sin embargo, en los últimos años la tendencia es utilizar semillas mejoradas con vistas a lograr mejor rendimiento, lo cual los hace dependientes de las casas productoras de este tipo de semillas (Barrios 2016).

Se ha detectado que el aumento del uso de semillas mejoradas, ha provocado un aumento directamente proporcional a la cantidad de enfermedades que les afectan, activando agentes patológicos que se encontraban en un delicado equilibrio en los ecosistemas (Barrios 2016).

Una de las principales enfermedades es la denominada Complejo Mancha de Asfalto (CMA) causado por un complejo de hongos *Phyllachora maydis* Maubl.,

Monographella maydis Müller & Samuels y *Coniothyrium phyllachorae* Maubl.; provocando una reducción en el rendimiento e inclusive pérdida total de la producción. Como ejemplo en el año 2016 el complejo de mancha de asfalto causó una pérdida de más del 75% de producción nacional. Actualmente sigue siendo uno de los problemas más grande que presenta el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) (Barrios 2016).

Actualmente, el ICTA cuenta con híbridos con resistencia genética a enfermedades. Sin embargo, se continua con la investigación en mejorar las características nutritivas de los híbridos con resistencia al CMA que apoyen al incremento de la productividad de los agricultores y a mejorar la calidad de su dieta. Por tal razón, en el Centro de Producción del Norte de ICTA, ubicado en San Jerónimo, Baja Verapaz, se realizó la Evaluación del potencial de rendimiento de siete híbridos superiores de grano blanco de maíz (*Zea mays* L.) con alta calidad de proteína más zinc y resistencia al complejo mancha de asfalto (CMA) y tres híbridos comerciales, con el objetivo de identificar si alguno de los nuevos híbridos presenta buen potencial de rendimiento como también buen nivel de resistencia al CMA.

Para esta investigación se estableció el ensayo utilizando el diseño estadístico de bloques completamente al azar con diez tratamientos y tres repeticiones, el manejo de la unidad experimental se realizó bajo manejo tecnológico que ICTA utiliza; esto con el objetivo que los materiales expresen sus características de mejor manera.

Se realizó un análisis de la información obtenida con el programa Infostat® a través del uso de Modelos Lineales Generales y Mixtos a las variables: rendimiento, pudrición de mazorca y resistencia al complejo mancha de asfalto (CMA) establecidas dentro de la investigación y de las que existió diferencia significativa se realizó la prueba de medias a través de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) con el 95% de confianza. Donde se llegó a concluir que de los 7

híbridos superiores los que presentaron mejor rendimiento son: ICTA HBQZN-07, 6679.18 kg/ha; ICTA HBQZN-03, 6663.28 kg/ha; ICTA HBQZN-06, 6547.27 kg/ha; ICTA HBQZN-02, 6358.72 kg/ha; e ICTA HBQZN-04, 6070.81 kg/ha; llegando a tener rendimientos similares al material testigo ICTA HB-17 con rendimiento de 6711.61 kg/ha. También se llegó a determinar que de los 7 híbridos superiores quien mostró mayor resistencia al CMA fue: ICTA HBQZN-04, habiendo tenido 10% de daño en el desarrollo vegetativo. Para la variable mala cobertura se utilizó un análisis estadístico no paramétrico donde se concluyó que, los nuevos híbridos superiores presentaron un 97% de buena cobertura. Por medio de un análisis de componentes principales se concluyó que el híbrido superior de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc que presentó las características de buen potencial de resistencia al CMA y buen potencial de rendimiento fue ICTA HBQZN-03.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enfermedad complejo mancha de asfalto (CMA) en maíz (*Zea mays*), inducida por los hongos *Phyllachora maydis* Maubl., *Monographella maydis* Müller & Samuels y *Coniothyrium phyllachorae* Maubl., ha cobrado gran importancia en la última década por su amplia distribución y severidad debido a la interacción sinérgica de los patógenos involucrados (González DO y Orozco CA 2023).

La mancha de asfalto es una enfermedad que afecta a la planta de maíz, como también al grano. Crea necrosis en el tejido fotosintético, aumentando a lo largo del ciclo vegetativo, dificultando el proceso de fotosíntesis; al afectar a la mazorca, provoca pudrición de los granos, germinación prematura afectando directamente al rendimiento por unidad de área (Barrios 2016).

La reducción en el rendimiento de grano y forraje varía entre 30 y 50%, dependiendo de la susceptibilidad del genotipo, si la enfermedad ataca antes o después de la floración y si las condiciones ambientales son favorables para producir una epidemia (González DO y Orozco CA 2023).

Según Monterroso, citado por Barrios (2023), en el 2012 se reportó una pérdida de 5,506 ha de cultivo, debido a esta enfermedad, lo que afectó directamente la subsistencia de aproximadamente 1,542 familias. Para mayo 2012 se registró una producción de 974 kg/ha, comparado con 1,818 kg/ha reportados para estos materiales, debido a la expansión de la enfermedad.

Aunado a ello, la problemática de los altos índices de desnutrición crónica en niños menores de cinco años y malnutrición debido al alto consumo de maíz, principalmente en familias de escasos recursos. Guatemala ocupa el tercer lugar a nivel mundial y el primer lugar a nivel de Latinoamérica en desnutrición crónica en niños menores de 5 años con 46.5% y un 16.6% de desnutrición crónica

severa (ICTA 2022). El consumo per cápita anual es de 114 kg, en familias pobres esto puede llegar a duplicar o triplicarse dependiendo de la situación económica.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas – ICTA-, bajo el Programa de Maíz, cuenta con materiales (híbridos) biofortificados a disposición del agricultor, sin embargo, no se cuenta con un híbrido que presente un buen nivel de resistencia al Complejo Mancha de Asfalto. Es por ello que, es necesario trabajar en la generación de híbridos con alto potencial de rendimiento, mejor contenido nutricional y resistencia a enfermedades, específicamente al Complejo Mancha de Asfalto; mediante técnicas de fitomejoramiento convencional (ICTA 2022).

2.3. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, el maíz es considerado un cultivo marginal, y su producción es concebida mayormente como de importancia “social” más que económica, la mayoría del grano es producido por los agricultores con limitado acceso a innovación tecnológica, se produce en áreas marginales y de baja productividad, situación que incide negativamente en el potencial de rendimiento del cultivo; aunado a esto, es un cultivo que se produce con pocos insumos comprados y que está sometido a una serie de problemas biológicos, climáticos y edáficos (ICTA 2022).

La insuficiente producción local y el bajo potencial de rendimiento de las variedades de maíz con los que cuentan los agricultores de Guatemala es una de las principales problemáticas. La mancha de asfalto, se ha convertido en el principal factor limitante de la producción de maíz en zonas del trópico. La incidencia del CMA provoca severas pérdidas en rendimiento, en el país ha causado pérdidas en la producción de hasta un 80%. Según ICTA, citado por Chávez OF (2023), esta enfermedad afectó las producciones de maíz en el norte y este del país, en 2016 esta enfermedad causó la disminución del rendimiento en más del 75% en esas regiones.

Según Gonzáles DO y Orozco CA (2023), el desarrollo de materiales genéticamente tolerantes a enfermedades es considerado la mejor estrategia para el control de enfermedades.

El maíz es uno de las principales fuentes de energía en la dieta de los guatemaltecos, aportando el 51,7% de sus necesidades. Sin embargo, en Guatemala existe una carencia de micronutrientes y este cereal se encuentra con déficit en cantidad y calidad de proteína especialmente aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano, e inclusive de micronutrientes como el zinc que repercuten en la Seguridad Alimentaria y Nutricional (Chávez-Martínez y Martínez 2023). Por ello es importante mejorar el contenido nutricional del grano.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, funge como servidor público del estado, por tal motivo, tiene como deber promover y desarrollar tecnología que sirva de ayuda para los agricultores de las áreas marginales del país; es por ello que, según CIMMYT (2023) poner germoplasma tolerante a factores adversos en manos de los agricultores de escasos recursos es un requisito necesario para 1) satisfacer la creciente demanda de alimentos sin seguir abusando de los recursos naturales y 2) garantizar los ingresos y la seguridad alimentaria en las zonas rurales. Es preciso adaptar este producto a las condiciones de los agricultores de escasos recursos en zonas específicas.

El municipio de San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz, se encuentra dentro de la Región del Trópico Bajo de Guatemala y, sabiendo que en Guatemala hay precariedad en la Seguridad Alimentaria y Nutricional y un porcentaje afecta a la población rural, es necesario trabajar en el desarrollo de un nuevo material que genéticamente contrarreste esta problemática y sirva de ayuda al agricultor campesino. No solamente en calidad nutricional, sino también que presente un buen rendimiento y que suponga poco gasto en el manejo agronómico del mismo.

2.4. MARCO TEÓRICO

2.4.1. Producción mundial de maíz

Para el ciclo comercial 2022/2023, de acuerdo con estimaciones más recientes del USDA, la producción mundial sería de 1,161.86 millones de toneladas (mdt). La producción de maíz del año pasado fue de 1,216 millones de toneladas. Los 1,161.86 millones de toneladas estimados para este año podrían significar una reducción de 55.00 millones de toneladas o 4.52% en la producción de maíz alrededor del mundo (Producción Agrícola Mundial.com, 2023).

Producción de maíz de los principales países:

- a) Estados Unidos: 353,836,000 toneladas métricas.
- b) China: 274,000,000 toneladas métricas
- c) Brasil: 126,000,000 toneladas métricas

Figura 18. Producción en millones de toneladas de los principales productores de maíz del mundo para el año 2022



Fuente: Adaptado de <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/maiz.aspx> 2023

2.4.2. Situación de la producción de maíz en Guatemala

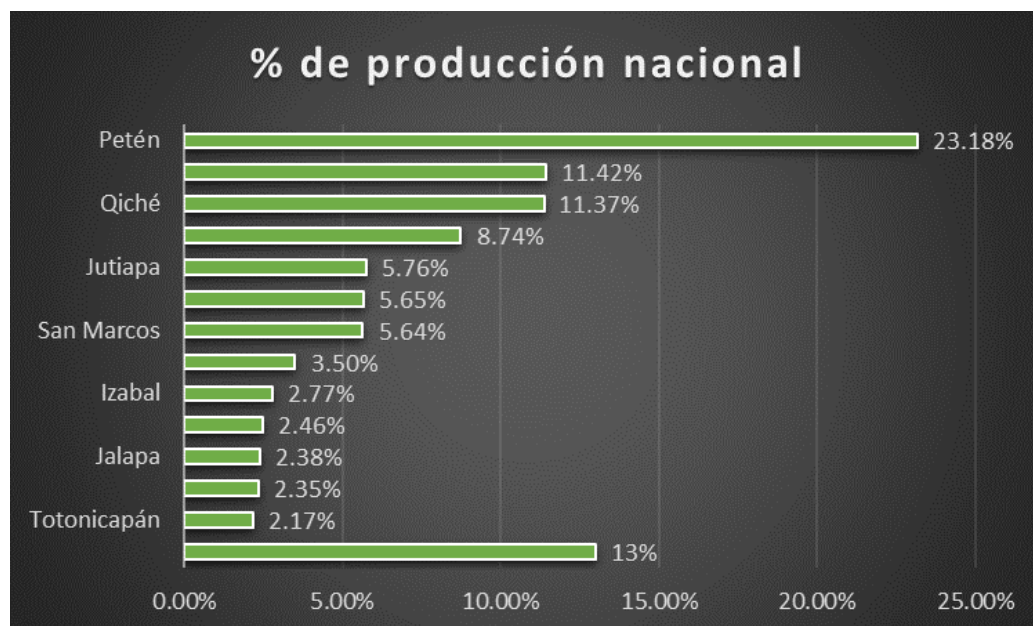
Durante el año 2022, Guatemala produjo un total de 1,950,000 toneladas en 882,789 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2,209 kg/ha (FAOSTAT, 2023)

En el año 2020 por medio de un estudio realizado por la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos DIGEGR-MAGA, titulado “Determinación de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala”, se llegó a determinar que el cultivo de maíz ocupa un total de 1,160,351 hectáreas, lo que equivale a un 10.66% de superficie del territorio nacional.

Los cinco principales productores nacionales son: Petén con 23.18%, Alta Verapaz con 11.42%, Quiché con 11.37%, Huehuetenango con 8.74% y Jutiapa con 5.76%. Estos cinco departamentos en conjunto producen el 60% de la producción nacional (MAGA, 2023).

A pesar de que Guatemala produce gran cantidad de maíz, no es suficiente para la demanda requerida por los guatemaltecos, es por ello que es necesaria la importación de maíz. De enero a noviembre de 2022 se importó 80,238 TM de maíz blanco, 1,414,046 TM de maíz amarillo. El maíz de grano blanco es el más utilizado para consumo humano, mientras que el maíz amarillo es utilizado en la industria (MAGA, 2023).

