

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“DESARROLLO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ
(*Zea mays*) CON ALTO POTENCIAL DE RENDIMIENTO
Y RESISTENCIA A *Fusarium*, ADAPTADOS AL BAJÍO”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

**Elaborada por:
XIMENA VELÁZQUEZ JIMÉNEZ**

**Para obtener el título de:
INGENIERA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**Directora de Tesis:
M.E. MARIBEL RAMOS AGUILAR**

Salvatierra, Gto.

Julio, 2025



ANEXO XXXIII.
FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

C. ING. LIZBETH ESTEFANÍA ESCOBAR PANIAGUA
Jefe del Departamento de Servicios Escolares ITES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto de titulación integral para su impresión y realización del acto de examen profesional:

Nombre del estudiante y/o egresado:	Ximena Velázquez Jiménez
Carrera:	INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE
No. de control:	AG19110385
Nombre del proyecto:	"Desarrollo de híbridos de Maíz (<i>Zea Mays</i>) con alto potencial de rendimiento y resistencia a <i>Fusarium</i> , adaptados al bajo"
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica

M.E. WALTER MANUEL ZÚÑIGA MALDONADO
Coordinador de Ing. Innovación Agrícola

 M.E. Maribel Ramos Aguilar DIRECTOR	 ME. Walter Manuel Zúñiga Maldonado REVISOR 1	 ING. Víctor Anthonio Cortes Pérez REVISOR 2
--	---	--

* solo aplica para el caso de tesis o tesina

c.c.p. Expediente





Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA
COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN EN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)

Presentada por:

XIMENA VELAZQUEZ JIMENEZ

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de

INGENIERA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Aprobado por

M.E. Maribel Ramos Aguilar
Directora de Tesis

Dr. Ricardo Ernesto Preciado
Director externo de Tesis

Ing. Víctor Antonino Cortés Pérez.
Revisor

M.E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado
Revisor

M.E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado.
Coordinador de Innovación en Agrícola Sustentable

AGRADECIMIENTOS

En el presente trabajo agradezco a mis padres Juan José Velázquez Paredes y Yeini Jiménez Ramírez por brindarme su apoyo y confianza siempre para poder seguir estudiando y alcanzar mis metas.

Al Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, por la preparación académica, así como a todos mis maestros, de cada uno aprendí bastante. A mi directora de tesis M.E. Maribel Ramos Aguilar por brindarme sus conocimientos, apoyarme y guiarme con paciencia, y a mis asesores al M.E. Walter y al ING. Antonino por el apoyo y conocimiento adquirido en este proceso.

A INIFAP por aceptarme y facilitarme las herramientas para llevar a cabo este proyecto, a mi asesor el Dr. Ricardo Ernesto Preciado Ortiz por su atención y asignación del trabajo, así como sus explicaciones y por guiarme en el proyecto.

A mis compañeros de aula que se convirtieron en amigos, ya que influyeron a que llegara hasta este momento, por su ayuda, motivación, momentos divertidos y consejos.

A mis amigos más cercanos, por siempre creer en mí y motivarme a ser mejor cada día.

DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado con mucho amor y admiración a mis padres Juan José Velázquez Paredes y Yeini Jiménez Ramírez, por darme su confianza, amor y comprensión durante este proceso, por brindarme siempre lo necesario y enseñarme a ser fuerte y salir adelante frente a las adversidades.

A mis hermanas Estefany Velázquez Jiménez y Paulina Velázquez Jiménez, por ser parte fundamental de mi vida y creer siempre en mí.

A mis abuelitos Raúl Velázquez y Socorro Paredes por su apoyo y motivación siempre.

A mis amigos del Itess por todos los momentos compartidos y brindarme su amistad incondicional, a mis amigos de El Sabino por su apoyo, lealtad y estar siempre, convirtiéndose en gran parte de todo este proceso.

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	13
1.1 Introducción	13
1.2 Antecedentes	14
1.3 Planteamiento del problema	17
1.4 Justificación	18
1.5 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo General	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Hipótesis	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 Origen Del Maíz	20
2.1.2 Usos.....	21
2.1.3 Importancia Económica	22
2.1.3.1 Internacional.....	22
2.1.3.2 Nacional	23
2.1.4 Taxonomía.....	24
2.1.5 Fisiología Y Morfología	25
2.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos.....	30
2.1.7 Labores Culturales.....	31
2.1.8 Plagas Y Enfermedades	32
2.1.9 Cosecha.....	38
2.1.10 Híbridos De Maíz	38

CAPÍTULO III. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	42
3.1 Delimitación del área de estudio.....	42
3.2 Diseño experimental	43
3.3 Variables A Medir	45
3.4 Actividades Agronómicas Y Culturales.....	46
3.4.1 Preparación Del Terreno.....	46
3.4.2 Siembra	46
3.4.3 Fertilización.....	46
3.4.4 Riegos.....	47
3.4.5 Control De Plagas, Enfermedades Y Malezas	47
3.4.6 Manejo Agronómico	47
3.5 Cosecha	47
3.6 Análisis De Datos	47
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1 Resultados	48
4.2 Discusión.....	57
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1 Conclusiones	59
5.2 Recomendaciones	60
BIBLIOGRAFÍA CITADA	61
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción mundial de maíz	23
Tabla 2. Producción nacional de maíz Ol en 2022	24
Tabla 3. Principales plagas del cultivo de maíz.....	33
Tabla 4.Principales enfermedades que afectan el cultivo de maíz.....	36
Tabla 5. Tipos de híbridos de maíz	40
Tabla 6. Diseño experimental de la evaluación de híbridos de maíz blanco 2023	43
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable “Floración masculina y femenina”	48
Tabla 8.Análisis de varianza para la variable Altura de plantas	50
Tabla 9. Análisis de varianza de la variable “Acames”	51
Tabla 10.Diferencia significativa entre pares de medias de la variable “acames”	52
Tabla 11. Análisis de varianza de la variable “Aspecto de mazorca”	54
Tabla 12.Análisis de varianza de la variable “Mazorcas podridas”	55
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable “peso de grano”	56
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable “humedad”	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fisiología del maíz	27
Figura 2. Morfología y fisiología del maíz.....	29
Figura 3. Híbridos de maíz	39
Figura 4. Parcela en INIFAP.....	42
Figura 5. Croquis del ensayo con distribución de tratamientos según el diseño experimental.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Datos de floración masculina y femenina	49
Gráfica 2. Altura de plantas por tratamiento	49
Gráfica 3. Número total de plantas y acames.....	50
Gráfica 4. Número de mazorcas cosechadas y mazorcas sanas.....	53
Gráfica 5. Aspecto de mazorca	54
Gráfica 6. Peso de grano	56

RESUMEN

El cultivo de maíz es de los más importantes a nivel mundial, por lo que el agricultor busca mantener cultivos sanos, que le generen buenos rendimientos con grano de calidad. El desabasto de este grano para consumo humano hace necesario mejorar su eficiencia de producción, para esto implementa el desarrollo de híbridos con características adaptables a determinada región. El cultivo está expuesto a distintos géneros fúngicos; *Fusarium* es el principal hongo patógeno que afecta la productividad del maíz en el mundo, el patógeno produce varias toxinas en el tejido y en los granos del maíz, lo que disminuye su calidad.

En este proyecto se evaluaron híbridos tolerantes a *Fusarium*, el objetivo del estudio es desarrollar híbridos de maíz con potencial de rendimiento y resistencia a *Fusarium*, mediante la evaluación de materiales tolerantes, identificando que material fue el más resistente con potencial de rendimiento y de igual manera descartar el peor material. Se trabajaron con 25 tratamientos, que fueron los distintos materiales con resistencia a *Fusarium*. Los parámetros a evaluar fueron: floración masculina y femenina, altura de planta, número total de plantas, número de plantas acamadas, mazorcas cosechadas, aspecto de mazorca, peso de grano y humedad de grano.

Se cumplió el objetivo de este estudio ya que se pudieron seleccionar tres materiales como los mejores que fueron: los tratamientos 4, 11 y 23, así mismo se distinguió el tratamiento 3 por ser el material que tuvo respuesta no favorable en esta evaluación.

Palabras clave: Maíz, Fusarium, Híbridos, Resistencia, Rendimiento.

ABSTRACT

Corn is one of the most important crops worldwide, so farmers seek to maintain healthy crops that generate good yields with quality grain. The shortage of this grain for human consumption makes it necessary to improve its production efficiency, thereby implementing the development of hybrids with characteristics adaptable to a specific region. The crop is exposed to various fungal genera; *Fusarium* is the main pathogenic fungus that affects corn productivity worldwide. The pathogen produces various toxins in the tissue and kernels of corn, which diminishes its quality.

This project evaluated *Fusarium*-tolerant hybrids. The objective of the study is to develop corn hybrids with yield potential and resistance to *Fusarium* by evaluating tolerant materials, identifying which material was the most resistant with yield potential, and also discarding the worst material. Twenty-five treatments were used, which represented the different *Fusarium*-resistant materials. The parameters evaluated were: male and female flowering, plant height, total number of plants, number of lodging plants, harvested ears, ear appearance, grain weight, and grain moisture.

The objective of this study was met, as three materials were selected as the best: treatments 4, 11, and 23. Treatment 3 was also distinguished as the material that had an unfavorable response in this evaluation.

Keywords: Corn, Fusarium, Hybrids, Resistance, Yield.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los cultivos más relevantes a nivel nacional e internacional, no solo por su valor alimenticio para humanos y animales, sino también por su uso como materia prima en diversas industrias. Su importancia económica, social y cultural lo posiciona como un pilar en la seguridad alimentaria de numerosos países, especialmente en México, donde constituye un componente central de la dieta y la cultura agrícola (FIRCO, 2017). Además, representa una fuente clave de ingresos para millones de productores, desde sistemas tradicionales de subsistencia hasta explotaciones comerciales a gran escala (SAGARPA, 2018).