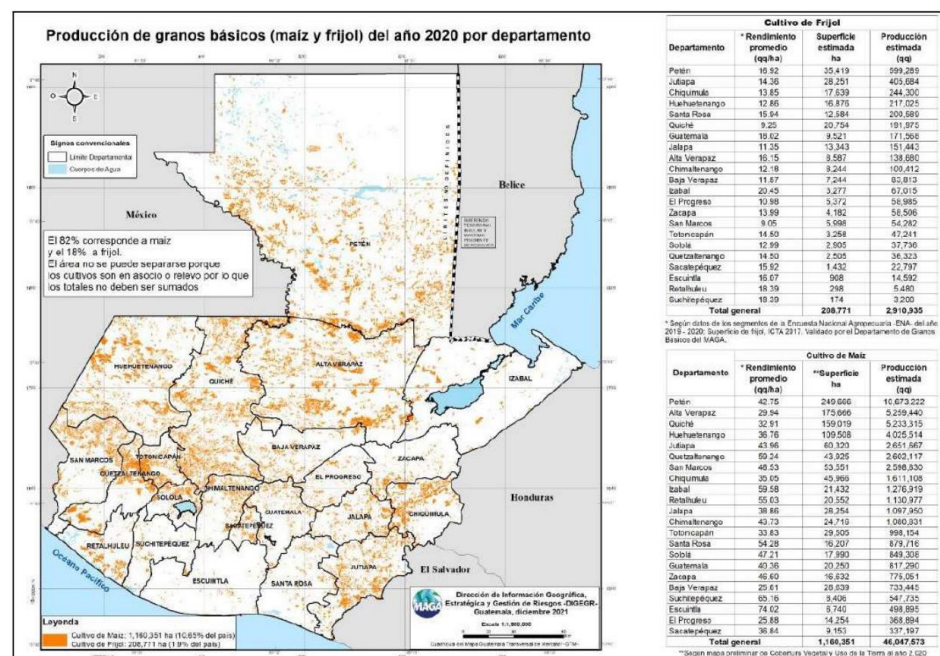
Figura 19. Distribución de la producción del maíz en el país a nivel departamental para el año 2020



Fuente: Adaptado de MAGA 2023

Según la información mostrada en la figura 20, el rendimiento de producción de maíz en el departamento de Baja Verapaz en el año 2020 en promedio fue de 25.61 qq/ha, estando cerca de la mitad del promedio de producción a nivel nacional siendo de 48.87 qq/ha.

Figura 20. Mapa de la superficie cultivada con granos básicos de maíz y frijol a nivel departamental en la República de Guatemala, año 2020



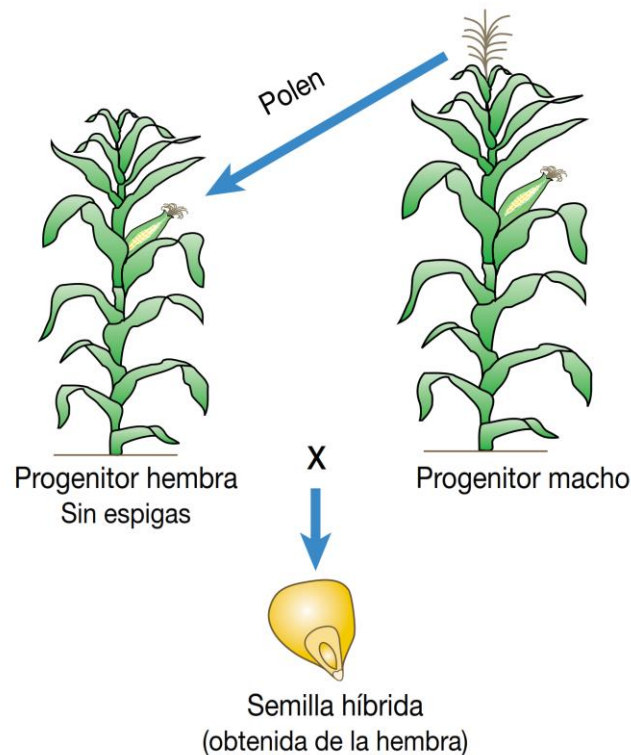
Fuente: Tomado de MAGA 2023:4

La producción de maíz se divide en dos zonas: el Trópico Bajo que va de los 0 a 1400 metros sobre el nivel del mar (msnm) y la zona del Altiplano que va de los 1401 a 2800 msnm. El Trópico Bajo por lo general posee áreas con buena distribución de precipitación pluvial, y la superficie de siembra de maíz es mayor comparada con el Altiplano. La zona del Altiplano, por lo general se considera con bajo potencial para cultivar maíz, principalmente porque en su mayoría se cultiva en laderas. En esta zona se han hecho esfuerzos por diversificar con cultivos más rentables que el maíz, con hortalizas como ejemplo, sin embargo, los resultados no han sido buenos. Una de las razones es que sigue siendo el cultivo con mayor superficie de siembra en la zona, incluso donde ya existe diversificación de cultivo el maíz no se deja de sembrar, y no sólo por razones culturales, sino también para conservar una mínima garantía de seguridad alimentaria para las familias más necesitadas (ICTA et al. 2023:3)

2.4.3. ¿Qué es un Híbrido de Maíz?

Un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra que genéticamente no está emparentada con la primera. Una planta hembra es cruzada con una planta macho a fin de producir semilla híbrida. Esta semilla posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores, y produce una planta con ciertas características, como una madurez específica, resistencia a enfermedades, cierto color de grano, calidad de procesamiento, etc. En el caso del maíz, existen varios tipos de híbridos, como el híbrido simple, híbrido triple, híbrido doble e híbrido mestizo. Cada tipo tiene una configuración parental distinta, pero en todos los casos, la semilla híbrida que se vende a los agricultores es una cruce entre dos progenitores: una hembra y un macho. Como los órganos masculinos y femenino del maíz están separados, resulta relativamente fácil hacer una cruce entre dos plantas (MacRobert JF, Gethi J y Regasa MW 2023).

Figura 21. Progenitor hembra y Progenitor macho, proceso de polinización para la producción de semilla híbrida



Fuente: Tomada de CIMMYT 2023:1

Es claro que para la producción de semilla híbrida existen muchos factores clave que determinarán el éxito y la calidad de la producción de la semilla híbrida, algunos de esos factores:

- La identidad, pureza y conservación de la identidad de los progenitores hembra y macho.
- La proporción de surcos hembra a surcos macho, en el campo de producción de semilla.
- Programar el momento en que se siembran las plantas de la hembra y del macho.
- Eliminación oportuna de las espigas de las plantas hembra antes de que produzcan polen y antes de la emisión de estigmas.
- Sincronizar el momento en que emergen los estigmas de las hembras con la producción de polen de los machos.
- Evitar que los estigmas de la hembra se contaminen con polen, especialmente el de otras, de machos atípicos o de plantas foráneas.
- Evitar las mezclas de semilla entre y dentro de las plantas masculinas y femeninas.

Los componentes básicos de los híbridos de maíz son las líneas endogámicas. Éstas son el resultado de la autopolinización repetida de ciertas poblaciones de maíz con el fin de producir plantas que tienen una configuración genética fija y uniforme. Debido a que el maíz normalmente se poliniza de forma cruzada, las líneas endogámicas generalmente son más pequeñas, menos vigorosas y menos rendidoras que las plantas de maíz de polinización libre, debido a un fenómeno denominado “depresión endogámica”. Sin embargo, cuando dos líneas endogámicas no emparentadas son cruzadas para formar un híbrido, la semilla que resulta produce plantas de renovado vigor y con un rendimiento significativamente mayor que el de cualquiera de los dos progenitores. Esto se conoce como “vigor híbrido”, el cual rebustece a los híbridos y hace que éstos sean útiles para los agricultores (MacRobert JF, Gethi J y Regasa MW 2023).

2.4.4. Tipos de híbridos de maíz

Cuadro 6. Tipos de híbridos de maíz y sus características generales

Tipo de Híbrido	Progenitor Hembra	Progenitor Macho	Rendimiento de Semilla	Precio de la Semilla	Característica de los Híbridos	Rendimiento de Grano
Simple	Línea endogámica	Línea endogámica	El más bajo	Alto	Uniforme	El más alto
Triple	Híbrido simple	Línea endogámica	Alto	Moderado	Apenas variable	Alto
Doble	Híbrido simple	Híbrido simple	El más alto	Bajo	Muy variable	De moderado a alto
Mestizo	VPL	Línea endogámica	Moderado	Bajo	Muy variable	Moderado
Intervarietal	VPL	VPL	De moderado a alto	Bajo	Muy variable	De moderado a bajo

Fuente: Adaptado de CIMMYT 2023

2.4.5. Híbridos de maíz generados por el ICTA

El ICTA ha desarrollado variedades e híbridos de maíz para que los productores tengan opciones de semillas mejoradas adaptadas a su ambiente y sistema de producción. Es importante resaltar el apoyo que le ha brindado al ICTA el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en el desarrollo de nuevas variedades e híbridos de maíz (ICTA et al. 2023:7). A continuación, en el cuadro 7 se muestra las características de los tres híbridos que el ICTA ha puesto a disposición de los agricultores para la región del Trópico Bajo.

Cuadro 7. Características de los tres principales híbridos para la región del Trópico Bajo.

Nombre	Híbrido	Rendimiento (kg ha)	Color	Región	Principales Características
ICTA HB-18	Híbrido triple	5,974	Blanco	Trópico Bajo	Alta calidad de proteína y alto zinc
ICTA HB-17	Híbrido triple	7,467	Blanco	Trópico Bajo	Resistencia al Complejo Mancha de Asfalto
ICTA Gano de Oro	Híbrido triple	5,843	Amarillo	Trópico Bajo	Restistencia al Complejo Mancha de Asfalto

Fuente: Adaptado de ICTA 2023.

2.4.6. Clasificación Botánica del Maíz

Cuadro 8. Clasificación Taxonómica del Maíz

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Sub división	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledoneae
Grupo	Glumiflora
Orden	Graminales
Familia	Gramineae
Tribu	Maydeae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>

Fuente: Tomada de Fernández 2023:4

2.4.7. Problemática del cultivo de maíz
Bajo potencial de rendimiento

La insuficiente producción local y el bajo potencial de rendimiento de las variedades de maíz con los que cuentan los agricultores de Guatemala es una de las principales problemáticas. El rendimiento promedio nacional es bajo (2,216 kg/ha), aunque es posible cubrir casi la totalidad de la demanda de maíz blanco con el maíz amarillo no es así. Para el caso de maíz amarillo Guatemala importa más del 85% de México y Estados Unidos para satisfacer la demanda, esto hace que sea necesario aumentar la producción nacional del cultivo (MAGA, 2023, citado por Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Una alternativa viable es el uso de germoplasma mejorado. Actualmente, el ICTA cuenta con híbridos de maíz como alternativa para los productores que tienen la capacidad en invertir en estos materiales, sin embargo, no existe un híbrido de maíz biofortificado que tenga resistencia genética a enfermedades (CMA, principalmente) que atienda a las necesidades productivas y nutricionales de las familias guatemaltecas (Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Contenido nutricional deficiente

A pesar del alto consumo de maíz en forma de tortillas en la población guatemalteca, especialmente en el área rural, el maíz no aporta mucho en términos nutricionales. El problema son los altos índices de desnutrición crónica en niños menores de cinco años y malnutrición debido al alto consumo de maíz, principalmente en familias de escasos recursos del área rural. El maíz es deficitario en calidad de proteína, especialmente aminoácidos esenciales como lisina y triptófano, por lo que es indispensable prestarle atención a esta característica (Chávez-Martínez y Martínez 2023).

La actual calidad agronómica y nutricional de los maíces con alta calidad proteínica (Quality Protein Maize, QPM) se debe al gran trabajo realizado por Surinder K. Vasal, genetista del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y a Evangelina Villegas, bioquímica ex investigadora de CIMMYT (Anónimo 2001; Ortega et al. 2001). La principal ventaja del maíz QPM, sobre el maíz normal, es que contiene aproximadamente el doble de lisina y de triptófano, aminoácidos esenciales para la nutrición humana y animal (Poehlman y Allen 2003). El uso de este germoplasma por un mayor número de productores de maíz, permitirá elevar el nivel nutricional de la población de África y América, fuertes consumidores de este grano (Anónimo 2001; Ortega et al., 2001; Poehlman y Allen 2003; Espinosa, 2000, citado por Chávez-Martínez y Martínez 2023).

En la actualidad el Programa de Maíz/Ajonjolí del ICTA cuenta con el híbrido ICTA HB-18^{ACP+Zn} y las variedades de polinización libre ICTA B-15^{ACP+Zn} e ICTA B-9^{ACP}, todas de grano blanco y biofortificadas que están disponibles para la región del trópico bajo. Sin embargo, no se cuenta con un híbrido biofortificado con resistencia a enfermedades (Complejo Mancha de Asfalto) (Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Sequía (Humedad limitada)

Otro problema de gran relevancia para el cultivo de maíz es la “sequía”, en Guatemala, el área más afectada por este fenómeno climatológico es el “corredor seco”, que abarca parte de varios departamentos del país (Quiché, Baja Verapaz, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, El Progreso y Zacapa) (Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Según el estudio de Orrego, Gonzáles y Hernández, citado por Chávez-Martínez y Martínez (2023), sobre la canícula y su comportamiento en Guatemala indica que la canícula ocurre en casi todo el país, excepto la zona del caribe, dando inicio entre el 31 de junio y el 3 de agosto, finalizando entre el 3 de agosto al 12 de septiembre. La duración de la canícula puede ser de 20 a 65 días y la precipitación durante la canícula es de 59 a 268 mm.

El efecto particular de la sequía sobre la planta de maíz es que afecta la habilidad de producir grano si se presenta en las tres fases críticas del crecimiento vegetativo: a) al inicio del ciclo de cultivo (siembra-plántula); b) en fase de floración; y c) en fase de llenado de grano. Se ha demostrado que la reducción de agua en el cultivo del maíz durante el período de prefloración, floración y post-floración provoca pérdidas de 25%, 50% y 21%, respectivamente (Bolaños y Edmeades, 1990, citado por Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Heisey y Edmeades, citado por Chávez-Martínez y Martínez (2023), informan que el momento crítico de estrés de sequía de maíz se ubica entre los 7 días previos al inicio de la floración y 15 días posterior a esta. En esta etapa la reducción de rendimiento es mayor y puede ser 2 o 3 veces más alta que en otras fases de crecimiento. Se indica también que en esta fase el número de granos puede reducirse hasta en 45%.

2.4.8. Principales Enfermedades en el Trópico de Guatemala

A. Complejo Mancha de Asfalto: *Phyllachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*

Esta enfermedad se presenta en zonas relativamente frescas y húmedas de los trópicos, similares a aquellas en las que es común el tizón de la hoja causado por *Turcicum*. Primeramente, se producen manchas brillantes y ligeramente abultadas, de color negro. En una etapa posterior se desarrollan áreas necróticas en el tejido foliar.

La mancha de asfalto es una enfermedad que produce marcas que aparecen en las hojas de maíz a lo largo del período vegetativo, iniciando con puntos amarillos en las hojas, con el paso del tiempo cambia a negro, generando en su última fase necrosis en el tejido fotosintético, el efecto aumenta a lo largo del ciclo vegetativo, dificultándose la fotosíntesis y el rendimiento por unidad de área.

La necrosis produce las siguientes consecuencias: afecta la fotosíntesis, afectando el desarrollo de la planta, el fruto es afectado dando como resultado menor número de hileras, menos granos por hilera y granos de menor peso.

Las mazorcas de las plantas afectadas son muy livianas y tienen granos flojos que no alcanzan a compactarse; muchos de los granos en la punta germinan prematuramente, mientras aún están en el olote (CIMMYT 2023).

En el área rural, las hojas tienen diferentes formas de aprovechamiento, una de las más utilizadas domésticamente es para envolver la masa de maíz y formar los tamales de masa, para su cocción por lo que genera el desuso del mismo; además son utilizadas para la alimentación de ganado en fresco y ensilado, acá la relación carbono/nitrógeno se amplía generando la desaparición de azúcares haciéndolas no aptas para este proceso (Monterroso, citado por Barrios 2023).

El ciclo de la enfermedad se presenta de la siguiente manera:

- a. Primeros síntomas provocados por *P. maydis*,

- b. Síntomas por *M. maydis* provocan necrosis en las hojas y al cabo de dos semanas aproximado, se logra observar una marca conocido como ojo de pez.
- c. Síntomas por *C. phyllachorae* aparición de estromas oscuros ovalados o de forma irregular que brotan a través de la epidermis de las hojas inferiores y centrales. (Loladze et al. 2023).

Figura 22. Daños ocasionados por el Complejo Mancha de Asfalto en el maíz.



Fuente: Tomado de CIMMYT 2023

Cuadro 9. Clasificación taxonómica de los hongos del Complejo Mancha de Asfalto.

Hongo	<i>Phyllachora maydis</i>	<i>Monographella maydis</i>	<i>Coniothyrium phyllachorae</i>
Reino	Fungí		
División	Ascomycota		
Subdivisión	Pezizomycotina		
Clase	Sordariomycetes	Ascomycetes	Dothideomycetes
Subclase	Incertaesedis	Xylariomycetidae	Pleosporomcetidae
Orden	Phyllachorales	Xylariales	Pleosporales
Familia	Phyllachoraceae	Amphisphaeriaceae	Leptosphaeriaceae
Género	<i>Phyllachora</i>	<i>Monographella</i>	<i>Coniothyrium</i>
Especie	<i>maydis</i>	<i>maydis</i>	<i>phyllachorae</i>

Fuente: Tomado de Barrios 2023;18

Factores que favorecen la enfermedad: alta humedad en el ambiente, niveles altos de fertilización nitrogenada, dos ciclos de maíz por año, genotipos susceptibles, baja luminosidad, edad de alta vulnerabilidad del hospedante, virulencia de los patógenos involucrados (ICTA 2023).

Actualmente el ICTA tiene liberado híbridos de maíz que presentan resistencia al Complejo Mancha de Asfalto, siendo: ICTA-HB 17 de grano blanco e ICTA Grano de Oro, de grano amarillo. Estos híbridos solamente presentan, genéticamente, la resistencia del CMA; el ICTA busca crear un nuevo híbrido que genéticamente contenga: resistencia al CMA y buen contenido nutricional.

B. Complejo del Achaparramiento del Maíz

Esta enfermedad es causada por tres principales organismos, siendo:

1. Virus del rayado fino del maíz (MRFV)
2. Espiroplasma del achaparramiento del maíz (CSS), y
3. Enanismo arbustivo del maíz (MBS)

El vector encargado de transmitir los tres patógenos, es la especie *Dalbulus maidis* conocido también como chicharrita (CIMMYT 2023).

Dalbulus maidis (Figura 23), recibe distintos nombres como: chicharrita del maíz, cicadula amarillenta, cigarrita del maíz, salta hoja del maíz, saltahojas. Este insecto se encuentra desde los 0 hasta 3200 msnm, el tamaño de los adultos es de 3.7 a 4.3 mm; los adultos pueden llegar a sobrevivir desde 45 a 180 días, dependiendo de las temperaturas del ambiente. Las hembras adultas pueden producir más de 600 huevos; el ciclo reproductivo es de 25-30 días con una temperatura de 25°C (CIMMYT 2023).

Figura 23. Adulto del vector *Dalbulus maidis*.



Los daños producidos por el *Dalbulus maidis* en el estado adulto y ninfas es sobre las hojas, chupando los jugos de las hojas, provocando marchitez y clorosis en las mismas. Los adultos al chupar los jugos, depositan gotas de una especie de “miel” en las hojas, provocando que proliferen hongos bloqueando la actividad fotosintética de las hojas.

Las chicharritas causan más daño por la transmisión de espiroplasma, fitoplasma y el virus del rayado fino del complejo de achaparramiento. Una vez adquirido el patógeno en la planta, éste se continuará transmitiendo de por vida (CIMMYT 2023).

Las severas infestaciones del *D. maidis* en el cultivo de maíz pueden prolongar los daños transmitidos por dicho vector, debido a que se han acomodado al clima ocasionado por los eventos climáticos extremos, como las canículas prolongadas.

C. Mancha Foliar por *Curvularia spp.*

Según Chávez-Martínez y Martínez (2023). Esta enfermedad ha sido asociada con el hongo *Curvularia spp.*, sin embargo, en Guatemala aún no se ha determinado la o las especies presentes.

Curvularia spp., pertenece a la clase de los Deuteromicetes, Orden Miniliales y Familia Dematiacea, este género actualmente está compuesto por más de 40 taxones, sin embargo, la especie mayormente asociada al cultivo de maíz ha sido *Curvularia lunata* Boed (Alexopolus et al., 1996; Garcés et al., 2011; Jie et al., 2000, citado por Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Los síntomas principalmente se caracterizan por la presencia de manchas cloróticas muy pequeñas, con apariencia aceitosa, en el centro de cada lesión se observa un punto pardo rodeado de un borde rojizo y un halo clorótico; sobre la lámina foliar se presenta gran cantidad de estas manchas. *Curvularia spp.*, puede llegar a ocasionar pérdidas en el rendimiento de hasta 60%, debido a la gran pérdida de la región fotosintética del cultivo (Varón de Agudelo y Sarria-Villa, 2007; Akinbode, 2010, citado por Chávez-Martínez y Martínez 2023).

Figura 24. Daño en hojas causados por *Curvularia spp.*, en el maíz.



Fuente: Tomado de ICTA 2023

2.5. MARCO REFERENCIAL

2.5.1. Ubicación del municipio de San Jerónimo B.V.

Está situado sobre la Ruta Nacional No. 17, a 10 kilómetros de la cabecera departamental y a 150 kilómetros de la ciudad capital, ambos tramos con carretera asfaltada. Se encuentra situado al oriente del departamento de Baja Verapaz, a Latitud Norte de 15° 03' 46" y Longitud Oeste de 90° 14' 21" y a 999.42 metros sobre el nivel del mar (msnm). Cuenta con una extensión territorial de 646 kilómetros cuadrados, topografía quebrada y montañosa; la cabecera municipal se encuentra asentada en un valle.

El municipio colinda al norte y oeste con el municipio de Salamá, al sur y este con el municipio de Morazán, departamento de El Progreso (Consejo Municipal de Desarrollo y secretaría de Planificación y Programación 2011).

2.5.2. Ubicación del Centro de Producción del Norte, CEPNOR -ICTA-

INSIVUMEH, citado por Barrios (2023), CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz, se encuentra a una altitud de 980 msnm, cuenta con coordenadas 15° 3'34.84" Latitud Norte y 90° 15'15.73" Longitud Oeste, tiene una precipitación pluvial de 900-1400 milímetros anuales, la temperatura promedio es de 24 centígrados con una mínima de 17 centígrados y una máxima de 31 centígrados, humedad relativa en rangos 75 a 91%.

Los suelos son de textura franco arenosa, topografía plana, regular drenaje, suelos profundos, de origen volcánico, de color negro en su mayoría. Tiene una extensión de 24.5 hectáreas (Plan de uso Centro Experimental San Jerónimo, Baja Verapaz 2021). El Programa de Maíz tiene asignado aproximadamente 2.82 mz para establecer las investigaciones.

Figura 25. Centro de Producción del Norte, San Jerónimo, B.V.



Fuente: Google Eart 2023

Figura 26. Área de Investigación, Programa de Maíz.



Fuente: Google Earth 2023

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

- Evaluar el potencial de rendimiento a siete híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc y resistencia al CMA y tres híbridos comerciales, en las condiciones del Centro de Producción del Norte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas durante el período de junio-diciembre del año 2023.

2.6.2. Específico

- ✓ Identificar los híbridos superiores que presenten buen potencial de rendimiento.
- ✓ Identificar los híbridos superiores que presenten buen nivel de resistencia al Complejo Mancha de Asfalto.
- ✓ Determinar el porcentaje de cobertura de las mazorcas de los híbridos superiores identificados.
- ✓ Identificar cuál de los híbridos superiores cuenta con las características de resistencia al complejo mancha de asfalto y potencial de rendimiento.

2.7. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los 7 híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc presentará un alto potencial de rendimiento y buen nivel de resistencia al CMA.

2.8. METODOLOGÍA

2.8.1. Métodos de Fitomejoramiento Utilizados por el Programa de Maíz

Para el desarrollo de variedades de grano blanco con buen potencial de rendimiento, mayor contenido nutricional y resistencia a enfermedades a través de fitomejoramiento convencional se utiliza el método de selección recurrente y método de retro cruces.

2.8.2. Metodología del experimento

2.8.2.1. Localidad

La unidad experimental se ubicó en el área que el programa de Maíz trabaja, dentro del Centro de Producción del Norte de ICTA, San Jerónimo, Baja Verapaz.

2.8.2.2. Diseño experimental

Para la evaluación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, de diez tratamientos y tres repeticiones, para un total de 30 unidades experimentales.

2.8.2.3. Modelo estadístico

El diseño de Bloques Completamente al Azar empleado en las evaluaciones, maneja el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (híbrido de maíz)

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

2.8.2.4. Supuestos

$$\varepsilon_{ij} \sim \text{NID} (0, \sigma^2)$$

No existe interacción entre bloque y tratamiento, lo que significa que un tratamiento no debe modificar su acción (o efecto) por estar en uno u otro bloque.

2.8.2.5. Hipótesis Experimental

- $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \dots = \tau_{10} = 0$; todos los tratamientos producen el mismo efecto, obteniendo rendimientos y resistencias al CMA iguales.
- $H_a: \tau_i \neq 0$ para algún i ; al menos alguno de los tratamientos produce efecto distinto en cuanto al rendimiento y resistencia al CMA.

2.8.2.6. Tratamientos

Se utilizaron 10 tratamientos: 7 híbridos superiores y 3 testigos comerciales; y tres repeticiones.

En el cuadro 10 se observa la nomenclatura de los tratamientos utilizados.

Cuadro 10. Datos de los tratamientos

Tratamiento	Nombre	
1	ICTA HBQZN – 01	
2	ICTA HBQZN – 02	
3	ICTA HBQZN – 03	
4	ICTA HBQZN – 04	
5	ICTA HBQZN – 05	
6	ICTA HBQZN – 06	
7	ICTA HBQZN – 07	
8	ICTA HB - 18 ^{ACP+Zn}	Calidad Nutricional
9	ICTA HB - 17	Resistencia al CMA, Rendimiento
10	ICTA HB - 83	Susceptibilidad al CMA

2.8.2.7. Aleatorización de los tratamientos

Cuadro 11. Distribución de los tratamientos

INICIO

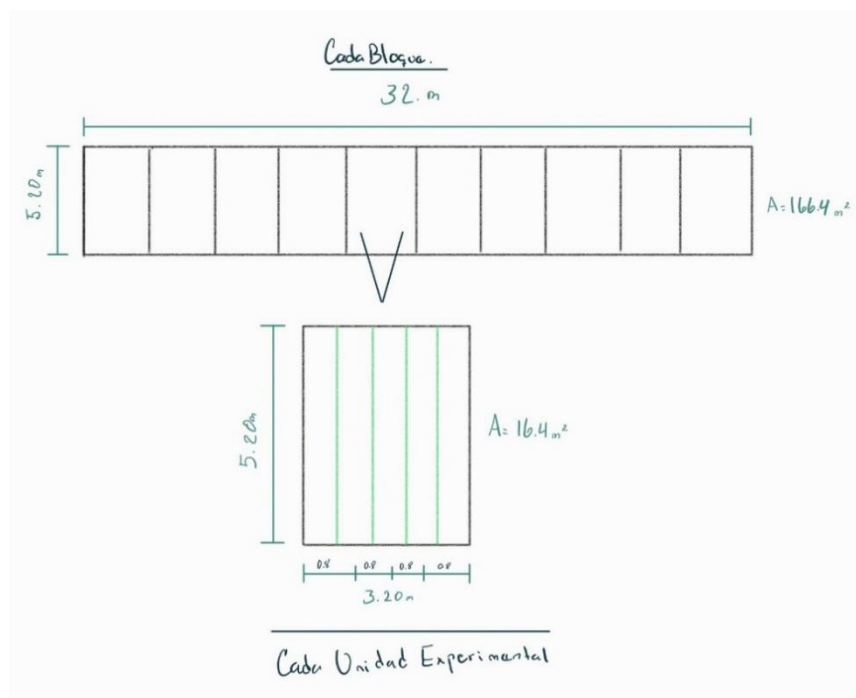


Bloque I									
101 T4	102 T2	103 T8	104 T3	105 T7	106 T6	107 T5	108 T1	109 T9	110 T10
Bloque II									
210 T5	209 T7	208 T4	207 T3	206 T6	205 T9	204 T2	203 T10	202 T1	201 T8
Bloque III									
301 T3	302 T6	303 T10	304 T1	305 T9	306 T8	307 T2	308 T4	309 T5	310 T7

2.8.2.8. Tamaño de la unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental estuvo formado por cuatro surcos de 5.20 m de largo, utilizando un distanciamiento entre surcos de 0.80 m; abarcando 16.64 m², además el distanciamiento entre postura fue de 0.40 m con dos plantas por posturas. Cada unidad experimental contó con una densidad promedio de 104 plantas.