Desde tiempos prehispánicos, el maíz ha sido cultivado en México, adaptándose a distintas altitudes, tipos de suelo y condiciones climáticas. Sin embargo, en los últimos años, los efectos del cambio climático han generado nuevas amenazas para este cultivo. El incremento en las temperaturas globales y la variabilidad en los patrones de precipitación han favorecido la aparición, persistencia y expansión de plagas y enfermedades que antes no eran comunes en ciertas regiones. Entre estos factores, la temperatura y la humedad son los que más influyen en la incidencia y severidad de enfermedades fúngicas (CIMMYT, 2020; FAO, 2021).

Una de las enfermedades más comunes y destructivas en el cultivo del maíz es la causada por el hongo *Fusarium spp.*, que puede atacar en todas las etapas del desarrollo del cultivo. Este patógeno puede estar presente en el suelo o la semilla, afectando desde la germinación hasta la mazorca, provocando pérdidas significativas en el rendimiento y la calidad del grano. Además, algunas especies de *Fusarium* producen micotoxinas, como la fumonisina, que representan un riesgo para la salud humana y animal (Munkvold, 2003).

En este contexto, es prioritario contar con estrategias de manejo integrado que incluyan el desarrollo y la evaluación de materiales genéticamente resistentes a enfermedades, como una alternativa viable y sostenible. Por ello, con el objetivo de

contribuir a un manejo más eficiente del cultivo de maíz, en este proyecto de investigación se evaluó la resistencia de distintos híbridos al hongo *Fusarium*. Para ello, se probaron 25 materiales previamente seleccionados por su potencial resistencia a esta enfermedad, utilizando un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

El manejo agronómico fue homogéneo en todo el lote experimental, aplicando las mismas dosis de agroquímicos en todos los tratamientos, bajo las especificaciones técnicas del Dr. Ricardo Ernesto Preciado, responsable del Departamento de Maíz. Se tomaron variables tanto en campo como en bodega, permitiendo una evaluación integral del comportamiento de cada híbrido en términos de tolerancia al hongo y calidad del grano. Con base en los resultados obtenidos, fue posible identificar los materiales más sobresalientes, que pueden representar una alternativa productiva para los agricultores frente al reto de enfermedades como el *Fusarium*.

1.2 Antecedentes

El hongo *Fusarium* es un patógeno importante y amenazante en la agricultura, particularmente en la producción de maíz, causando bajos rendimientos y baja calidad del grano principalmente, por lo que hay estudios para combatir y mejorar variedades.

Como menciona Betanzos (2009), en su trabajo “Híbridos de maíz resistentes a pudrición de mazorca en Chiapas y Veracruz, México”, la pérdida de grano por pudrición de mazorca varía de 390 a 1 030 kg/ha por año. El objetivo de esta investigación fue identificar híbridos de maíz resistentes a la pudrición de la mazorca causada por *Diplodia* y *Fusarium*, se evaluaron 20 híbridos considerados resistentes y cinco testigos en nueve localidades. Se identificaron híbridos con menos de 5.0% de grano dañado y alto rendimiento. No todos los híbridos de alto rendimiento mostraron resistencia a *Diplodia* y *Fusarium*. Los híbridos seleccionados por el bajo porcentaje de grano dañado mostraron resistencia intermedia. El híbrido experimental 271 x 310, produjo 900 kg ha⁻¹ más que el H-516 con 3.7% de grano dañado, por lo que se

seleccionó como una opción viable para las regiones donde el daño por pudrición de la mazorca es moderado.

Por su parte, Castillejos Antonio et al. (2022) llevaron a cabo un experimento en el Sitio Experimental El Llano, ubicado en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo. Se evaluaron 17 híbridos de maíz provenientes de diferentes empresas: Hércules, Supremo, B3715, B3706, Galileo, Kepler, EX 8512W, EX 9012W, EX 3512W, NK 921W, NK 880W, NK 858W, P3230W, P3274W, P3270W, Titanio y el híbrido H-155 (INIFAP) como testigo. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Se recolectaron datos de altura de planta y mazorca, porcentaje de plantas cuatas y estériles, días a floración femenina y masculina, pudrición de tallo y mazorca por *Fusarium spp.*, y rendimiento. Los resultados mostraron que el híbrido P3230W (Pioneer) obtuvo los mejores valores en altura de planta (3.32 m), porcentaje de plantas cuatas (6.33%) y rendimiento (17.99 t/ha). La mayor altura de mazorca se registró en el híbrido Supremo (Aspros) con 1.75 m. El menor porcentaje de plantas estériles lo presentó el híbrido H-155 (INIFAP) con 1.33%. En cuanto a la pudrición de mazorca, el híbrido NK 921W (NK) mostró la mayor incidencia con 15.12%. Para la floración masculina y femenina, todos los híbridos evaluados presentaron los mismos días.

Asimismo, Iglesias et al., (2011) mencionan en su trabajo “Formación De Híbridos Resistentes A *Fusarium Verticillioides* En Maíz” que la herencia de la resistencia a *Fusarium spp.* es un carácter cuantitativo con efectos génicos predominantemente aditivos, aunque se han identificado genes mayores dominantes. Este trabajo se realizó a los fines de estudiar el efecto del uso de líneas resistentes (R) y susceptibles (S) en la formación de híbridos Por otra parte también se tuvo como objetivo presentar un avance sobre la resistencia al hongo. Se evaluaron todos los cruzamientos posibles entre dos líneas R y dos líneas S, incluyendo recíprocos, bajo experimentos inoculados.

El análisis del dialélico indicó la ausencia de efectos recíprocos, la presencia de efectos de ACG favorables en ambas líneas R, nulos o desfavorables en las líneas S, y de efectos de ACE favorables en algunas cruzas R×S. La ausencia de efectos recíprocos y la importancia de ACG sugieren que la formación de híbridos resistentes debería realizarse en base a ambos progenitores resistentes usados indistintamente como hembra o macho. Además, se podrían aprovechar efectos no aditivos en cruzas específicas. (Iglesias et al., 2011)

Los efectos de ACG y ACE positivos, mayor nivel de síntomas, observados en el progenitor 4674, altamente susceptible en evaluaciones anteriores, indican la importancia de excluir estas líneas en la formación de híbridos comerciales.

En el trabajo realizado por Estrada et. al., (2013), trabajo “H-561, Nuevo Híbrido De Maíz Resistente A Pudriciones De Mazorca Para Regiones Tropicales” mencionan que, en el Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH) del INIFAP se llevaron a cabo proyectos de hibridación de maíz durante seis años, con el objetivo de obtener híbridos con menores daños de pudriciones de grano causados por *Fusarium*. Como resultado, se identificó una cruza simple sobresaliente a la que se le denominó ‘H-561’, la cual presentó mayor rendimiento de grano y menores porcentajes de grano podrido que los híbridos comerciales. El ‘H-561’ es un híbrido de cruza simple formado por la combinación de las líneas progenitoras Lemoc-1RP (hembra) y Lemoc-2RP (macho), derivadas de las líneas CML-271 y CML-310, respectivamente. Estas dos últimas provenían del CIMMYT; en el CECECH se obtuvieron dos generaciones más de endogamia, en las que se aplicó una selección rigurosa de plantas autofecundadas con menores porcentajes de granos dañados.

1.3 Planteamiento del problema

El maíz (*Zea mays*) es el cereal de mayor producción a nivel mundial y constituye un alimento básico para la población. Sin embargo, el desabasto de grano para consumo humano resalta la necesidad de mejorar la eficiencia en su producción. Una estrategia clave para lograrlo es la selección adecuada de híbridos con características adaptables a las condiciones específicas de cada región.

Uno de los principales desafíos en el cultivo de maíz es la presencia de enfermedades causadas por hongos patógenos. Entre ellos, *Fusarium* spp. representa una de las amenazas más importantes a nivel global, ya que afecta diversas partes de la planta (raíces, tallo y mazorca) mediante diferentes vías de infección. Este hongo, además de reducir el rendimiento del cultivo, produce micotoxinas que contaminan el grano, disminuyendo significativamente su calidad (Placencia de la Parra et al., 2014).

A lo largo del tiempo, el desarrollo de híbridos ha permitido mejorar la productividad del maíz, gracias a la evaluación y selección de materiales con buena adaptación, alto rendimiento y resistencia a enfermedades. No obstante, es necesario continuar con este proceso de mejoramiento genético para enfrentar nuevos retos fitosanitarios y climáticos.

En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo evaluar híbridos de maíz con tolerancia a *Fusarium* spp., con el fin de identificar aquellos con mejor desempeño en términos de resistencia y calidad de grano. La selección de los materiales más prometedores permitirá descartar líneas susceptibles y avanzar en la mejora continua del cultivo, reduciendo riesgos de pérdida de rendimiento y garantizando un producto final apto para el consumo.

1.4 Justificación

El maíz es uno de los cereales más importantes tanto a nivel mundial como en la región del Bajío. Su relevancia radica en que es una fuente esencial de nutrientes para el consumo humano y animal, además de ser una materia prima clave en diversas industrias. Por ello, mantener cultivos sanos y productivos es una prioridad, lo cual se puede lograr mediante estrategias como el desarrollo y uso de híbridos mejorados.

Sembrar híbridos ofrece ventajas significativas, entre ellas: mayor rendimiento, mejor calidad del grano, resistencia a plagas y enfermedades, mejor adaptación a condiciones locales, y menor incidencia de acame. En las regiones tropicales húmedas de México, donde se siembran alrededor de 2.5 millones de hectáreas de maíz, de las cuales, un millón están en zonas de alta productividad y 100 mil bajo riego, se recomienda el uso de híbridos debido a su capacidad de expresar al máximo su potencial genético (Macías, 2004; Gómez Montiel, 1986; Vasal et al., 1992).

Uno de los principales factores que afectan la productividad del maíz es la incidencia de enfermedades, siendo *Fusarium spp.* una de las más perjudiciales. Este hongo ataca desde etapas tempranas del cultivo, provocando marchitez y pudrición en raíces, tallos y hojas, lo que puede derivar en pérdidas significativas de rendimiento y, en consecuencia, en pérdidas económicas considerables (Rivera, 2010).

Ante esta problemática, el presente proyecto se enfocó en evaluar 25 híbridos de maíz con potencial tolerancia a *Fusarium spp.* mediante un diseño experimental con tres repeticiones. Se analizaron variables agronómicas clave como altura de planta, acame, número de plantas, peso de mazorca y peso de grano, con el objetivo de identificar los materiales más prometedores. La selección de híbridos resistentes permitirá avanzar en el mejoramiento genético del cultivo, reduciendo el impacto de esta enfermedad y asegurando una producción más estable y de mejor calidad.