En la página siguiente se figura un croquis.

Figura 27. Croquis y área de cada unidad experimental

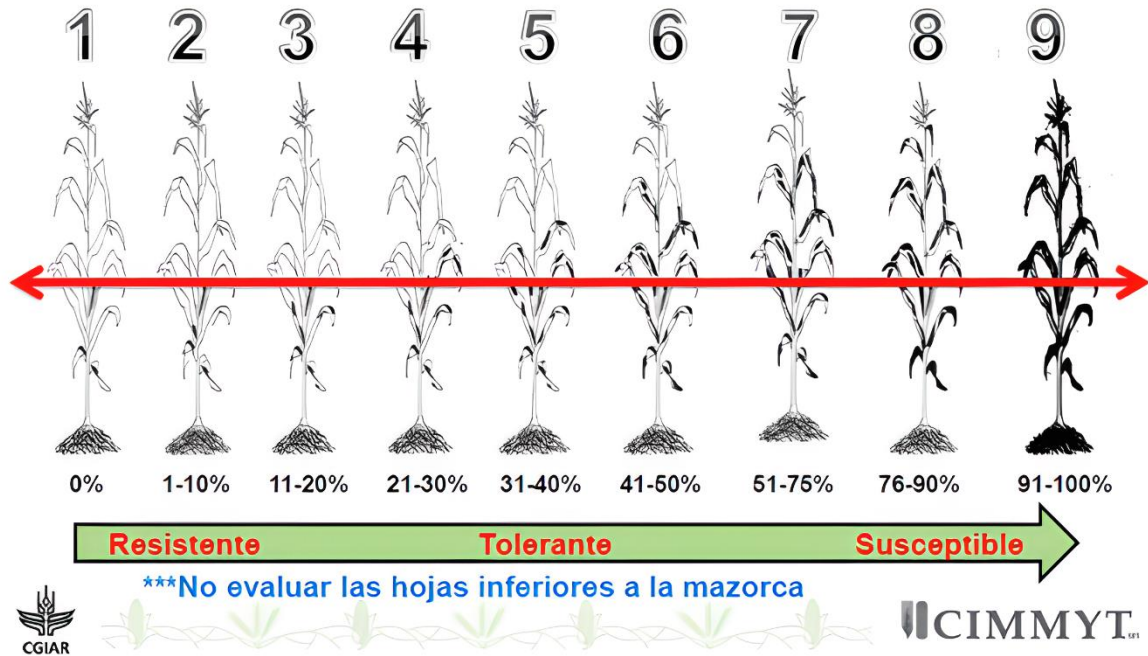
Fuente: Elaboración propia 2023

2.8.2.9. Variables de Respuesta

- Rendimiento de grano (Kg/ha): Peso total de grano comercial de cada unidad experimental al 15% de humedad.
- Pudrición de Mazorca (%): Proporción de mazorcas podridas respecto al número mazorcas totales cosechadas en cada una unidad experimental
- Mala Cobertura (%): Proporción de mazorcas con mala cobertura respecto al número de plantas cosechadas en cada unidad experimental.
- Resistencia a Enfermedades: Para las manchas foliares se utilizó escala propuesta por CIMMYT, donde 1= ausencia de síntomas y 9= una infección muy severa (Figura 28) (CIMMYT, 2022).

Además de las 4 variables de respuesta, se realizó una toma de datos que serán de utilidad para un registro de información de cada tratamiento, con la finalidad de tenerlo documentado en la base de datos del Programa de Maíz.

Figura 28. Escala de calificación de las enfermedades foliares



Fuente: Tomado de ICTA 2023

2.8.2.10. Análisis de la información

La información se analizó con el programa InfoStat® a través del uso de Modelos Lineales Generales y Mixtos. Al existir diferencia significativa en las variables evaluadas rendimiento de grano (kg/ha), pudrición de mazorca (%) y resistencia a enfermedades; se realizó pruebas de medias a través de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) ($P < 0.05$) y contraste ortogonal para la variable rendimiento. Para la variable “Mala Cobertura (%)” se realizó un análisis estadístico no paramétrica.

Se realizó el análisis de componentes principales, donde a través de una gráfica de interacción de las variables principales se identificó a los híbridos superiores que presentan características de resistencia y rendimiento.

2.8.2.11. Análisis Económico

Se realizó estimaciones de costos de producción para cada uno de los tratamientos durante el desarrollo de la investigación.

2.8.2.12. Manejo del experimento

- a. Preparación de tierras: Se realizó de forma mecanizada, realizando un paso de arado y dos de rastra.
- b. Tratamiento de semilla: Se realizó utilizando Thiamethoxam + Cyantraniliprole + Fludioxonil + Metalaxyl-M (Fortenza Maxx 38,25 FS), previo a la siembra.
- c. Distancias de siembra: 0.80 metros entre surcos y 0.40 metros entre posturas, para una densidad poblacional aproximada de 62,500 plantas/ha.
- d. Raleos: Al momento de la siembra se colocaron tres semillas por postura, 20 días después se eliminó una planta, dejando únicamente dos por postura.
- e. Fertilización: Se realizó de forma manual utilizando una caba o chuso para enterrar el fertilizante, se aplicó 100 kg/ha de nitrógeno, 30 kg/ha de fósforo y 80 kg/ha de potasio, en tres momentos específicos del ciclo del cultivo. La primera fertilización se realizó entre los 8 a 10 días después de siembra (DDS). La segunda época de aplicación o aplicación intermedia se realizó al momento del aporque, es decir aproximadamente entre los 30 y 35 DDS. Y la tercera aplicación se realizó cuando el cultivo se encontraba en estado de prefloración (al candealeo), aproximadamente a los 40 a 45 DDS.
- f. Control de malezas: Se realizaron las limpiezas necesarias para mantener el ensayo completamente limpio, se realizó tanto de forma manual como también de forma química utilizando herbicidas selectivos de contacto y sistémicos como: Glufusinato de Amonio, Haosulfuron metil y Paraquat + Dicuat.
- g. Control de plagas del follaje: Se realizaron aplicaciones de forma química, principalmente orientadas a controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Walker). Se utilizaron productos de acción de contacto y sistémicos, orientados al control del insecto en sus diferentes estadios

larvales y de huevo. Productos recomendados: Lambdacihalotrina + Cloranthraniliprole, Spinetoram, Profenofos + Lefenurum y Thiodicarb.

- h. Control de enfermedades: Por el tipo de enfoque de la investigación, no se realizó ningún tipo de control de enfermedades.

2.8.2.13. Datos a medir

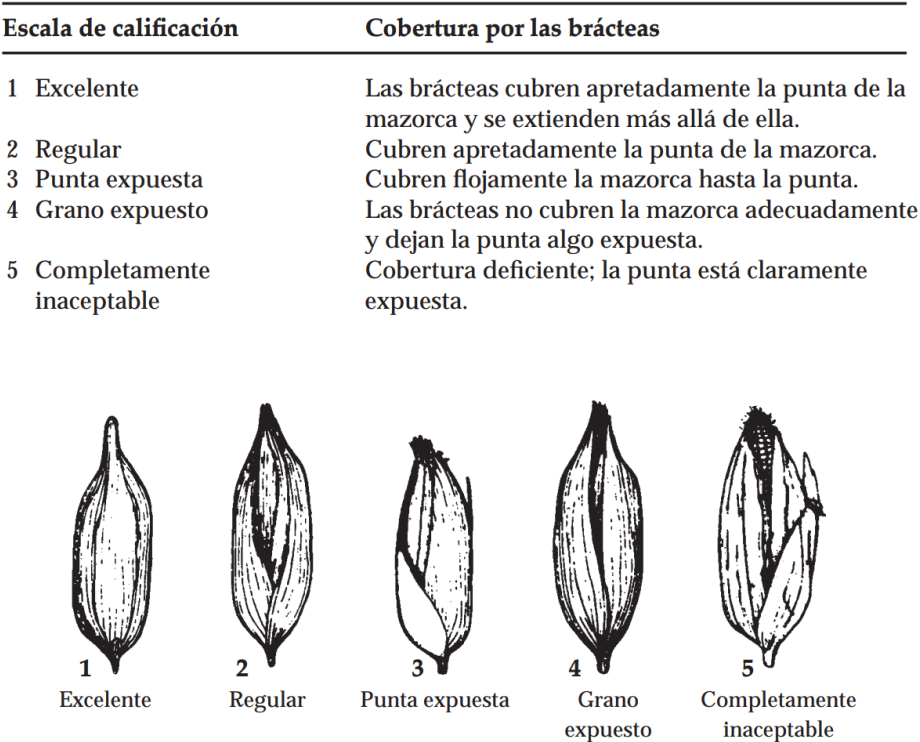
- a. Número de plantas emergentes: Es el número de plantas que emergen del suelo luego del proceso de germinación. Se realizó el conteo 5-8 días DDS.
- b. Días a floración masculina: Es el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas inician la liberación de polen
- c. Días a floración femenina: Es el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela tienen estigmas de 2-3 cm de largo (CIMMYT, 1995)
- d. Altura de planta: Es la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta la base de la espiga.
- e. Altura de mazorca: Es la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta. La altura de planta y la altura de mazorca debe tomarse entre las dos o tres semanas posteriores a la floración (CIMMYT, 1995).
- f. Enfermedades: Evaluar los daños en cada parcela, concentrándose en las enfermedades importantes en cada región. Para obtener una calificación precisa de la severidad de la enfermedad, se tomó nota del daño causado en las etapas finales del ciclo de cultivo, pero antes de que las hojas se tornaron de color café (antes de madurez fisiológica). Se utilizó la escala propuesta por CIMMYT, donde 1= ausencia de síntomas y 9= una infección muy severa (CIMMYT, 1995).
- g. Acame de raíz: Se registró el número de plantas con una inclinación de 30° o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde comienza la zona radical.

- h. Acame de tallo: Se registró el número de plantas con tallos rotos o quebrados. Los datos del acame de raíz y el acame de tallo, se tomaron al final del ciclo, justo antes de la cosecha (CIMMYT, 1995).
- i. Cobertura de mazorca: Se registró el número de mazorcas de cada parcela que antes de la cosecha tuvieron expuesta alguna parte de la mazorca (punta descubierta). Tomar esta característica de los materiales cuando las mazorcas estén completamente desarrolladas y se estén secando las brácteas (Figura 29). La mejor época es de 1 a 3 semanas antes de la cosecha.
- j. Número de plantas cosechadas: Se registró el número de plantas cosechadas en cada parcela, sin importar que la planta tenga una mazorca, dos mazorcas o ninguna (CIMMYT, 1995).
- k. Peso de campo: Después de cosechar todas las plantas en los cuatro surcos. Se registró en kilogramos y hasta con dos lugares decimales el peso de campo de las mazorcas con olotes. Si es posible, demorar la cosecha del maíz hasta que su contenido de humedad sea bajo (15%). Esto permitirá la expresión completa del acame de tallo y de raíz y de las diferencias entre las familias en cuanto a pudriciones de la mazorca. Además, cuando el contenido de humedad es bajo, el grano resulta más fácil de desgranar para determinar ese contenido y los medidores de la humedad funcionan con mayor precisión.
- l. Número de mazorcas totales o número de mazorcas cosechadas: Se registró la cantidad total de mazorcas cosechadas, excluyendo las mazorcas secundarias que sean muy pequeñas (CIMMYT, 1995).
- m. Número de mazorcas podridas: Se registró el número de mazorcas podridas en los cuatro surcos cosechados.
- n. Aspecto de la mazorca: Después de la cosecha, pero antes de tomar una muestra para determinar la humedad, extienda la pila de mazorcas frente a cada parcela y califique características tales como daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado del grano y

uniformidad de las mazorcas según una escala de 1 a 5, donde 1 es óptimo y 5, muy deficiente (CIMMYT, 1995).

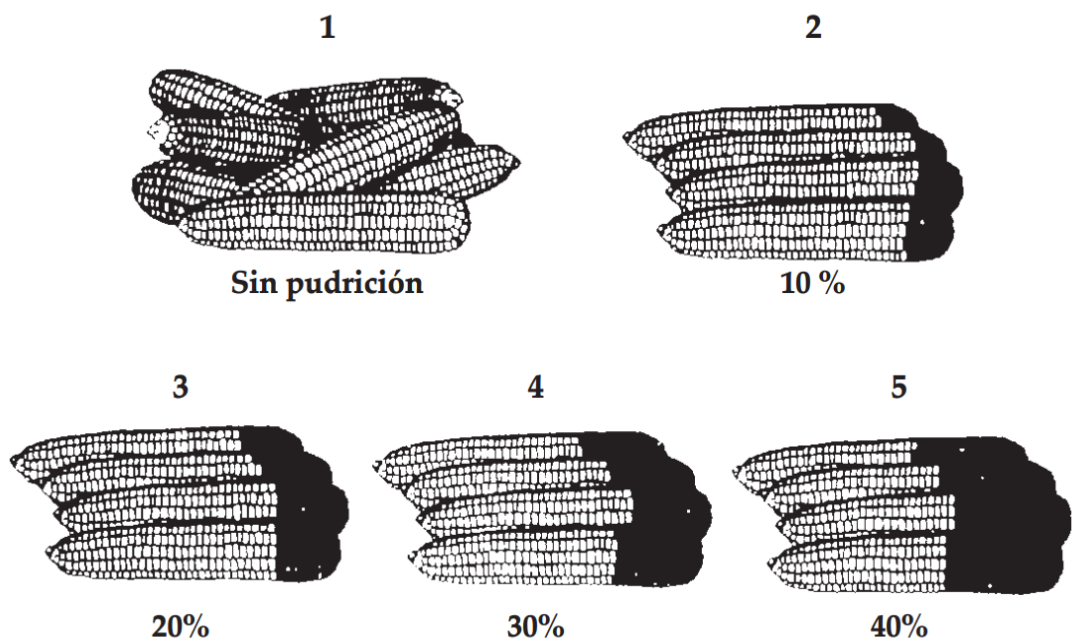
- o. Porcentaje de humedad: Tome 10 mazorcas de cada parcela, desgrane 2 hileras centrales de cada mazorca, mezcle el grano obtenido y con esta muestra a granel determine el porcentaje de humedad en el grano en el momento de la cosecha. Los medidores de humedad portátiles son muy adecuados para este propósito. El porcentaje de humeada debe ser registrado sólo en el momento de la cosecha y en cifras con hasta un lugar decimal (CIMMYT, 1995).
- p. Aspecto de planta: En una escala propuesta por CIMMYT, donde 1= muy buena y 5= muy mala (CIMMYT, 1995).

Figura 29. Escala de calificación de la cobertura de la mazorca



Fuente: Tomada de CIMMYT 2023

Figura 30. Escala de calificación de las pudriciones de mazorca



Fuente: Tomada de CIMMYT 2023.

2.9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cuadro 12. Cronograma de actividades establecidos durante la investigación

Actividad	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Preparación de Terreno							
Tratado de Semilla							
Siembra							
Control de maleza							
Control de insectos							
Fertilización							
Toma de datos							
Cosecha							
Análisis de la información							
Elaboración de informe							

Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

2.9. RESULTADOS

Después de haber realizado todo el proceso de cultivo, se procedió a hacer la fase de gabinete; de acuerdo a los datos obtenidos se realizaron los análisis correspondientes.

2.9.1. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EVALUADAS

Cuadro 13. Pruebas de hipótesis de la evaluación de híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc

Fuentes de Variación	Rendimiento	Mazorcas podridas (%)	Severidad CMA
Entrada	<0.0001	0.1852	<0.0001
Número de plantas cosechada	-	-	-

Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Utilizando modelos lineales generales y mixtos se generaron pruebas de hipótesis dando como resultado diferencia significativa para la variable de rendimiento y resistencia al Complejo Mancha de Asfalto (CMA), por otra parte, no se encontró diferencia significativa en la variable de pudrición de mazorca.

Al encontrar significancia en la variable rendimiento, se procedió a hacer comparativa de medias a través de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves).

Cuadro 14. Resultados de la evaluación de híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc.

Entrada	Rendimiento (kg/ha)
9	6750.91 A
7	6679.18 A
3	6663.28 A
6	6547.27 A
2	6358.72 A
4	6070.81 A
1	5767.52 B
8	5232.02 B
10	3783.88 C
5	3697.14 C

El cuadro 14 nos muestra los resultados obtenidos en los cuales se puede observar que el testigo ICTA HB-17 (6750.91 kg/ha) y los nuevos híbridos superiores ICTA - 07 (6679.18 kg/ha), ICTA - 03 (6663.28 kg/ha), ICTA - 06 (6547.27 kg/ha) e ICTA - 02 (6358.72 kg/ha) presentaron rendimientos estadísticamente similares, todos estos materiales se clasifican en el grupo estadístico A; mientras los que presentaron un rendimiento relativamente menor se clasifican en los grupos estadísticos B y C.

Al ver que hay materiales de los híbridos superiores que cuentan con rendimientos estadísticamente similares entre ellos mismos, se realizó una prueba de contraste ortogonal, comparando los materiales y determinar cuál es mejor.

Contrastes:

$$t-1: 10-1= 9$$

Cuadro 15. Agrupación de contrastes.

C ₁	T8	T9	T10	vs	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
C ₂	T9	vs	T8	T10							
C ₃	T8	vs	T10								
C ₄	T1	vs	T2	T3	T4	T5	T6	T7			
C ₅	T2	vs	T3	T4	T5	T6	T7				
C ₆	T3	vs	T4	T5	T6	T7					
C ₇	T4	vs	T5	T6	T7						
C ₈	T5	vs	T6	T7							
C ₉	T6	vs	T7								

Cuadro 16. Resultado de contrastes ortogonales.

Entrada	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-693.42	187.71	3E+06	1	3029257	13.65	0.0017
Contraste2	2162.89	333.15	9E+06	1	9356197	42.15	<0.0001
Contraste3	1375.35	384.69	3E+06	1	2837376	12.78	0.0022
Contraste4	-235.81	293.81	142993	1	142992.8	0.64	0.4327
Contraste5	448.29	297.98	502410	1	502409.7	2.26	0.1498
Contraste6	904.68	304.12	2E+06	1	1964262	8.85	0.0081*
Contraste7	421.12	314.1	399018	1	399018.3	1.8	0.1967
Contraste8	-2857.86	333.15	2E+07	1	16334696	73.59	<0.0001*
Contraste9	-110.08	384.69	18176	1	18175.52	0.08	0.778
Total			3E+07	9	3842709	17.31	<0.0001

Al realizar el análisis de contrastes, se puede observar que existe significancia al comparar los híbridos superiores entre sí. El contraste 8 determina que al comparar el material 5 contra 6 y 7 existe interacción inversamente proporcional, dando a entender que sobresale alguno con mayor rendimiento. Esto se puede verificar en el cuadro 9, donde se observa que el material 7 (6679.18 kg/ha) es de los que mejor rendimiento tuvo estando por debajo del testigo ICTA HB-17 (6750.91 kg/ha).

Cuadro 17. Resultado de análisis de Resistencia al Complejo Mancha de Asfalto.

Entrada	CMA	
10	8	A
8	7	A
5	6	B
9	4	C
1	4	C
7	4	C
2	3	C
3	3	C
6	3	C
4	2	D

En resistencia al Complejo Mancha de Asfalto, se puede observar que el material 4 tiene un valor de “2” en la escala de severidad de CIMMYT, lo cual indica que este híbrido superior mostró tener buena resistencia a esta enfermedad; quedando el testigo ICTA HB-83 con un valor de “8” en la escala indicando que es susceptible a la enfermedad. Se aclara que la prueba de media a través de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) hace la agrupación estadística de forma descendente. La interpretación de los resultados se tomó de forma ascendente.

Cuadro 18. Resultado de análisis de la variable % de mazorcas podridas.

Entrada	Mazorcas podridas (%)	
5	5	A
7	4	A
6	4	A
10	4	A
1	3	A
8	3	A
3	2	A
2	2	A
4	2	A
9	2	A

La variable de mazorca podrida para los materiales evaluados se encuentra por debajo de lo aceptable (≤ 10). Al no presentar diferencia significativa la variable mazorca podrida, cada tratamiento tuvo menos del 5% de mazorcas dañadas. Esto quiere decir, que los tratamientos evaluados cuentan con más del 90% de sanidad.

Cuadro 19. Prueba de Friedman

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	T ²	p
7.17	9.67	3.5	6.83	4.67	4.67	2.67	8.33	1.67	5.83	5.17	0.0015

Para la variable Cobertura de mazorca se realizó un análisis estadístico no paramétrico utilizando la prueba de Friedman, como resultado el p valor se encuentra por debajo del valor de 0.05 de confianza, dando como resultado diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 20. Resultado análisis no paramétrico para la variable % cobertura de mazorca.

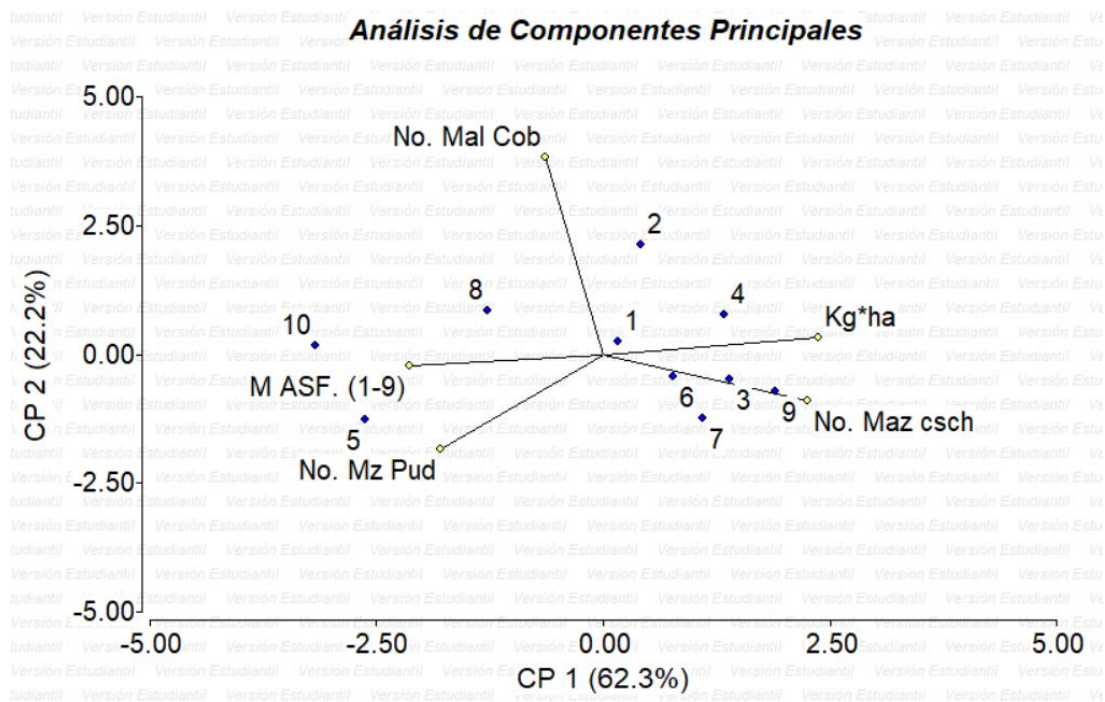
Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n							
9	5	2	3	A						
7	8	3	3	A	B					
3	10.5	4	3	A	B	C				
6	14	5	3	A	B	C	D			
5	14	5	3	A	B	C	D	E		
10	17.5	6	3		B	C	D	E	F	
4	20.5	7	3				D	E	F	G
1	21.5	7	3				D	E	F	G
8	25	8	3						F	G
2	29	10	3							G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se observa que los materiales 9, 7, 3, 6 y 5 se encuentran estadísticamente agrupados en el grupo A teniendo un buen porcentaje de cobertura en mazorcas. Del grupo estadístico F y G presentaron un porcentaje moderadamente bueno de cobertura en mazorca.

Para poder determinar cuál de los híbridos superiores con alta calidad de proteína más zinc reúne las características buen potencial de rendimiento y buen potencial de resistencia al CMA, se realizó un análisis de componentes principales, donde gráficamente podemos ver la interacción entre cada uno de las variables y la relación que existe con cada tratamiento.

Figura 31. Análisis de los componentes principales.



Por medio de la gráfica (Figura 14), se logra observar que existe interacción entre las variables evaluadas y los tratamientos. Se pueden identificar los híbridos superiores que cumplen con las características de buen potencial de resistencia al CMA y buen potencial de rendimiento sobresalen los siguientes: ICTA – 03, ICTA – 04, ICTA – 07 e ICTA – 06.

La interpretación explica que, los tratamientos mencionados cuentan con una baja severidad de daño por el CMA, por lo tanto contaron con mayor rendimiento expresado en kg/ha, a su vez el material ICTA HBQZN – 07 presentó mayor número de mazorca cosechada, sin embargo no expresa tener un mejor rendimiento, estando mejor posicionado el material ICTA HBQZN – 03 donde se ve una mejor relación entre rendimiento expresado en kg/ha y número de mazorca cosechada, contó con más mazorcas aunque no todos tenían el mismo tamaño.

2.9.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico ayuda a ver los costos que llevó realizar la investigación por cada unidad experimental y sus repeticiones, determinando que, si por cada Q.1.00 que se haga de inversión pudiera traer algún tipo de beneficio.

Cuadro 21. Análisis de inversión de costo por tratamiento evaluado

Costos Fijos		Unidad	Valor	Costo
Rubro	Cantidad	de	unitario	Total
Insumos		medida	(Q.)	(Q.)
Semilla	2.5	libras	15	37.5
Fortenza Maxx FS	5	cc	1.3	6.5
Fertilizante 15-15-15	30	lb	4.2	126
Fertilizante Fósforo	30	lb	3.8	114
Fertilizante Nitrógeno (Urea)	30	lb	3.75	112.5
Fertilizante Foliar	1	litros	70	70
Insecticida	90	cc	2.2	198
Herbicida	600	cc	0.15	90
Mano de Obra				
Mecanización	500	m2	0.1	50
Trazado de Diseño Estadístico	1	jornal	100	100
Surqueado	0.5	jornal	100	50
Siembra	1	jornal	100	100
Desmalezado	2	jornal	100	200
Riegos	4	jornal	100	400
Aplicación de Insecticida	0.5	jornal	100	50
Aplicación de Fertilizante	0.5	jornal	100	50
Raleo de plantas	0.5	jornal	100	50
Cosecha	2	jornal	100	200
Total Costos Fijos Para Todo el Ensayo (Q.)				2004.5

	Valor Unitario (Q.)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Costo Total por Tratamiento		200.45	200.45	200.45	200.45	200.45	200.45	200.45	200.45	200.45	200.45
Rendimiento (kg)		28.77	31.80	33.18	30.24	18.63	32.61	33.15	25.20	33.51	19.26
Q/kg	3.5										
Ingresos Totales		101	111	116	106	65	114	116	88	117	67
Relación Costo/Beneficio		0.50	0.56	0.58	0.53	0.33	0.57	0.58	0.44	0.59	0.34

En el cuadro 21 podemos apreciar el análisis de costos que requirió la producción de cada tratamiento, a su vez se realizó la relación de beneficios que se obtienen de cada material. Para cada uno de los tratamientos se utilizó el mismo manejo agronómico.