1.5 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar híbridos de Maíz con potencial de rendimiento y resistencia a *Fusarium*, para reducir pérdidas de producción y obtener grano de buena calidad, mediante la evaluación de materiales posiblemente tolerantes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los híbridos con mayor productividad bajo condiciones de presencia del hongo.
- Seleccionar los mejores materiales híbridos resistentes a *Fusarium*.
- Comparar y definir el material que destaque en resistencia y rendimiento contra el *Fusarium*.
- Identificar el material que no tuvo respuesta favorable ante las variables evaluadas

1.5 Hipótesis

Hipótesis Nula: Ninguno de los híbridos a evaluar presenta diferencia significativa en resistencia al *Fusarium*.

Hipótesis Alternativa: Existe al menos un híbrido que muestra una resistencia significativamente superior al *Fusarium* en comparación con los demás materiales evaluados.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades Del Cultivo

2.1.1 Origen Del Maíz

Su origen se dio en la región central de México a través de la fusión de plantas que crecían en forma silvestre como el teocintle o teosinte, pertenece a la familia de las Poáceas o Gramíneas y es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, es una planta domesticada y altamente productiva que no crece en forma salvaje por lo que es completamente dependiente de los cuidados del hombre (ASERCA, 2018).

Existen dos subespecies de Teocintle: aquella que crece en las partes altas del Centro de México, como Xochimilco o Chalco, y la otra que se da en lugares tropicales, como en la zona de la cuenca del Río Balsas y las tierras bajas de la costa del Pacífico en el centro de México (Lacunza, 2020).

Con base en hallazgos, cerámica y lítica, y el estudio de sedimentos y depósitos de restos vegetales en contextos arqueológicos, se cree que el maíz se domesticó hace 8000 años. Su evolución es producto de la interacción de los procesos biológicos y factores ecológicos con la dinámica cultural y los intereses del hombre (Benz, 1997).

Las investigaciones sobre la constitución de los nudos cromosómicos de varias razas de maíz de México han confirmado que ocurrieron eventos independientes de domesticación del maíz, en cuatro centros localizados en México (dos en la región de Oaxaca-Chiapas, una en las tierras altas y una en las tierras medias al norte del estado de Morelos y Guerrero). Estos sitios son considerados como los lugares donde el germoplasma original del maíz fue domesticado de las poblaciones de Teocintle donde ya había ocurrido citogenéticamente la diversificación. Aunque el período exacto de domesticación y los ancestros de los cuales surgió el maíz no son concluyentes. Se cree que hacia el año 3000 a.c. la domesticación de las plantas en el centro-sur de México era total y que la introducción del maíz al noroeste de México y el suroeste de

E.U. puede atribuirse a la dispersión de grupos hablantes yuto-azteca que ocurrió durante los primeros siglos inmediatamente después del periodo Altitermal (Holoceno Medio), aproximadamente 1500 años después de su domesticación inicial (CIBIOGEM, 2019).

2.1.2 Usos

En México el uso alimenticio es el predominante, cuando en el resto del mundo es importante como insumo en alimentos balanceados para animales y en la industria. El uso alimenticio sitúa al maíz en el grupo de los cuatro cultivos básicos (papa, arroz y trigo) que aportan más del 50% al sistema alimentario mundial (FAO, 2011). México no solo es centro de diversidad de formas biológicas del maíz, también lo es de un conjunto de usos culinarios. En las diferentes regiones de México se preparan numerosos platillos de maíz, que varían en cada región dependientes de las tradiciones culinarias, la disponibilidad de razas nativas y los gustos personales (INECOL, 2020)

Actualmente, el maíz es el cereal más consumido en México, existen más de 220 especies de maíz comestibles en el mundo, lo cual permite un gran uso industrial y culinario. (SADER, 2019)

Su utilidad en la cocina varía desde lo dulce a lo salado, para la gastronomía mexicana, debido a que es un cereal muy versátil. El uso más común es en 10 alimentos en los que destacan aceite de maíz, harina de maíz su uso es para la elaboración de panes y tortillas, palomitas de maíz, snacks salados, cereal, jarabe de maíz, goma de mascar y caramelos, fécula de maíz, gelatina y productos dietéticos. (SADER, 2019)

En la industria cosmética, se emplea para producir producción de jabones y productos para el cuidado del cabello. Asimismo, se utiliza como materia prima para lubricantes y productos para el cuidado del cuero en industrias especializadas. Asimismo, este grano puede ser transformado para la producción de biocombustibles como el etanol de maíz, empleado como combustible de automoción, como aditivo de la gasolina y

para mejorar la ignición en motores diésel, porque generan una menor contaminación ambiental y son una alternativa viable al agotamiento ya sensible de energías fósiles, como el gas y el petróleo. (SADER, 2016)

2.1.3 Importancia Económica

El maíz es el principal producto alimenticio en el país, la superficie sembrada de cultivos básicos es ocupada por el maíz en mucho mayor cantidad que cada uno de todos los demás cultivos considerados como básicos (CIMMYT, 2019). La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo (CIMMYT). Su cultivo y comercialización son entonces factores importantes para la economía mexicana, este cultivo es la base de la alimentación de la población mexicana y abarca alrededor del 85% del volumen total producido en el país. (Morales, 2020)

Representa el grano que más se produce a nivel mundial. Continúa siendo la base de la alimentación de millones de personas, así como una materia prima fundamental para diversos sectores económicos. En México el maíz grano tiene un consumo anual per cápita de 196.4 kg, el consumo nacional de maíz en el año 2020 fue de 19 035 000 00 t. Lo que representa un reto constante para garantizar la seguridad alimentaria en México (SADER; 2022).

2.1.3.1 Internacional

En todo el mundo se producen 1.060.247.727 toneladas de maíz por año. Estados Unidos de América es el mayor productor de maíz del mundo con un volumen de producción de 384,777,890 toneladas por año, China ocupa el segundo lugar con una producción anual de 231.837.497 toneladas. México está con 28,250,783 está en el puesto 5, como se aprecia en la Tabla 1. (Statista, 2022)

Tabla 1. Producción mundial de maíz

País	Producción ton
Estados Unidos de América	384,777,890
República Popular China	231,837,497
Brasil	64,143,414
Argentina	39,792,854
México	28,250,783
Ucrania	28,074,610
India	26,260,000
Indonesia	20,369,551
Federación Rusa	15,309,813
Canadá	12,349,400

Fuente: Statista (2022)

2.1.3.2 Nacional

De acuerdo con el Panorama Agroalimentario 2022, emitido por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, el maíz blanco es de suma importancia en la dieta de los mexicanos, con un consumo anual per cápita de 346 kg. (Morales, 2022)

De acuerdo con lo mencionado en la Tabla 2, Sinaloa, Veracruz y Chiapas, concentran siete de cada diez hectáreas sembradas en el OI 21/22. Sinaloa es líder en la producción de O-I, con 5.1 millones de toneladas cosechadas a julio de 2022, significan 75% de la producción del país, mientras que Veracruz ocupa el segundo lugar con 7.5% de la oferta nacional lo que equivale a 516,580 ton. (SIAP, 2022)

Tabla 2. Producción nacional de maíz Ol en 2022

No.	Entidad	Ha sembradas	producción (ton)
1	Sinaloa	421,131.20	5,137,229.69
2	Veracruz	206,836.10	516,580.44
3	Chiapas	102,139.90	241,788.42
4	Oaxaca	71,474.86	180,512.23
5	Sonora	15,093.00	169,176.50
6	Tamaulipas	33,576.19	163,577.86
7	Guerrero	31,146.04	120,734.09
8	Tabasco	38,692.00	78,117.50
9	Puebla	21,740.46	48,028.49
10	Campeche	14,410.00	44,600.98
16	Guanajuato	50.00	540.00

Fuente: SIAP (2022)

2.1.4 Taxonomía

La taxonomía es una ciencia que agrupa ordenadamente a los organismos vivos de acuerdo a lo que se presume son sus relaciones naturales, partiendo de sus propiedades más generales a las más específicas. Los criterios de clasificación que se utilizan están basados en las características anatómicas, morfológicas, citológicas, fisiológicas, genéticas y otras de los organismos, dando origen a diferentes grupos o taxa de características más o menos similares.

La taxonomía biológica forma parte de la biología sistemática, dedicada al análisis de las relaciones de parentesco entre los organismos. Una vez que se resuelve el árbol filogenético del organismo en cuestión y se conocen sus ramas evolutivas, la taxonomía se encarga de estudiar las relaciones de parentesco.

Los taxones permiten clasificar a los seres vivos a partir de una jerarquía de inclusión, cada grupo abarca a otros menores mientras está subordinado a uno mayor. Las categorías fundamentales, desde la más abarcativa hasta la menor, son el dominio,

el reino, el filo o división, la clase, el orden, la familia, el género y la especie. (Induanalysis, 2019)

De acuerdo con Cabrerizo (2012) la taxonomía del cultivo de maíz se define como:

- Nombre Científico: Zea Mays
- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Liliopsida.
- Subclase: Commelinidae.
- Orden: Poales.
- Familia: Poaceae.
- Subfamilia: Paricoideae.
- Tribu: Andropogoneae.
- Género: Zea.
- Especie: Zea Mays.

2.1.5 Fisiología Y Morfología

2.1.5.1 Fisiología

La Fisiología en las plantas, estudia cómo funcionan y cómo son capaces de utilizar la energía de la luz para, a partir de sustancias inorgánicas, sintetizar moléculas orgánicas con las que construir las complejas estructuras que forman el cuerpo de la planta. Por tanto, a nivel molecular, analiza los procesos fisicoquímicos que ocurren en las plantas, como son la síntesis, ensamblaje y reconstrucción de las proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos, lípidos y el resto de los metabolitos primarios y secundarios, estudiando la energética y los mecanismos que regulan dichos procesos. A nivel celular, estudia la estructura y propiedades de las células, sus componentes y las relaciones entre las organelas. A nivel intercelular, los múltiples procesos implicados, como la fotosíntesis, respiración y las interacciones entre tejidos y órganos. A nivel de organismo estudia las funciones de coordinación e interacción entre órganos

y los cambios que experimentan en los procesos de adaptación. (Ortuño Tomás, 2015).