De acuerdo con los resultados de los costos de producción, se puede apreciar que al invertir Q.1.00 para cada tratamiento evaluado, se obtiene de ganancia Q.0.55 centavos de Quetzal. Este análisis es sumamente favorable. De cada Quetzal invertido se recupera la inversión y Q.0.55 centavos de Quetzal más.

2.10. CONCLUSIONES

1. De los 7 híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc evaluados en este ensayo los mejores materiales que presentaron buen potencial de rendimiento en kg/ha son: ICTA 07, 6679.18 kg/ha; ICTA 03, 6663.28 kg/ha; ICTA 06, 6547.27 kg/ha; ICTA 02, 6358.72 kg/ha; e ICTA 04, 6070.81 kg/ha; llegando a tener rendimientos similares al material testigo ICTA HB-17 con rendimiento de 6711.61 kg/ha.
2. De los 7 híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc evaluados que tuvieron buen nivel de resistencia al Complejo Mancha de Asfalto son: ICTA - 04, habiendo tenido 10% de daño en el desarrollo vegetativo; ICTA - 06, habiendo tenido 20% de daño en el desarrollo vegetativo; ICTA - 03, habiendo tenido 20% de daño en el desarrollo vegetativo; ICTA - 02, habiendo tenido 20% de daño en el desarrollo vegetativo; ICTA - 07, habiendo tenido 30% de daño en el desarrollo vegetativo. Estos son los mejores materiales que presentaron un rango de resistencia bajo la escala de severidad de CIMMYT.
3. A través de un análisis estadístico no paramétrico se logró concluir que el testigo ICTA HB-17 tuvo 2% de mala cobertura en las mazorcas cosechadas, seguido del material ICTA - 07 que tuvo un 3% de mala cobertura en las mazorcas cosechadas, dando a entender que estos materiales cuentan con un 97% de buena cobertura lo que favorece a la sanidad de la mazorca.
4. En el análisis económico realizado se concluye, que, para el caso de los tratamientos T2, T3, T6, T7 al invertir Q.1.00 se obtiene como beneficio Q.0.60 centavos de quetzal, quedando con menor beneficio los tratamientos T5 y T8 obteniendo Q.0.40 centavos de quetzal al hacer la misma inversión.
5. A través del análisis de componentes principales se concluye que de los 7 híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc evaluados en este ensayo, los que cuentan con las características de buen

potencial de rendimiento y buen nivel de resistencia al CMA sobresalen: ICTA - 03, ICTA - 04, ICTA - 07 e ICTA – 06; siendo el material ICTA - 03 el que presenta mayor relación en potencial de rendimiento y buen nivel de resistencia al Complejo Mancha de Asfalto.

2.11. RECOMENDACIONES

1. De los 7 híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc evaluados en el ensayo se recomienda continuar con el proceso de investigación de ICTA – 04 e ICTA – 03 ya que demostraron ser superiores en el nivel de resistencia del Complejo Mancha de Asfalto.
2. Continuar con el desarrollo de parcelas de promoción para la liberación de los nuevos híbridos superiores de grano blanco con alta calidad de proteína más zinc para la producción de semilla con fines comerciales dejando a disposición para el sector agrícola y productores de subsistencia.
3. Se necesita comprobar estos resultados mediante parcelas de validación en distintas localidades para establecer el potencial productivo de los materiales que presentan rendimientos estadísticamente no significativos con el material testigo.
4. Al contar con el desarrollo de un nuevo material híbrido que cuenta genéticamente buen nivel de resistencia a enfermedades y un potencial de rendimiento, el productor se favorecería con reducción en costos de producción, mayormente en la compra de insumos para la prevención.
5. Para el sector rural del país, tomando en cuenta que el consumo per cápita anual es de 114 kg cifra que puede triplicarse en familias pobres y siendo el maíz la principal fuente de energía (un 51.7% prom.), es una buena alternativa promocionar estos nuevos híbridos superiores que, presentan buen nivel de resistencia al CMA y buen potencial de rendimiento contando también con las características de ser biofortificado, lo que les convierte en una fuente directa de proteínas y micronutrientes esenciales. Impactando en la Seguridad Alimentaria y Nutricional del país.

2.12. BIBLIOGRAFÍA

- Barrios Fernández, NG. 2016. Evaluación del comportamiento de 8 materiales comerciales de maíz con énfasis en resistencia a la mancha de asfalto y pudrición de la mazorca, en el caserío Xucub, municipio de Panzos, A.V. Guatemala, C.A. (Tesis Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala, Guatemala. USAC. 75p.
- Barrios Fernandez, NG. 2023. Desarrollo de variedades con alta calidad nutricional en los cultivos de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) y camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): Evaluación de líneas avanzadas de camote (*Ipomoea batatas*) de pulpa blanca en Guatemala. San Jerónimo, Guatemala. 27 p.
- Chávez Martínez, OF. 2023. Protocolo de Investigación, Proyecto: Desarrollo de híbridos de maíz con alto potencial de rendimiento, mayor contenido nutricional y resistencia a enfermedades, adaptados a ambientes del trópico bajo de Guatemala (0-1400 msnm). Martínez Figueroa, HD. Guatemala, Guatemala. 29p.
- CIMMYT (Centro de Investigación de Maíz y Trigo). 2016. El Complejo del Achaparramiento de Maíz (en línea). Loladze, S.; Jeffers, D.; Castillo, A. y Muñoz, C. Colombia. 55p. Consultado 13 may. 2023. Disponible en <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/17843/58049.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1995. Programa de Maíz del CIMMYT, Plan estratégico: 1995 y más allá. Méxco, D.F. 26p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2023. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. 36p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2023. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. 23p.
- Conny Almekinders, Jaap Hardon y Francisco Guevara (eds.). 2008. Un nuevo respeto para los agricultores: Experiencias en Fitomejoramiento Participativo y los desafíos para su institucionalización. Agromisa Especial 5, Agromisa, Wageningen. 147p.
- González David O, Orozco Carlos A. 2023. Identificación de marcadores (SNP) y genes candidatos asociados a la tolerancia genética al complejo mancha de asfalto en varieades nativas de maíz (*Zea mays* L.). Artículo Científico. Guatemala, Guatemala. 18p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. FAOSTAT: Guatemala data (en línea, sitio web). Consultado 13 may. 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.

Hernández Sampieri R.; Fernández Collado C.; Baptista Lucio M. 2014. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. D.F, México, McGRAW W-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 634 p.

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). 2017. Programa de investigación del cultivo de maíz. Informe final de Resultados. Guatemala, Guatemala 40 p.

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). 2022. Programa de Maíz (en línea, sitio web). Consultado 20 may. 2023. [https://www.icta.gob.gt/maiz#:~:text=Complejo%20Mancha%20de%20Asfalto%20\(CMA,de%20ma%C3%ADz%20de%20hasta%2070%25](https://www.icta.gob.gt/maiz#:~:text=Complejo%20Mancha%20de%20Asfalto%20(CMA,de%20ma%C3%ADz%20de%20hasta%2070%25).

ICTA; RIC. 2021. Plan de Uso: Centro Experimental. San Jerónimo, Guatemala. 8 p.

IICA, (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016. Redacción de Referencias Bibliográficas: Normas técnicas para ciencias agroalimentarias. 5ta ed. San José, Costa Rica, Biblioteca Conmemorativa Orton. 71p. <http://repiica.iica.int/docs/B4013e/B4013e.pdf>.

Loladze, A.; Rodriguez, F.; Gérard, B; y Toledo, F. 2019. Application of Remote Sensing for Phenotyping Tar Spot Complex Resistance in Maize (en línea). Artículo de ResearchGate. Consultado 13 may. 2023. https://www.researchgate.net/figure/Symptoms-of-tar-spot-complex-TSC-on-maize-plants-A-stromata-of-Phyllachora-maydis_fig1_332763438.

López Ezequiel A. y González Byron H. 2014. Diseño y Análisis de Experimentos: Fundamentos y Aplicaciones en Agronomía. 2ª ed. Guatemala, Guatemala. USAC. 248 p.

MacRoobert, JF; Setimela, P; Gethi, J; Regasa MW. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F. 36p.

MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2023. Informe Situacional de Granos Básicos en Guatemala. Enero 2019 a noviembre 2022. Dirección de Planteamiento DIPLAN. 74p.

Martínez, O. 2022. Situación del cultivo de maíz en Guatemala: principales limitaciones en la productividad (en línea). Artículo de Avances en Ciencias e Ingenierías. Vol. 14, Nro. 1. Consultado 13 may. 2023. https://www.cyted.org/sites/default/files/art_guatemala.pdf.

PDM, (Plan de Desarrollo Municipal). 2011. Ubicación geográfica y demográfica, ubicación geográfica/ sub-regionalización municipal (en línea). San Jerónimo, Guatemala, 140 p, Serie: PMD SEGEPLAN, CM 1507. Consultado 15 mar. 2023. https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wpcontent/uploads/2022/08/PDM_150.pdf.

Producción Agrícola Mundial. 2022. Maíz: Producción Mundial de Maíz 2022/2023 (en línea, sitio web). Consultado 11 may. 2023.
<http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/maiz.aspx>.

2.13. ANEXOS

Figura 32. "A" Mecanización de área experimental



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 33. "A" Instalación del sistema de riego



Fuente: Elaboración Propia, EPSA 2023

Figura 34. “A” Trazado de las unidades experimentales



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 35. “A” Siembra de los materiales de maíz



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 36. “A” Muestreo de suelos dentro del área del experimento antes de la primera fertilización



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 37. “A” Aplicación de 15-15-15



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 38. “A” Limpieza de maleza de forma manual a los 15 días después de siembra



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 39. “A” Cultivo de maíz a los 25 días después de siembra



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 40. “A” Aplicación de insecticida



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 41. “A” Raleo de plantas para dejar con un total de dos plantas por postura



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 42. “A” Estado del cultivo a los 40 días después de siembra



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 43. “A” Aplicación de herbicida



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 44. “A” Aplicación de Urea



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 45. “A” Floración a los 65 días después de siembra



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 46. “A” Visita de asesor Ing. Agr. Orlando Flores López



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 47. “A” Presencia de la enfermedad Complejo Mancha de Asfalto



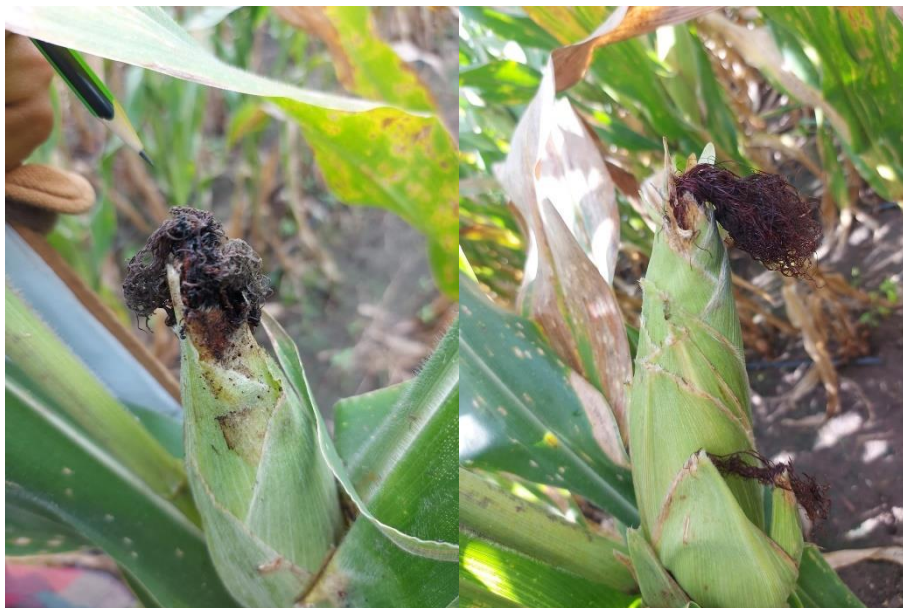
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 48. “A” Capacitación por parte de Ing. Agr. Héctor Martínez director de Granos Básicos 2023 para la toma de severidad de la enfermedad CMA



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 49. “A” Mala cobertura (punta descubierta) en algunos materiales



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 50. “A” Estado vegetativo de la parcela 101



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 51. “A” Estado vegetativo de la parcela 102



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 52. “A” Estado vegetativo de la parcela 103



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 53. “A” Estado vegetativo de la parcela 104



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 54. “A” Estado vegetativo de la parcela 105



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 55. “A” Estado vegetativo de la parcela 106



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 56. “A” Estado vegetativo de la parcela 107



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 57. “A” Estado vegetativo de la parcela 108



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 58. “A” Estado vegetativo de la parcela 109



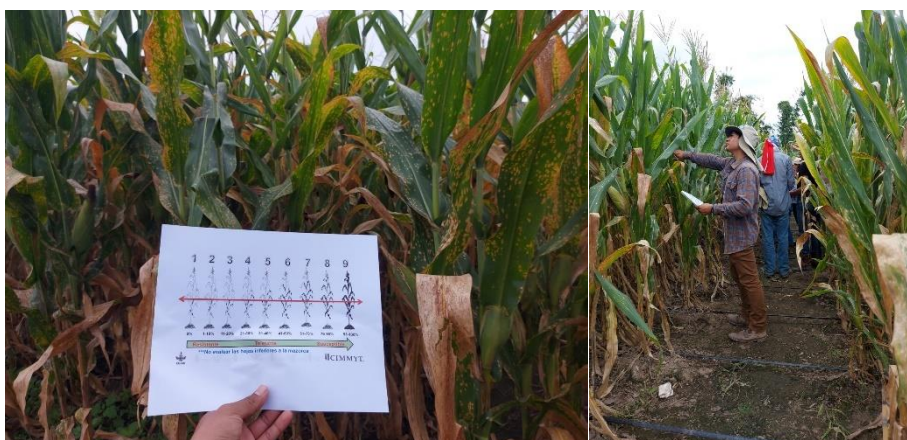
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 59. “A” Estado vegetativo de la parcela 110



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 60. “A” Ponderación de daño a cada parcela utilizando la escala de severidad de CIMMYT



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 61. “A” Dobla de los tratamientos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 62. “A” Inicio de cosecha de los tratamientos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 63. “A” Toma de peso en campo de cada uno de los tratamientos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 64. “A” Clasificación por tamaño y sanidad de las mazorcas por tratamiento





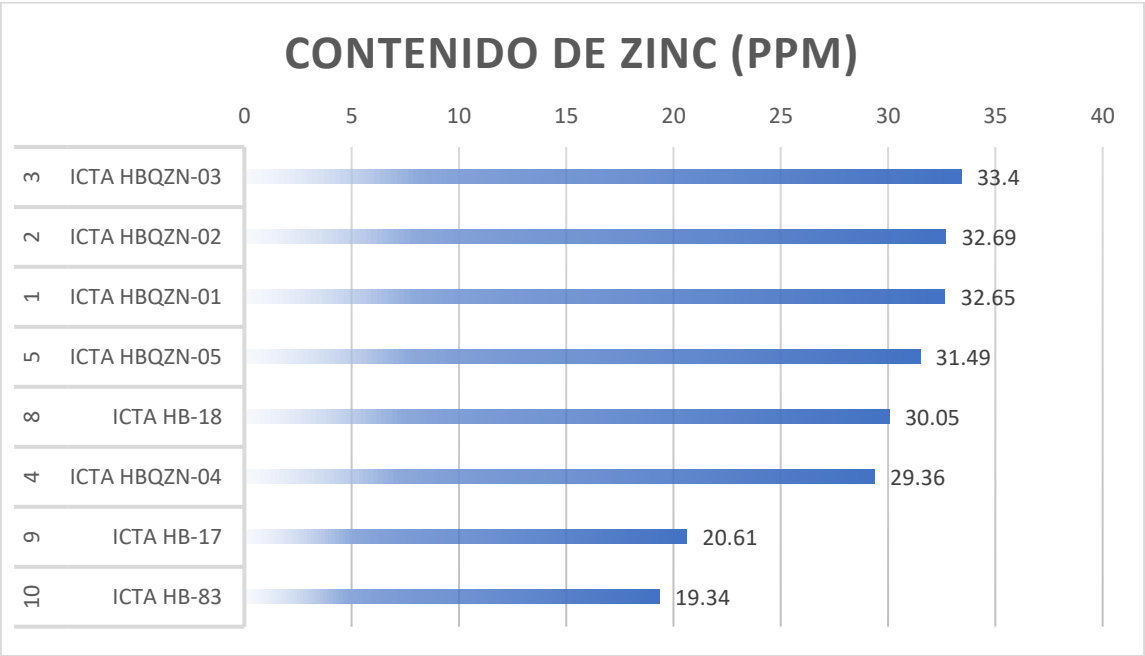
Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 65. “A” Toma de porcentaje de humedad del grano de cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Cuadro 22. “A” Análisis de laboratorio de cada tratamiento realizado por ICTA



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 66. "A" Resultados del análisis de suelo obtenido



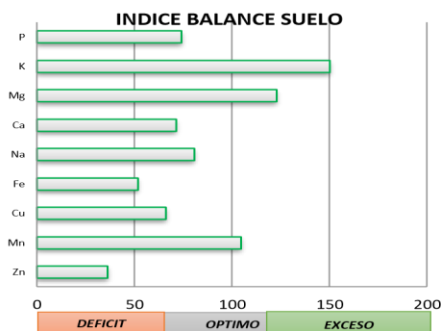
MINISTERIO DE
AGRICULTURA,
GANADERÍA Y
ALIMENTACIÓN

Instituto de Ciencia y
Tecnología Agrícolas (ICTA)



Solicitante	Marcelino Chub Choc	Identificación de muestra	1
Finca	S/D	Departamento	Baja Verapaz
Municipio	San Jeronimo	Cultivo	Maiz
Fecha	24/08/2023	Informe No.	96523
Ref. Lab	87423		

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	RANGO ADECUADO	pa (g/cm ³)	1,1
pH	5,5	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	3,5	%	3,00	6,00	-
FOSFORO(P)	10,4	ppm	12,00	16,00	23
POTASIO (K)	0,9	meq/100g	0,40	0,80	772
MAGNESIO (Mg)	2,76	meq/100g	1,50	3,00	729
CALCIO (Ca)	4,3	meq/100g	4,00	8,00	1878
SODIO (Na)	0,4	meq/100g	0,10	1,00	224
HIERRO (Fe)	19,3	ppm	25,00	50,00	42,5
COBRE (Cu)	2,0	ppm	2,00	4,00	4,4
MANGANESO (Mn)	7,9	ppm	5,00	10,00	17,3
ZINC (Zn)	1,4	ppm	3,00	5,00	3,2
ARCILLA	11	%	-	-	-
LIMO	20	%	-	-	-
ARENA	69	%	-	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco Arenosa		-	-	-
Sumatoria de bases	8,37	meq/100g			
CICE	8,53				
RELACIONES CATIONICAS	RANGO ADECUADO				
Ca/Mg	1,55	3,00	6,00		
Ca/K	4,74	15,00	30,00		
Mg/K	3,07	10,00	15,00		
(Ca+Mg)/K	7,81	20,00	40,00		
% Sat. De Na	5,29	5,00	15,00		
% Sat. De K	10,75	5,00	7,00		
% Sat. De Ca	50,99	50,00	70,00		
% Sat. De Mg	32,97	15,00	25,00		
% Sat. De Bases	98,12	35,00	50,00		



MÉTODOS ANALÍTICOS

Bases de cambio Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio pH 7; **CICE**: Sumatoria de bases y Al; Conductividad Eléctrica (CE) Electrométrico extracto de saturación; P disponible Colorimétrico: Melich I; Micronutrientes Absorción Atómica, Extracción con Melich I; Materia Orgánica: Walkley Black; pH: Potenciométrico, relación suelo:agua 1:2.5; Textura: Bouyoucos o según solicitud. Densidad aparente (pa) con base en la textura. Kg/ha: Aproximación de los contenidos totales en suelo. Observación: n/d = no determinado *n/d = no detectado. Los datos de análisis son válidos para la muestra en la forma como fue recibida en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio del ICTA no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le dé a estos datos de análisis.

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.

PBX (502) 6670 1500 Ext:758

E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt

www.icta.gob.gt síganos en:



@ICTAGuate



Fuente: ICTA 2023

Cuadro 23. “A” Tabla de toma de datos

Fecha de siembra:				Fecha de cosecha:					Localidad: CEPNOR San Jerónimo B.V.									
Bloque	Parcela	Tratamiento	No. Plantas emergencia	Días Floración masculina	Días Floración femenina	Altura Planta (cm)	No. Acame Raíz	No. Acame Tallo	Aspecto Planta (1-5)	No. Mala Cobertura	No. Plantas Cosechada	No. Mazorcas podridas	Aspecto Mazorca (1-5)	Peso Campo (kg)	% de Humedad	CMA (1-9)	Roya (1-9)	No. Achaparramiento
101	1	4																
102	2	2																
103	3	8																
104	4	3																
105	5	7																
106	6	6																
107	7	5																
108	8	1																
109	9	9																
110	10	10																
201	11	8																
202	12	1																
203	13	10																
204	14	2																
205	15	9																
206	16	6																
207	17	3																
208	18	4																
209	19	7																
210	20	5																
301	21	3																
302	22	6																
303	23	10																
304	24	1																
305	25	9																
306	26	8																
307	27	2																
308	28	4																
309	29	5																
310	30	7																

Fuente: ICTA 2023



CAPITULO III:

**SERVICIOS REALIZADOS EN ALDEAS INFANTILES SOS, EN LAS
COMUNIDADES EL DURAZNO, EL NARANJO Y GUAJACA, SAN JERÓNIMO,
BAJA VERAPAZ.**

3.1. INTRODUCCIÓN

Los servicios prestados durante el Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV, de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, son parte fundamental y requisito teniendo como objetivo contribuir al desarrollo agrícola de las comunidades o bien a la institución donde estos se realicen, al mismo tiempo permite poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica.

Con el apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- y Aldeas Infantiles SOS, San Jerónimo, Baja Verapaz se realizaron talleres participativos fortaleciendo los temas agrícolas a las familias beneficiarias del servicio de fortalecimiento familiar. Los servicios realizados fueron conformados en 5 grupos, cada grupo integrado por 10 madres de familia, haciendo un total de 50 personas las cuales participaron en los procesos de capacitación y talleres. Dichos grupos integran las comunidades Guajaca, El Durazno y El Naranjo.

Como parte de la formación profesional, mediante el Ejercicio Profesional Supervisado se logró transferir tecnología agrícola a las comunidades, sin embargo, ICTA actualmente es un instituto que genera tecnología agrícola enfocándose en las problemáticas que el agricultor enfrenta; es por ello que, es necesario poner en práctica talleres y capacitaciones enfocados en temas agrícolas y de esta manera ser aplicados y replicables para impulsar la producción agrícola de cultivos y mejorar la calidad de vida de las familias.

3.2. Objetivo General

Realizar talleres y capacitaciones enfocados en temas agrícolas a través de un proceso educativo y participativo a un grupo de beneficiarios de Aldeas Infantiles SOS en las comunidades de El Durazno, El Naranjo y Guajaca, San Jerónimo, Baja Verapaz.

3.2.1. Específicos

- a. Capacitar para mejorar los procesos de producción agrícola en cultivos hortícolas para el consumo familiar
- b. Fortalecer los conocimientos mediante la realización de talleres participativos enfocado en la elaboración de insumos para el uso de huertos familiares
- c. Incorporar cultivos autóctonos, de consumo y facilitar tecnologías de manejo agronómico con recursos disponibles para poder diversificar los alimentos de las familias.
- d. Promover la participación organizada de los productores rurales en acción que generen beneficios para dichas comunidades.

3.3. Servicio 1: Abono Orgánico para Huerto Familiar, Elaboración de Bocashi

3.3.1. Presentación

Existe un grupo de mujeres que actualmente realizan actividades agrícolas una de las principales es la elaboración de pilones de manera tradicional y empírica sin ningún tipo de conocimiento técnico.

El presente taller tiene como finalidad, brindar apoyo técnico a madres de familia que, gracias al apoyo de la organización Aldeas Infantiles SOS han establecido huertos en sus hogares; sin embargo, carecen de información

necesaria sobre el manejo agronómico como también los nutrientes que requieren los cultivos que siembran.

3.3.2. Objetivos

Capacitar y elaborar abono orgánico Bocashi mediante la asesoría técnica y talleres participativos.

3.3.3. Metas

Transmitir por medio de una actividad participativa, los pasos para la elaboración del abono orgánico, siendo capaces de poder recrear el abono al tiempo y conveniencia que los participantes lo requieran.

3.3.4. Metodología

Se planificó, organizó y convocó a una reunión a las coordinadoras de los grupos para compartirles la información sobre la actividad, posterior a ello las coordinadoras compartieron la información a cada integrante del grupo, en la misma se acordó la fecha en que se realizaría la actividad.

Para la elaboración del abono se identificó un lugar protegido para realizar la mezcla. Algún sitio bajo de un árbol o techito de lámina para protegerlo de la lluvia procurando que tenga un piso firme para que no se pierda el líquido.

- a) Se colocó una capa de un material que contenga mucha fibra: rastrojo de maíz, trigo, caña de azúcar, cascarilla de arroz, sorgo, aserrín de ocote (bien picada). La fibra sirve como base donde se asentará el resto de los materiales.
- b) Estiércol o gallinaza: preferiblemente no tan fresco, ya que estando fresco contiene mucho nitrógeno y generará mucho calor al inicio. Al mismo tiempo genera una mezcla un poco ácida y la acidez mata los microorganismos benéficos del suelo.

- c) Carbón (que queda del fogón): el carbón tiene pequeños poros que servirán como sitios de alojamiento para los microorganismos junto con los nutrientes. Retiene y libera los nutrientes de forma gradual.
- d) Cal o ceniza: para neutralizar la acidez del estiércol. Aportan una variedad de minerales.
- e) Tamo de maíz (maíz molida o sorgo): esta fibra contiene un nutriente que se llama “sílice” y ayuda a la planta haciéndolo más resistente a plagas.
- f) Mezcla de agua, melaza y levadura: sirve como alimento para los microorganismos, ayudando a la proliferación y proceso de fermentación.
- g) La tierra: última capa.

Todos los ingredientes fueron paleados, como si de una mezcla se tratase, buscando una mezcla homogénea. Al realizar la mezcla se incorporó nuevamente la mezcla de agua con melaza para que la mezcla esté húmeda. Para determinar que la mezcla quedó correctamente se realizó la siguiente prueba: al tomar un puño y al apretar no escurra agua, pero se debe de formar una bolita, teniendo esa consistencia, se puede dar por concluido la elaboración de bocashi.

Durante tres semanas se continuó con el volteo de la mezcla, el punto de control fue la temperatura. En la primera semana se realizó por 3 días dos volteos, uno en la mañana y otro por la tarde; al finalizar los primeros tres días, se realizó un volteo por día hasta concluir con las tres semanas.