El maíz es una planta hermafrodita, lo que significa que produce flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. Al igual que muchas plantas, tiene una parte femenina y otra masculina que trabajan en conjunto para reproducirse. La parte masculina se llama espiga, borla o rastrojo, se encuentra al final del tallo y se compone de pequeñas flores que producen polen, la femenina es la mazorca, que se integra por las hojas (que son las que se usan para envolver los tamales), los estigmas o pelos de elote, las flores femeninas, y los granos de elote, que se usan para hacer la masa de las tortillas o los que te comes en los esquites o chascas. Cada grano contiene en su interior un embrión, que es la parte que se convierte en una nueva planta. Una mazorca tiene entre cuatrocientos y mil doscientos granos de maíz. Y a lo que queda cuando la mazorca se desgrana se le llama olote. (SIAP, 2016)

En términos de producción, la espiga puede producir más de 1 000 000 de granos de polen, y la mazorca puede producir más de 1000 estigmas. En consecuencia, hay aproximadamente de 1000 a 1500 veces más granos de polen que estigmas producidos. En teoría, de 20 a 30 plantas podrían fertilizar todos los estigmas en 1 acre (0,405 hectáreas), pero no todo el polen desprendido por una planta cae en un estigma. (PIONEER, 2015)

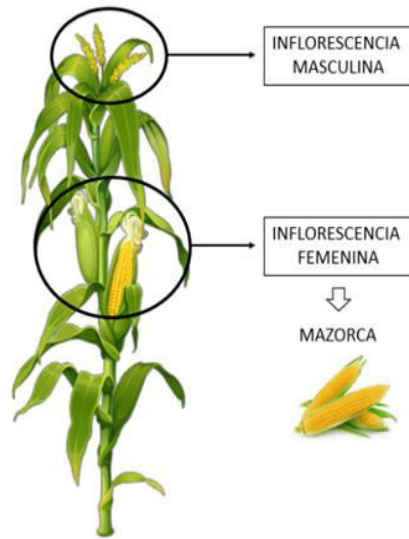


Figura 1. Fisiología del maíz

Fuente: Rojas, 2020

2.1.5.2 Morfología

La morfología en una planta se define como el estudio de su forma física y estructura externa. Es el campo de estudio que analiza cómo se organizan y están construidas las diferentes partes de la planta, como las raíces, tallos, hojas, flores y frutos, y cómo estas partes se relacionan entre sí. (Mendoza, 2002)

2.1.5.2. Tallo

Los tallos de maíz son el cuerpo principal de la planta. Dependiendo de la variedad, el tallo puede crecer varios metros de altura y es bastante resistente. El tallo es bastante estable, ya que debe aguantar las mazorcas de maíz (SACSA, 2015). El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones, por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal, está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. (CONAHCYT, 2018).

2.1.5.2. Inflorescencia

La planta posee flores masculinas y femeninas en inflorescencias bien diferenciadas en un mismo individuo. La inflorescencia masculina, conocida como *espiga*, es terminal, casi ubicada en el extremo superior del tallo; está compuesta por un eje central que a su vez contienen pares de flores estaminadas (con estambres), en las cuales se forman y desarrollan los granos de polen. Por su parte las inflorescencias femeninas, las bien conocidas *mazorcas*, crecen en yemas axilares de las hojas. Son grandes espigas cilíndricas formadas por un raquis central (llamado olote) en el que crecen muchos pares de flores, cada uno con una flor fértil, de las que se forman las semillas, es decir, los granos de maíz. (INECOL, 2021)

2.1.5.2. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. (CONAHCYT, 2018).

La hoja de maíz tiene tres partes principales: el limbo o lámina, la vaina y el collar. La lámina es la parte plana de la hoja que intercepta la luz solar; la vaina es la parte que se envuelve alrededor del tallo; y el collar es la línea de demarcación entre la lámina y la vaina, normalmente con una curva definida. A medida que la planta de maíz crece, cada hoja sucesiva sale a la luz, la punta de la hoja es la primera parte visible; luego le sigue la lámina de la hoja, y finalmente el collar y la vaina. Cuando un collar es visible, la hoja se considera completamente emergida y se cuenta en el esquema de etapas. Las etapas vegetativas del desarrollo comienzan con la emergencia (VE) y continúan de forma numérica con cada hoja sucesiva hasta que emerge el penacho (VT) (PIONEER, 2015).

2.1.5.2. Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta (INFOAGRO, 2016), las raíces de la planta de maíz que crecen desde nudos por encima de la línea del suelo se conocen comúnmente como raíces de anclaje. Una

planta de maíz produce dos sistemas de raíces: el sistema radicular seminal y el sistema radicular nodal.

Las **raíces seminales** se originan dentro del embrión de la semilla y sostienen la plántula de maíz durante las primeras semanas después de la emergencia. Las **raíces nodales** se desarrollan a partir de nudos individuales por encima del mesocótilo y son el principal sistema radicular que sostiene la planta durante su crecimiento. Las raíces de los primeros cinco nudos del tallo se originan bajo tierra. A partir del sexto nudo las raíces nodales se originan por encima de la línea del suelo y constituyen las raíces de anclaje. Las raíces del séptimo nudo y superiores no siempre llegan al suelo y se conocen como raíces aéreas. (Jeschke, 2023).

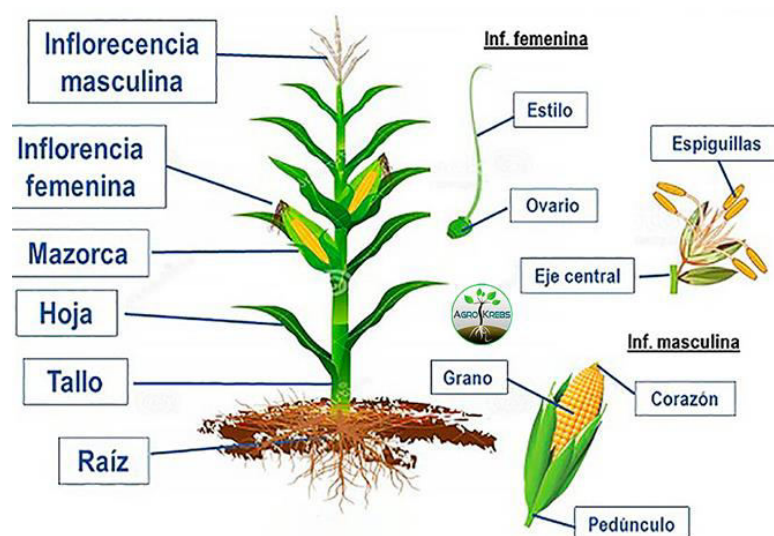


Figura 2. Morfología y fisiología del maíz

Fuente: Agro Krebs, 2020

2.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos

2.1.6.1 Adaptación

El maíz posee buen desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta los 5 metros de altura en altitudes superiores a los 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Como cultivo comercial, crece entre las latitudes 55° N y 40° S, el maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas. (Flores, 2017). Contar con una diversidad de razas locales de maíz permite a los agricultores seleccionar las semillas más adaptadas a condiciones climáticas adversas (Quiroz, 2021)

2.1.6.2 Suelo

En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Los síntomas en el campo, de un pH inadecuado, en general se asemejan a los problemas de micro nutrientes. (Deras F. H, 2016)

2.1.6.3 Riego

El maíz es altamente sensible a la escasez de agua, especialmente durante el período que va desde la floración hasta el llenado de los granos. Esta fase es crítica para determinar el rendimiento final del cultivo (Innovatione, 2024). Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento. En general, el maíz necesita de 500 a 700 mm de precipitación distribuida durante el cultivo, es muy sensible también al aniego o encharcamiento; a los suelos saturados y sobresaturados. (Deras, 2016)

2.1.6.4 Clima

Para lograr una germinación óptima del maíz, es crucial asegurar que las temperaturas se mantengan dentro de ciertos rangos. Idealmente, la temperatura diurna mínima no debe ser inferior a 10 °C (Innovatione, 2024).

Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C, Durante el crecimiento, las plantas de maíz pueden tolerar temperaturas mínimas de 15 °C y máximas de hasta 40 °C, aunque la temperatura ideal oscila entre 20 y 30 °C. Durante la floración, las temperaturas ideales deben mantenerse en un promedio de 20 a 30 °C. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. (INEGI, 2016).

2.1.7 Labores Culturales

2.1.7.1 Preparación del terreno.

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y pueda captar agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra.

También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas llamados rastrojos. (Infoagro, 2018)

2.1.7.2 Siembra.

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la

separación entre los golpes de 20 a 25 cm. La siembra se realiza por el mes de abril. (DFINNOVA, 2022)

2.1.7.3 Fertilización.

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo. El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante, se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8. (INFOAGRO, 2017)

2.1.8 Plagas Y Enfermedades

Por el cambio climático, las plagas y enfermedades de los cultivos, entre ellos el maíz, son más frecuentes y resistentes, además de que están en continua evolución, por ello, la identificación oportuna de plagas ayuda a controlar adecuadamente, más fácil y eficaz, y permite emitir la alerta fitosanitaria a los productores para mitigar su impacto. (INFOAGRO, 2017)

2.1.8.1 Plagas

La identificación correcta de las plagas y sus hábitos son de suma importancia para evitar aplicaciones innecesarias de insecticidas selectivos y para lograr el rápido y eficiente control de las plagas que afectan al cultivo (PROAIN, PLAGAS DEL MAIZ, 2021). Existe una diversidad de insectos-plagas que atacan el cultivo, entre las principales están los siguientes mostrados en la *tabla 3*:

Tabla 3. Principales plagas del cultivo de maíz

Nombre	Características	Control
Gusano de Alambre	Viven en el suelo aparecen en suelos arenosos y ricos en materia orgánica, son coleópteros. Las hembras realizan puestas de 100 a 250 huevos de color blanquecino y forma esférica. Las larvas de los gusanos de alambre son de color dorado y los daños que realizan son al alimentarse de todas las partes vegetales y subterráneas de las plantas jóvenes. Ocasionan grave deterioro en la planta e incluso la muerte.	Para su lucha se recomienda tratamientos de suelo como Paratión.
Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)	Los huevecillos están cubiertos con escamas. Las larvas al eclosionar tienen hábitos gregarios, canibalísticos y se establecen en el cogollo de la planta. Se presentan seis instares larvarios. Su ciclo es de 30 días en primavera y se alarga en invierno hasta 90 días. Pupa en el suelo a una profundidad de 2 a 8 cm. Su etapa de adulto es de 10 días. Una infestación no controlada puede ocasionar una reducción del rendimiento del 13 al 60% del cultivo. Durante el	Control Biológico. Entre los organismos benéficos que atacan al género Spodoptera se encuentran, Telenomusp., Trichogrammaatopovirilia, Trichogrammaexiguum, Eiphosomasp., Meteoruslaphygmae, Chelonusinsularis, Oriostristicolor, Chrysoperla, Pilybiasp., entre otros. Control microbiológico. Existen diversos microorganismos benéficos para controlar al gusano cogollero, sin embargo, el más empleado comercialmente es el Bacillusthuringiensis, una bacteria que puede alcanzar hasta un 90%

	crecimiento vegetativo del maíz, las larvas se alimentan de las hojas: cuando las orugas son chicas suelen tener comportamiento de trozadoras, y cuando pasan a instares más grandes tienen hábito de defoliadoras.	de efectividad si se usa correctamente.
Gusanos grises. (<i>Agrotis ipsilo</i>)	Las larvas son de diferentes colores negro, gris y pasando por los colores verde grisáceo y son de forma cilíndrica. Los daños que originan son a nivel de cuello de la planta produciéndoles graves heridas.	Para su lucha se recomienda tratamientos de suelo como Paratión y otros.
Pulgón (<i>Rhopalosiphum padi</i>)	Se alimenta de la savia provocando una disminución del rendimiento final del cultivo y el pulgón verde del maíz <i>Rhopalosiphum maidis</i> es transmisor de virus al extraer la savia de las plantas atacando principalmente al maíz dulce, esta última especie tampoco ocasiona graves daños debido al rápido crecimiento del maíz.	Control biológico: Chrysopa. Hongos: Beauveria bassiana, Verticillium lecani, Paecilomyces fumosoroseus y aves. Se recomienda el uso de Temprid SC, asperjado sobre las hojas y en la base de la planta sobre la tierra
El piral del maíz (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	Se trata de un barrenador del tallo y desarrolla de 2 a 3 generaciones larvarias llegando a su total desarrollo alcanzando los 2 cm de longitud. Las larvas comienzan alimentándose de las hojas del maíz y acaban	Gránulos a base de clorpirifos o diazinon. Actúa por inhalación, creando un ambiente tóxico para la larva. Es fundamental tratar la 1ª generación, para parar el daño. La 2ª generación tiene que ser

	introduciéndose en el interior del tallo. Los tallos acaban rompiéndose y las mazorcas que han sido dañadas también.	tratamiento aéreo a la fuerza y la mitad del producto cae al suelo.
Taladros del maíz	<i>Sesamia nonagrioides</i>. taladra los tallos del maíz produciendo numerosos daños. La oruga mide alrededor de 4 cm, pasa el invierno en el interior de las cañas de maíz donde forman las crisálidas. Las mariposas aparecen en primavera depositando los huevos sobre las vainas de las hojas. <i>Pyrausta nubilalis</i>. La oruga de este Lepidóptero mide alrededor de 2 cm de longitud, cuyos daños se producen al consumir las hojas y excavar las cañas de maíz.	Capturas de machos para reducir la fecundidad de las hembras. Se suelen emplear de 10-20 trampas/Ha. Las materias activas que podemos emplear son: CLORPIRIFOS 48% (EC), a 0,15 %. DELTAMETRIN 2,5% (EC), a 0,083 %. Cómo medida de control biológico se puede emplear thuringiensis
Ácaros	Arañuelas del maíz, <i>Oligonychus pratensis</i> , <i>Tetranychus urticae</i> y <i>Tetranychus cinnabarinus</i> . Su control se realiza mediante el empleo de fosforados: Dimetoato y Disulfotón.	Para el control de los ácaros se recomienda los siguientes productos: Abamectina, Dimetoato, Benfuracarb, Propargita, Clorfenapir y el Flufenoxuron. Para combatir el huevo del ácaro se debe fumigar por el haz y el envés de las hojas.

Fuente: SADER (2021)

2.1.8.2 Enfermedades

Los brotes de enfermedades en los cultivos dependen de la conjunción de diversos factores como, la presencia de un patógeno, el manejo del cultivo y el medio ambiente. Cuando los factores interactúan en una combinación adecuada, puede desarrollarse una enfermedad (Ruiz, 2018)

Para manejar efectivamente enfermedades en el cultivo del maíz, es preferible prevenir o controlar un brote cuando está en niveles bajos, en lugar de intentar controlar la enfermedad que ya ha producido daños importantes (Ruiz, 2018).

A continuación, se describen las principales enfermedades del cultivo y su control:

Tabla 4. Principales enfermedades que afectan el cultivo de maíz

Nombre	Características	Control
Bacteriosis:	<i>Xanthomonas stewartii</i> ataca al maíz dulce. Los síntomas se manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido. En tallos de plantas jóvenes aparecen un aspecto de mancha que ocasiona. Si la enfermedad se intensifica se puede llegar a producir un bajo crecimiento de la planta, gran deformación en su centro y decoloración	El control se basa en la reiterada aplicación foliar preventiva de productos, principalmente a base de cobre muchas veces mezclado con mancozeb.
<i>Pseudomonas alboprecipitans.</i>	Se manifiesta como manchas en las hojas de color blanco con tonos rojizos originando la podredumbre del tallo.	El uso de germoplasma resistente y de un cultivo limpio es la mejor solución para el control de esta enfermedad.
<i>Helminthosporium turcicum.</i>	Afecta a las hojas inferiores del maíz. Las manchas son grandes de 3 a 15 cm y la hoja va tornándose de verde a parda. Sus ataques son	mezclas de triazol y estrobilurina en V12 o en aplicaciones dobles (V12+R1), evidencian resultados

	más intensos en temperaturas de 18 a 25°C. Las hojas caen si el ataque es muy marcado.	satisfactorios. Conviene recordar que, cuando de fungicidas se trata, la homogeneidad de cobertura y la penetración a la base del canopeo son claves.
Antracosis	Lo causa <i>Colletotrichum graminocolum</i> . Son manchas color marrón-rojizo y se localizan en las hojas, producen arrugamiento del limbo y destrucción de la hoja. Como método de lucha está el empleo de la técnica de rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes	Uso de fungicidas cúpricos, rotación de cultivos, drenaje del suelo, sembrar materiales tolerantes, respetar fechas de siembra, eliminar malezas dentro del cultivo.
Roya.	La produce el hongo <i>Puccinia sorghi</i> . Son pústulas de color marrón que aparecen en el envés y haz de las hojas, llegan a romper la epidermis y contienen unos órganos fructíferos llamados teleutosporas.	fungicida foliar a principios de la temporada si cree que la roya se va a propagar rápidamente debido a las condiciones climáticas. Se pueden usar productos que contengan mancozeb o propiconazol para controlar la enfermedad.
Pudrición del tallo.	<i>Fusarium verticillioides</i> es el principal hongo patógeno que afecta la productividad del maíz en el mundo. Este hongo penetra a la planta por distintas rutas e infecta raíces, tallo y mazorca. El patógeno produce varias toxinas en el tejido y en los granos del maíz, lo que disminuye su calidad.	se utilizan fungicidas sistémicos como los benzimidazoles, en este grupo se incluyen el benomil, carbendazim, tiabendazol, y tiofanato.

Fuente: Ruiz (2018)

2.1.9 Cosecha

El ciclo de vida del maíz suele durar entre 100 y 120 días desde la siembra hasta la cosecha, aunque este periodo puede variar según factores ambientales y el uso final del grano (PROAIN, 2020). Se recomienda cosechar al alcanzar la madurez fisiológica (30-38% de humedad), momento en el que la semilla ha desarrollado su máximo potencial de calidad. No obstante, por cuestiones prácticas y de costos, comúnmente se cosecha con 15-25% de humedad. Retrasar la cosecha expone la semilla a daños por clima, plagas y enfermedades, afectando su vigor y calidad (PROAIN, 2020).

Una cosecha oportuna y con equipo bien calibrado asegura mejor rendimiento, vigor, resistencia al daño mecánico y menor susceptibilidad al calor del secado, el deterioro de la semilla es irreversible y no mejora durante el almacenamiento PROAIN (2020).

Cosechar demasiado tarde también puede provocar encamado y mayores pérdidas mecánicas, especialmente si la humedad del grano baja de 15%, aumentando las pérdidas hasta en un 13% (Stringfield y Anderson, 1960). Además, la calidad del grano se evalúa por su pureza, uniformidad, redondez y dureza, según los requerimientos del mercado (Watson y Ramstad, 1991).

2.1.10 Híbridos De Maíz

En sencillos, un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra genéticamente no emparentada con la primera. La planta que produce la semilla se denomina progenitora hembra o de semilla, en tanto que la planta que proporciona el polen para fecundar a la hembra se denomina progenitor macho o de polen. Esta semilla posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores, y produce una planta con ciertas características. Los fitomejoradores generan los progenitores hembra y macho de cada híbrido con el fin de crear progenies con ciertas características, como una madurez específica, resistencia a enfermedades, cierto color de grano, calidad de procesamiento, etc. Ésta es la semilla híbrida única que los agricultores sembrarán en sus campos. Cuando un agricultor compra la semilla de

cierto híbrido, espera que tenga un desempeño en el campo igual al que se señala en la descripción de la variedad. (CIMMYT, 2015)

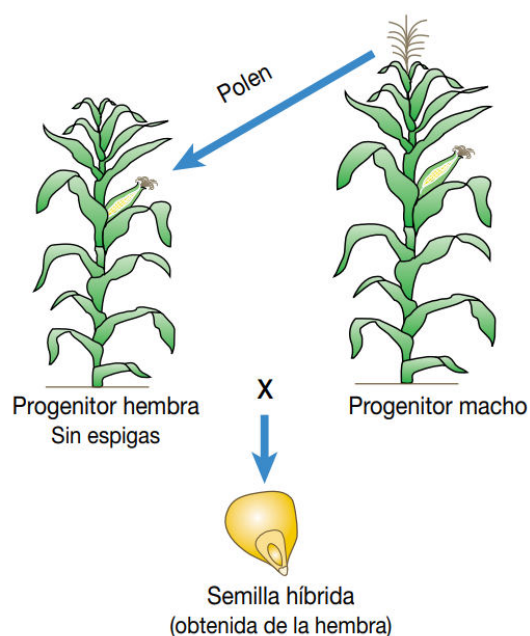


Figura 3. Híbridos de maíz

Fuente: (CIMMYT, 2015)

Cada tipo de híbrido tiene una configuración y características distintas, pero en todas las semillas híbridas, se vende a los productores una cruce entre los padres con las mejores características.