3.3.5. Materiales y equipo

- Palas
- Sernidora
- Cubetas
- Pichel
- Botellas desechables

- Varios sacos (costal)

Ingredientes para elaboración de Bocashi:

✓ Rastrojo de maíz o cereal (arroz, trigo, otro)	2 costales
✓ Estiércol de ganado, cerdo o gallinaza	2 costales
✓ Tierra cernida	2 costales
✓ Carbón (triturado) de fogón	1 costal
✓ Cal o ceniza	20-30 lb
✓ Salvado o tamo de maíz (purina), cascarilla (de café)	15-20 lb
✓ Levadura	100 g
✓ Panela, melaza o azúcar morena	1 lt melaza, 2 panela, 5 lb
✓ Tierra de bosque	
✓ Agua (sin cloro)	1 costal

3.3.6. Resultados

- Se identificaron los problemas y complicaciones al momento de realizar el abono de algunos grupos.
- Se implementaron 5 réplicas de elaboración de abono Bocashi, de igual forma algunos grupos tuvieron la iniciativa de hacer otras réplicas obteniendo mayor cantidad de abono. Al tener el producto final se distribuyó en partes iguales a cada integrante de grupo.
- Se les dio recomendación técnica para el uso del abono, dosis y frecuencia de aplicación. Iniciaron con el uso del producto aplicando en tabloncillos donde tenían sembrado algunas hortalizas.

3.3.7. Apéndices

Figura 67. "A" Área para preparación de Bocashi



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 68. "A" Capas de los materiales previo a mezclarlo.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023.

Figura 69. “A” Mezcla final de todos los insumos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 70. “A” Producto final, abono listo para ser utilizado



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 71. “A” Aplicación del abono en huertos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

3.4. Servicio 2: Elaboración de Insecticidas Orgánicas para Uso en Huertos Familiares.

3.4.1. Presentación

En las comunidades de El Durazno, El Naranjo y Guajaca acostumbran a sembrar y producir cultivos hortícolas en huertos, las cuales se encuentran en su mayoría ocupando cierta área en el patio o jardín, lugar donde siempre se ve concurrido por otros miembros del hogar, como mascotas.

Al solamente contar con productos hortícolas, ellas acostumbran a aprovechar por completo las cosechas que obtienen, sin embargo, no logran obtener buenas cosechas. Los cultivos se ven afectados por la presencia de insectos que llegan a dañar en etapas fenológicas específicas decayendo la calidad y cantidad del cultivo.

Es por esta razón que se implementó el taller para poder elaborar insecticidas biológicos para salvaguardar la integridad física del resto de los habitantes del hogar, como también, evitar contaminar el área donde residen.

3.4.2. Objetivos

Desarrollar nuevas técnicas para el manejo y control de plagas y enfermedades en los cultivos de los huertos, utilizando materiales de origen orgánico para elaborar insecticidas de bajo costo y evitar contaminar con residuos químicos los suelos en uso.

3.4.3. Meta

Transmitir por medio de una actividad participativa, los pasos para la elaboración de los insecticidas orgánicos, siendo capaces de volver a recrearlo al tiempo y conveniencia cuando consideren ser de utilidad en sus cultivos.

3.4.4. Metodología

- Se planificó, organizó y convocó a los participantes para la elaboración del taller.
- Al día de impartir el taller se les dio una breve charla sobre la importancia de utilizar las dosis recomendadas de cualquier tipo de insecticida y las causas de que ciertos insectos adopten resistencia a las mismas.
- Finalizando con la elaboración de dos insecticidas, uno para uso fúngico y foliar, uno para hacer uso en la elaboración de semilleros o trasplante de pilones y el otro para uso preventivo en todo el ciclo del cultivo.

3.4.5. Materiales y Equipo

- 1) Extracto alcohólico de ajo (*Allium sativum*) y ají (*Capsicum sativum*)

Para preparar 1 lt se necesitan:

- ✓ Mortero 1
- ✓ Ajo 50 g
- ✓ Alcohol etílico de 90° 1 lt
- ✓ Frasco de tapa hermético 1
- ✓ Tela fina para exprimir

- 2) Semilla de Aguacate (*Persea americana*)

Para 10 lt se utilizan:

- ✓ Envase de 2 lt 1
- ✓ Semillas de aguacate 2 (Dependiendo del tamaño, puede variar)
- ✓ Agua hirviendo 2 lt
- ✓ Fuente de calor para cocción

3.4.6. Resultados

- El grupo de mujeres agricultoras fueron capaces de elaborar su propio producto para el uso en control de plagas y enfermedades. Siendo fácil replicarlo que ellas ya habían duplicado el volumen por su cuenta.
- Lograron apoderarse del producto elaborado y al hacer uso de las dosis recomendadas lograron controlar y ver mejoras en la sanidad de algunos de sus cultivos

3.4.7. Apéndices

Figura 72. “A” Materiales para la elaboración de los productos orgánicos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 73. “A” Proceso de trituración de los materiales sólidos



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 74. “A” Preparación de fungicida a base de semilla de aguacate



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 75. “A” Preparación de insecticida a base de ajo y ají



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 76. “A” Producto obtenido después de 10 días de reposo



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

3.5. Servicio 3: Capacitación: Manejo Agronómico en la Producción de Maíz

3.5.1. Presentación:

En las comunidades de El Durazno, El Naranjo y Guajaca las mujeres agricultoras solamente se han enfocado en producción de hortalizas, por no contar con otros cultivos y al no tener conocimientos sobre el manejo adecuado en producción de maíz no se arriesgan. Hacían mención que los hombres eran los encargados en producir dicho cultivo, a raíz de la emigración ya no hay producción de maíz en las zonas.

Por lo mencionado anteriormente, con los grupos de las mujeres agricultoras se desarrolló una capacitación sobre técnicas y manejo adecuado para producir maíz. Esto gracias al apoyo de ICTA quien brindó espacio para llevar a cabo la actividad en una parcela de producción de semilla certificada. Al ser en campo abierto las mujeres mostraron tener interés y se aclararon dudas.

3.5.2. Objetivos

Asesorar y orientar para que sean capaces de producir nuevamente maíz en la zona y poder tener otra fuente de energía en las comunidades.

3.5.3. Metas

Producir el maíz que sea requerido para consumo por familia y al aplicar un buen manejo agronómico obtener un excedente y ser una fuente de ingreso secundario.

3.5.4. Metodología

- Antes de iniciar con la capacitación, se dio información a la coordinadora de cada grupo, lugar y hora de inicio de la actividad.

- Se dio inicio la capacitación con un recorrido en la parcela de producción. Posterior al recorrido, se ubicó el sitio para comenzar con la charla, organizando a las participantes y para tener cierto grado de dinamismo se hizo una ronda de presentaciones de cada uno.
- Comenzó el tiempo de capacitación, y al cabo de algunos minutos comenzaron a hacerse presente interacción por parte del grupo, haciendo preguntas a puntos específicos.
- Para finalizar la capacitación, se abrió un espacio en donde las participantes estuvieron impartiendo una retroalimentación sobre la charla con el fin de comprobar que habían percibido de buena manera la información brindada.
- Cerrando la actividad con un pequeño refrigerio.

3.5.5. Materiales y equipo

- Trípode
- Hojas bond
- Regla
- Material visual
- Trifoliar

3.5.6. Resultados

Durante la intervención con el grupo de mujeres agricultoras se logró percibir entusiasmo ya que no habían tenido capacitación sobre el manejo del cultivo de maíz. Se estuvieron aclarando dudas como sugerencias para lograr obtener un mejor rendimiento y un cultivo libre de enfermedades, logrando que ellas sean capaces de poder implementar una pequeña parcela de producción de maíz dentro de sus comunidades.

3.5.7. Apéndices

Figura 77. “A” Llegada al área de producción



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 78. “A” Palabras de inicio por Tec. Univ. Marcelino Chub



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 79. “A” Intervención al grupo de agricultoras



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

Figura 80. “A” Tiempo de refacción



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2023

El Director del Centro Universitario de Baja Verapaz –CUNBAV- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, luego de conocer la aprobación del Informe de Graduación del estudiante **JHON JORSEP CHRISTOPHER IXMALEJ TISTA**, Registro Académico **201742686**, de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, por parte de la Comisión Revisora de Trabajos de Graduación, AUTORIZA.

“IMPRIMASE”

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Lic. Orcelio Hernández García
Director y Presidente del Consejo Directivo
del Centro Universitario de Baja Verapaz –CUNBAV



San Miguel Chicaj, Baja Verapaz, 14 de octubre de 2024.

Lic. Orcelio Hernández García
Director y Presidente del Consejo Directivo
Centro Universitario de Baja Verapaz –CUNBAV-
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Licenciado:

Atentamente me dirijo a usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que se ha concluido con la revisión del trabajo de graduación titulado **“EVALUACION DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE SIETE HIBRIDOS SUPERIORES DE GRANO BLANCO DE MAÍZ (Zea Mays L.) CON ALTA CALIDAD DE PROTEINA MAS ZINC Y RESITENCIA AL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO (CMA) Y TRES HÍBRIDOS COMERCIALES; DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL, PROGRAMA DE MAÍZ EN INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRICOLAS-ICTA-; Y SERVICIOS REALIZADOS EN LAS COMUNIDADES EL DURAZNO, EL NARANJO Y GUAJACA, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ”**.

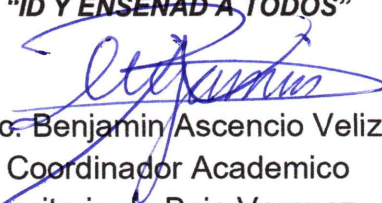
Que presentó: **JHON JORSEP CHRISTOPHER IXMALEJ TISTA**.

En mi calidad de Coordinador Academico, me permito hacer de su conocimiento que se realizó la revisión al documento, cumpliendo con los requerimientos académicos que la Universidad establece. Por tal razón me permito emitir un **DICTAMEN FAVORABLE** de dicho trabajo, por lo cual le traslado un ejemplar en físico para los efectos consiguientes al proceso.

Sin otro particular, me despido.

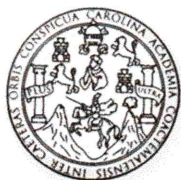
Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Lic. Benjamin Ascencio Veliz
Coordinador Academico

Centro Universitario de Baja Verapaz –CUNBAV-





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ -CUNBAV-

Of. AGRO 2S 055-2024
Ref. FHM /COORDINACION/

San Miguel Chicaj B.V. 11 de octubre 2024

Lic. Benjamín Ascencio Veliz
Coordinador Académico CUNBAV-USAC

Respetable Lic. Ascencio, por este medio me permito saludarle, deseándole toda clase de éxitos en sus actividades laborales en el Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV – USAC.

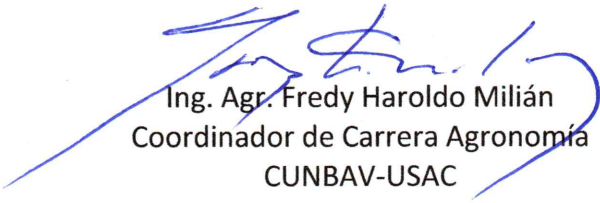
En cumplimiento con el Normativo del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado EPS de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC.

Me permito enviarle a usted, para su revisión y aprobación, el **Trabajo de Graduación** del Estudiante EPS **Jhon Jorsep Christopher Ixmalej Tista** carnet universitario No. **201742686**, quien ha cumplido satisfactoriamente con el trabajo integrado de Diagnostico, Investigación y Servicios.

También, se adjunta al presente, los documentos originales y/o copias de los requisitos para el Examen Publico requeridos por el CUNBAV -USAC.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián
Coordinador de Carrera Agronomía
CUNBAV-USAC



Cc. Archivo

*Recibido
11/10/2024
mgm*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ -CUNBAV-

02 de octubre 2024

Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián
Coordinador de Carrera Agronomía
CUNBAV-USAC

Respetable Ing. Milián, deseándole toda clase de éxitos en sus labores docentes, me dirijo a usted para informarle que se ha completado el proceso de **REVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PROFESIONAL** para la incorporación de las todas objeciones técnicas presentadas en la **Reunión Academia II** realizada el día 03 del mes de septiembre 2024, al proyecto de investigación:

“Evaluación del Potencial de Rendimiento de Siete Híbridos Superiores de Grano Blanco de Maíz (Zea Mays L.) con Alta Calidad de Proteínas más Zinc y Resistencia al Complejo Mancha de Asfalto (CMA) y Tres Híbridos Comerciales, en Centro de Producción del Norte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, San Jerónimo, Baja Verapaz”.

El proyecto de Investigación en mención fue presentado por el estudiante Jhon Jorsep Christopher Ixmalej Tista Carnet. No. 201742686 del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola EPSA 2023 del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Muy Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Orlando Flores López
Docente Asesor de Investigación
CUNBAV-USAC

CC. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ -CUNBAV-

CC. Archivo

02 de octubre 2024

Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián
Coordinador de Carrera Agronomía
CUNBAV-USAC

Respetable Ing. Milián, deseándole toda clase de éxitos en sus labores docentes, me dirijo a usted para informarle que se ha completado el proceso de **REVISIÓN Y APROBACIÓN** incorporando todas objeciones técnicas presentadas en la **Reunión Academia II** realizada el día 03 del mes de septiembre 2024, al proyecto de investigación:

“Evaluación del Potencial de Rendimiento de Siete Híbridos Superiores de Grano Blanco de Maíz (*Zea mays* L.) con Alta Calidad de Proteína más Zinc y Resistencia al Complejo Mancha de Asfalto (CMA) y Tres Híbridos Comerciales, en Centro de Producción del Norte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, San Jerónimo, Baja Verapaz”.

El proyecto de Investigación en mención fue presentado por el /la estudiante Jhon Jorsep Christopher Ixmolej Tista Carné. No. 201742686 del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola EPSA 2023, del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Muy Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Juan Carlos Galeano Fernández
Docente Evaluador de Investigación
CUNBAV-USAC