Existen diversos elementos que determinan la calidad de la cosecha de semilla híbrida, algunas de ella son: La pureza de las poblaciones progenitoras, la calendarización de siembra de las plantas y la eliminación de espigas de las plantas hembra previo a la producción de polen y estigmas. (ASGROW, 2019)

2.1.10.1 Tipos de híbridos

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 masculino y femenino del

maíz están separados, resulta relativamente fácil hacer una cruce entre dos plantas. (CIMMYT, 2015).

Los híbridos de maíz más comunes son los de cruce simple, triple y doble. Un híbrido de cruce simple se genera mediante la cruce de dos líneas endogámicas; para crear uno de cruce triple se cruza un híbrido simple con una línea endogámica, y un híbrido de cruce doble se genera cruzando dos híbridos de cruce simple. Los otros dos tipos de híbridos son los mestizos y los intervarietales. Un híbrido mestizo resulta de la cruce entre una variedad de polinización libre y una línea endogámica, en tanto que un híbrido intervarietal es el resultado de la cruce de dos variedades de polinización libre no emparentadas, esto se puede apreciar en la Tabla 5 “*Tipos de híbridos de maíz*” (Setimela, 2015).

Tabla 5. Tipos de híbridos de maíz

Tipo de híbrido	Progenitor hembra	Progenitor macho	Rendimiento de semilla	Precio de la semilla	Características de los híbridos	Rendimiento de grano
Simple	Línea endogámica	Línea endogámica	El más bajo	Alto	Uniforme	El más alto
Triple	Hibrido simple	Línea endogámica	Alto	Moderado	Apenas variable	Alto
Doble	Hibrido simple	Hibrido 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: (Setimela, 2015)

2.1.10.2 Importancia del desarrollo de los híbridos en maíz

El maíz es uno de los cultivos con mayor importancia mundial, el desarrollo de la semilla híbrida de maíz en el siglo XX permitió incrementar mucho el rendimiento de

las cosechas de maíz, además de desarrollar características favorables. El maíz híbrido ha desempeñado un papel crucial en la seguridad alimentaria a nivel mundial. Su mayor productividad ha contribuido a abastecer la creciente demanda de alimentos en una población en constante expansión. (Gowda et al., 2015)

Al cruzar diferentes líneas, se busca combinar rasgos como mayor rendimiento, resistencia a enfermedades, adaptación a diferentes condiciones climáticas y suelos, uniformidad en el tamaño y calidad de los granos, entre otros. Esta técnica ha revolucionado la agricultura y ha contribuido de manera significativa al aumento de la productividad de los cultivos de maíz a nivel mundial (SEMTEK, 2023).

Una de las principales ventajas del maíz híbrido es su mayor productividad en comparación con el maíz no híbrido, muestran un crecimiento más rápido y una mayor resistencia a las enfermedades, lo que se traduce en rendimientos más altos por hectárea. El maíz híbrido suele tener una mayor resistencia a enfermedades y plagas que pueden afectar a los cultivos. Esta resistencia minimiza la necesidad de utilizar pesticidas y otros productos químicos dañinos, además muestran una uniformidad notable en cuanto a la forma, el tamaño y la calidad de los granos. Esto es esencial para los agricultores, ya que facilita la cosecha y mejora la calidad del producto final. (SEMTEK, 2023)

CAPÍTULO III. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

3.1 Delimitación del área de estudio

El experimento se estableció en el ciclo Primavera – Verano, en condiciones de campo abierto, en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Celaya, Guanajuato, México, localizado a 20° 35' 06.59" latitud norte, 100° 49' 46.84" longitud oeste y altitud de 1 769. En nuestro lugar de trabajo se tienen suelos vertisoles y cuenta con un clima semiseco semicálido (65%), subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (21%), semiseco templado (7.4%), templado subhúmedo con lluvias de verano de menor humedad (4.5%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (2.1%). Entre sus características posee un clima de un rango aproximado de temperatura de 6°C a 31°C la temporada seca es un clima nublado y caliente a lo largo del año, rara vez baja a temperaturas menos como 3°C o sube más de 34°C (INEGI, 2020).

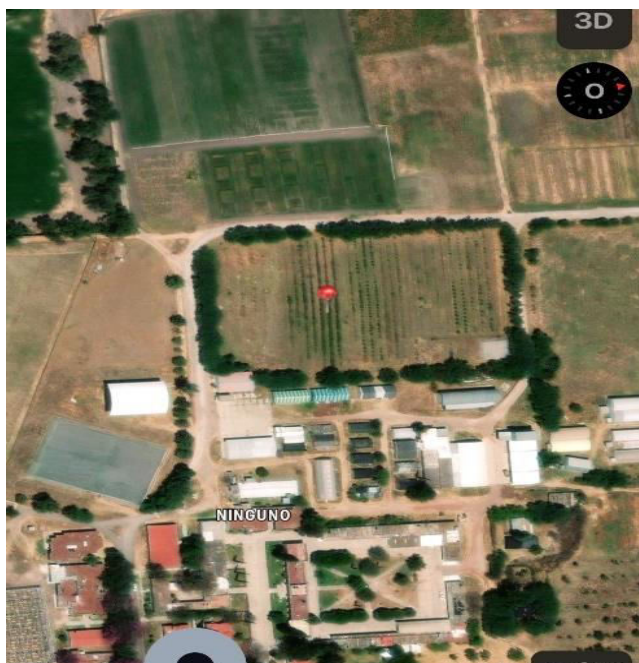


Figura 4. Parcela en INIFAP

Fuente: Google Maps

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental que se estableció para este proyecto fue de bloques completamente al azar, utilizando 25 tratamientos con 3 repeticiones. (Tabla 6)

Tabla 6. Diseño experimental de la evaluación de híbridos de maíz blanco 2023

B1R1	2	5	3	4	1	25	24	22	21	23	6	10	9	8	7	17	16	20	19	18	13	11	15	14	12
B2R2	1	16	6	21	11	12	22	17	2	7	20	15	25	5	10	3	18	23	8	13	24	19	9	4	14
B3R3	22	16	15	9	3	1	13	19	25	7	12	18	24	5	6	14	20	8	2	21	17	4	11	23	10

Bloque 1= Parcela 1-25

Bloque 2= parcela 26-50

Bloque 3= Parcela 51-75

Se utilizaron 25 materiales diferentes, que fueron los tratamientos, teniendo 3 repeticiones cada uno, estos son materiales de híbridos de maíz que se han ido desarrollando con resistencia a *Fusarium*, en INIFAP.

3.2.1 Tratamientos utilizados

- 1 (LNC10xLNC12) x PTFX F2-9-1-6-1-b
- 2 (PAB4xPAB5) x PTFX F2-9-1-6-1-b
- 3 (PAB7xPAB8) x PTFP F2-19-1-1-2-b
- 4 PTFN-F2-8-1-1-1-b x CML 552-b-1
- 5 PTFN-F2-8-1-1-1-b x PTFC F2-25-1-8-1-b
- 6 PTFN-F2-13-4-3-4 x PTFC F2-29-1-1-2-2
- 7 PTFN-F2-19-1-5-1 x PTFC F2-2-6-4-8
- 8 PTFN-F2-19-1-5-1 x PTFC F2-7-2-4-6
- 9 PTFP F2-2-6-3 x PTFN-F2-8-1-1-5
- 10 PTFP F2-18-1-b x PTFX F2-9-1-6-1-b

- 11 PTFP F2-18-1-b x PTFX F2-8-3-2-3-b
- 12 PTFP F2-19-1-1-2-b x PTFC F2-25-1-8-1-b
- 13 PTFP F2-34-2-b D x PTFC F2-22-1-1-3
- 14 PTFX F2-8-3-2 x PTFP F2-19-1-1
- 15 PTFX F2-8-3-2-3-bb x PTFN-F2-19-1-5-1
- 16 PTFX F2-9-1-6-1-b x PTFP F2-9-1-2
- 17 PTFX F2-9-1-6-1 x PTFN-F2-8-1-1
- 18 PTFX F2-9-1-6-1-b x PTFP F2-40-2-1-3
- 19 PTFX F2-18-1 x PTFN-F2-8-1-1
- 20 PTFC F2-5-1-2-2 x PTFN-F2-27-1-1
- 21 PTFN-F2-8-1-1-1-b x PTFX F2-8-3-2-3-b
- 22 PTFC F2-24-4-4-6 x PPC-b -2-1-2-1-b-4-b-1
- 23 SALAMANDRA
- 24 ESPARTACO
- 25 H-383

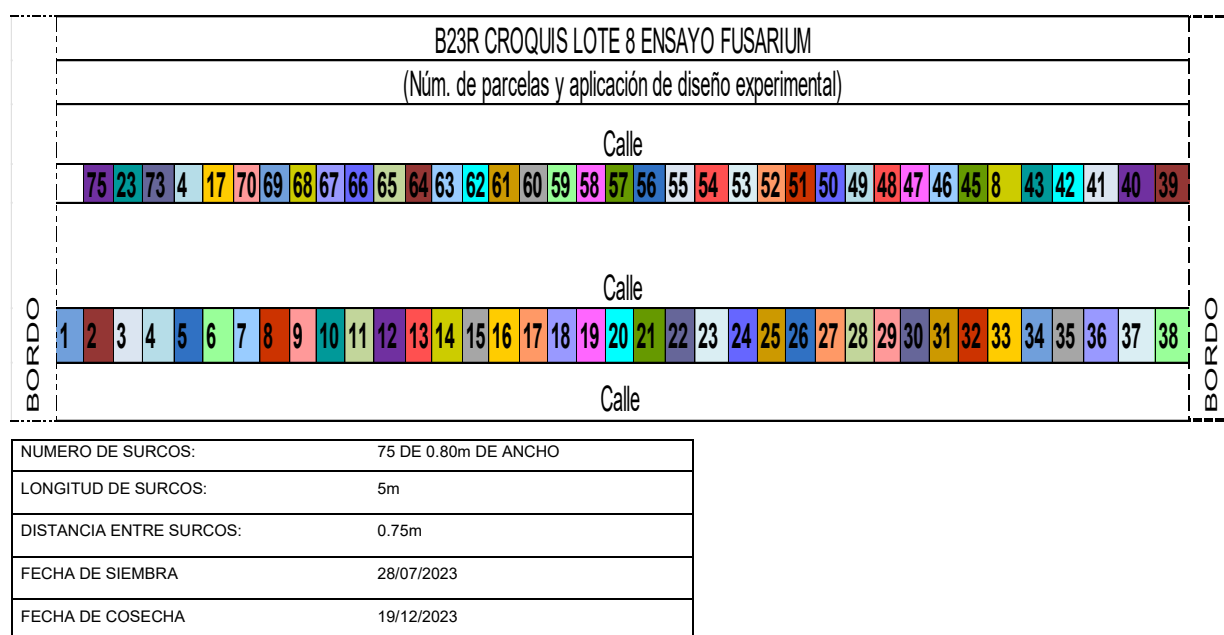


Figura 5. Croquis del ensayo con distribución de tratamientos según el diseño experimental

Fuente: INIFAP, 2023

3.3 Variables A Medir

Se tomaron datos del cultivo en campo y posterior del grano para analizar que materiales fueron resistentes a *Fusarium* y tuvieron buena calidad de grano y rendimiento.

Las variables en campo se tomaron de la siguiente manera:

- a) **Floración femenina (FF):** Para obtener los días a floración femenina, se contaron los días transcurridos desde el momento de la siembra del maíz hasta que el 50% de las plantas presenten estigmas visibles.
- b) **Floración masculina (FM):** Para obtener los días a floración masculina, se contaron los días desde el momento de la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron antesis.
- c) **Altura de la planta (AP):** Se tomo con un estadal, desde el pie de la planta, hasta la hoja bandera, y se registró en metros.
- d) **Numero de plantas (NP):** Se contaron y se registraron las plantas totales por surco.
- e) **Plantas acamadas (PA):** Se contaron las plantas que tuvieron acames de tallo y raíz surco por surco.
- f) **Numero de plantas cosechadas:** Se contabilizaron las plantas que fueron cosechadas.

Posterior a los datos de campo, ya cosechado, se tomaron pesos, así mismo se calificaron las mazorcas por su aspecto, se seleccionaron 5 mazorcas de cada parcela(surco), las cuales se desgranaron a mano y al grano se le tomaron datos de peso volumétrico y humedad:

- a) **Numero de mazorcas:** se contabilizaron el número de mazorcas cosechadas por parcela
- b) **Aspecto de mazorca (AsM):** Se observaron las mazorcas y se calificaron del 1 al 5, siendo el 1 con el peor aspecto y al 5 con el mejor.

- c) **Peso de grano:** Se seleccionaron las mejores 5 mazorcas de cada parcela las cuales se desgranaron y se pesaron por parcela en kg.
- d) **Humedad:** Del grano obtenido de las 5 mejores mazorcas, se tomaron humedades, con ayuda de un medidor de humedad.

3.4 Actividades Agronómicas Y Culturales

3.4.1 Preparación Del Terreno

La preparación del terreno se realizó de forma convencional, utilizando maquinaria con implementos, realizando barbecho y rastreo ya que anteriormente estaba un cultivo, ya preparado el terreno para nuestro ensayo, se realizó el surcado. Se realizaron surcos de 75 a 80 cm, con una longitud de 5 metros de largo cada uno.

3.4.2 Siembra

La siembra se realizó manualmente, por instrucciones del Dr. Ernesto Preciado, ya que fueron surcos cortos y varios materiales, los cuales se acomodaron de acuerdo con el diseño experimental, se sembró el día 28 de julio del 2023, a una profundidad de 5 a 7 cm y una distancia entre golpes de 14,24 cm, con una densidad de 35 semillas por surco aproximadamente.

3.4.3 Fertilización

Se realizaron aplicaciones de azufre más amonio, antes del primer y segundo riego, este compuesto químico se considera como un fertilizante de reacción ácida. Por ello, es ideal para la acidificación de suelos con un pH alcalino y una presencia considerable de calcio y magnesio no solubles, incorpora una cierta cantidad de azufre que proporciona una mejor disponibilidad del nitrógeno, esto nos ayudara a las fertilizaciones posteriores para que sean asimilables (Beltrán, 2006). Se realizó una primera fertilización después de la siembra, consistió en 40 kg de urea y 20 kg de micronutrientes. La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno(N), este es esencial en el metabolismo de la planta,

generalmente acompañado con Fósforo (P) y Potasio (K) y se realizó una segunda fertilización, aplicando 60 kg de Urea más humus y azamo (azufre más amoniaco).

3.4.4 Riegos

Se aplicó el riego rodado, se realizaron tres riegos a lo largo del ciclo, uno después de cada fertilización y uno para el llenado del grano.

3.4.5 Control De Plagas, Enfermedades Y Malezas

Se aplicó un herbicida para la eliminación de malezas al inicio, durante todo el ciclo se estuvieron controlando mecánicamente.

En todo el ciclo se monitorearon plagas, enfermedades y malezas y se controlaron, química y manualmente.

3.4.6 Manejo Agronómico

Se realizaron las labores culturales que fueron necesarias y siendo las mismas para todos los tratamientos, entre estas labores están las escardas y el control de malezas.

3.5 Cosecha

La cosecha se realizó por parcela (surco) manualmente, las mazorcas se colocaron en bolsas, las cuales se etiquetaron para tener identificado y clasificado el material de cada surco y así posterior poder evaluar lo que se requiere.

3.6 Análisis De Datos

Cada variable tomada, se analizó por separado o comparando variables, para así comparar los 25 materiales expuestos y seleccionar los sobresalientes cumpliendo los objetivos de este proyecto. Se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, con el software estadístico JMP.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En la toma de datos para evaluar las variables fenológicas se seleccionó una planta de cada parcela, identificando que fuera similar al 50% de las plantas, después de campo, se pesó la cosecha y hubo selección de mazorca de cada parcela para seguir tomando las variables correspondientes, como pesos, humedad, calidad. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

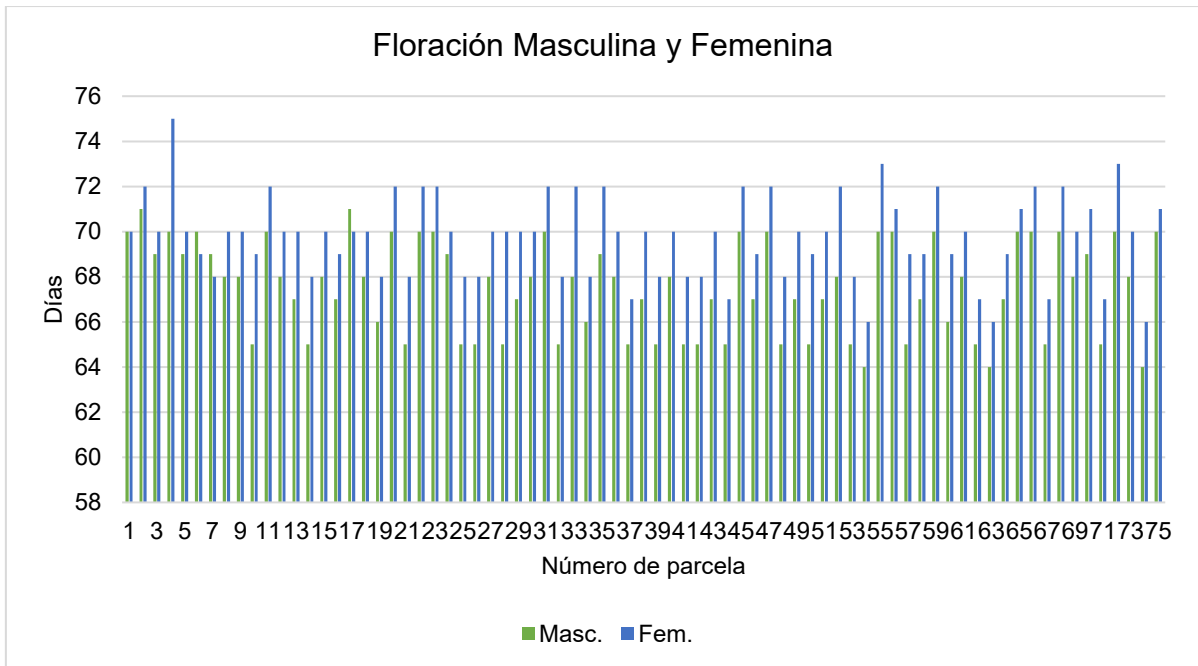
4.1.1 Floraciones

En la variable de floraciones, se realizó un análisis de varianza de floración femenina y masculina de los 25 tratamientos, se obtuvo como resultado, que si existe una diferencia significativa en entre los tratamientos aplicados con respecto a los días de floración, de acuerdo como se aprecia en la tabla 7, ya que el valor de $P=0.0133$ es menor al nivel de significancia de 0.05 utilizado para este estudio.

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable "Floración masculina y femenina"

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	344.4266667	49	7.029115646	1.6951243	0.013390068	1.480425073
Dentro de los grupos	414.6666667	100	4.146666667			
Total	759.0933333	149				

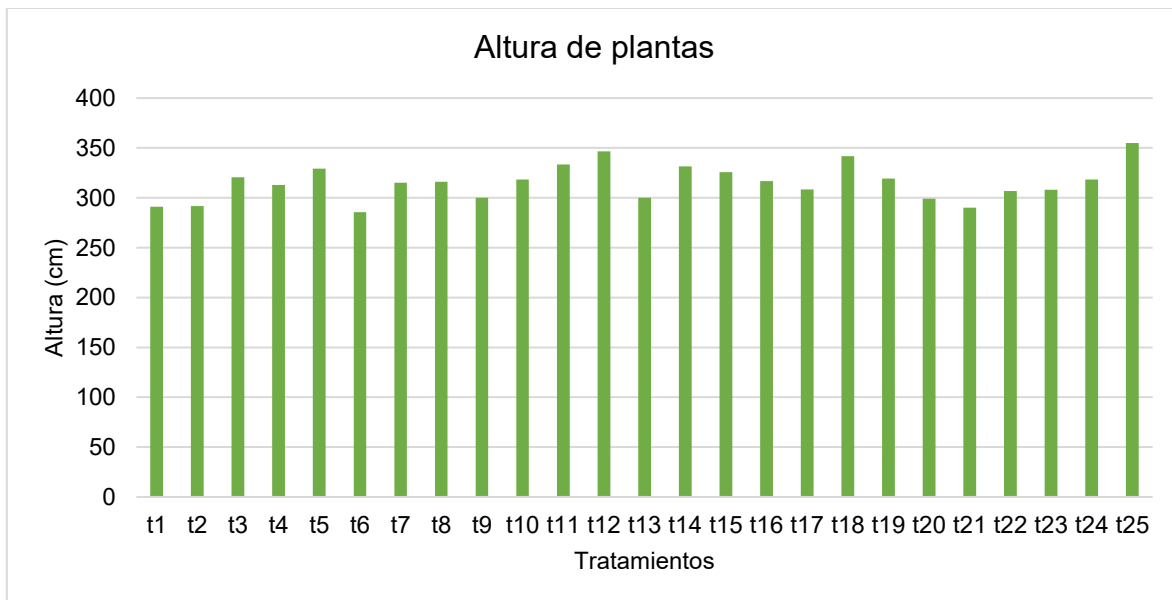
Como se puede observar en la Gráfica 1, hay variación entre los días de floración masculina y femenina, solo la parcela 1 coincidió en el día en que ambos aparatos reproductores florecieron, mientras que la diferencia de días se ve significativamente en la parcela 4, ya que hay 5 días de diferencia.



Gráfica 1. Datos de floración masculina y femenina

4.1.2 Altura de plantas

Como resultado, se obtuvo un promedio total de 314.84 cm de alturas de planta, lo que nos indica que nuestros materiales tuvieron una altura alta, destacando los materiales del tratamiento 25 (H-383) (Gráfica 2).



Gráfica 2. Altura de plantas por tratamiento

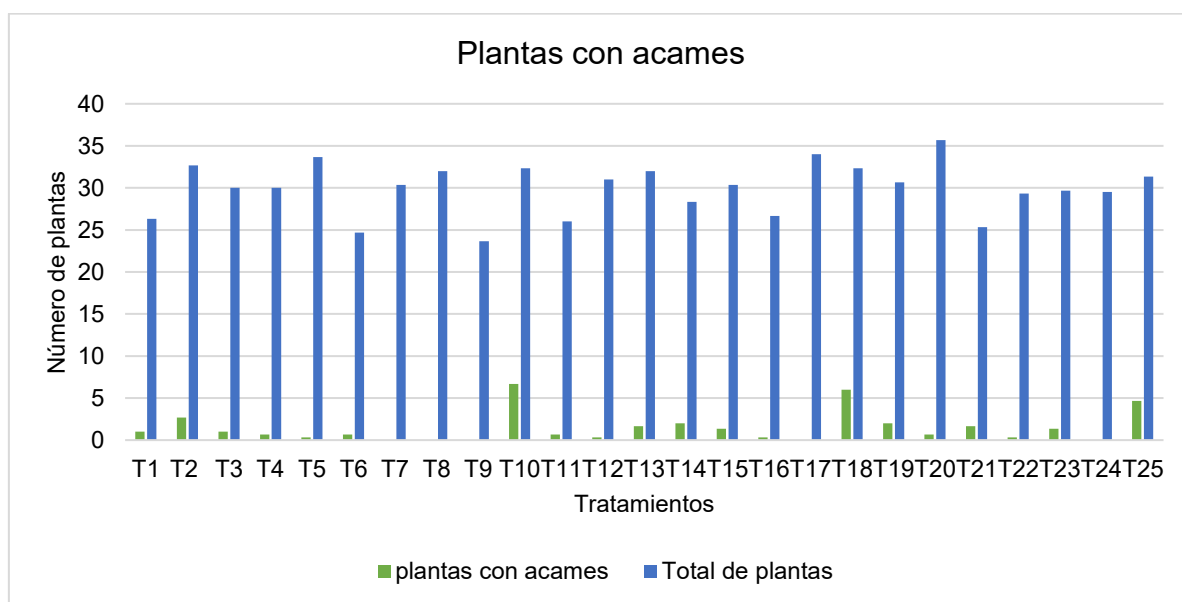
En el análisis de varianza se obtuvo una probabilidad de 0.023, Tabla 8, lo que indica que hubo diferencia significativa entre tratamientos en la variable altura de planta, y de acuerdo con el registro de medias, Anexo 1, el tratamiento que tuvo una altura mayor fue el 25 (H-383), mientras que el tratamiento 6 (PTFN-F2-13-4-3-4 x PTFC F2-29-1-1-2-2) fue el de menor altura.

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable Altura de plantas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad> F
TRATAMIENTOS	24	23403.68	975.153	1.9528	0.0231
ERROR	50	24968	499.36		
TOTAL	74	48371			

4.1.3 Número total de plantas por surco y acames

En esta variable se obtuvo, que en la parcela número 12, se tuvo más cantidad de acames, la cual corresponde al tratamiento 10, teniendo 13 acames, en la segunda repetición hubo 7 acames y en la tercera se tuvieron 0 acames.



Gráfica 3. Número total de plantas y acames

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable “Acames”, hubo diferencia significativa entre los tratamientos, ya que se obtuvo una probabilidad de 0.0384 lo que indica que sí existió una diferencia significativa en el efecto de los tratamientos como se ve en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis de varianza de la variable “Acames”

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	236.48	24	9.853333333	1.81127	0.038447795	1.7370796
Dentro de los grupos	272	50	5.44			
Total	508.48	74				

Se realizó un registro de las medias detalladas en el Anexo 2, y se concluyó que el tratamiento 10 (PTFP F2-18-1-b x PTFX F2-9-1-6-1-b) y el tratamiento 18 (PTFX F2-9-1-6-1-b x PTFP F2-40-2-1-3) fueron los que mayor número de acames tuvieron, mientras que los tratamientos 7 (PTFN-F2-19-1-5-1 x PTFC F2-2-6-4-8), 8 (PTFN-F2-19-1-5-1 x PTFC F2-7-2-4-6), 9 (PTFP F2-2-6-3 x PTFN-F2-8-1-1-5), 17 (PTFX F2-9-1-6-1 x PTFN-F2-8-1-1) y 24 (ESPARTACO) presentaron cero acames, siendo los que destacan en mejor resistencia de *Fusarium* en el tallo.

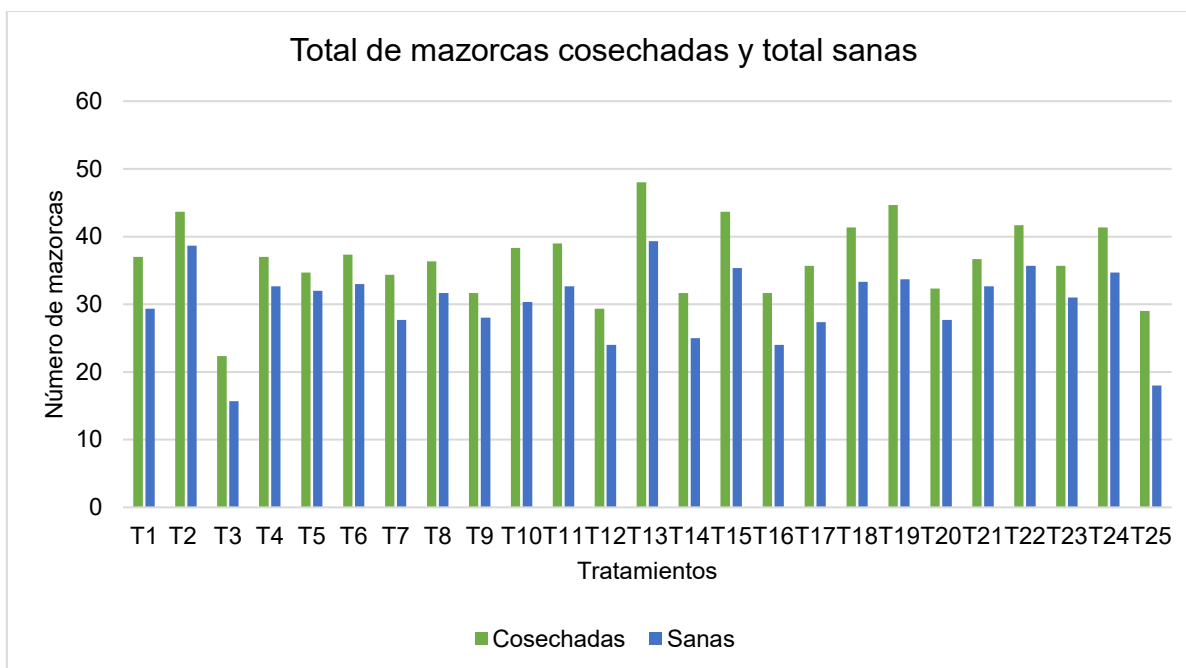
Asimismo, se realizó una prueba de comparación de medias utilizando $\alpha = 0.05$ y se obtuvo $t = 2.0087$, Anexo 3; donde se tuvo como resultado que hay diferencias significativas entre varios pares de medias como se puede apreciar en la tabla, los tratamientos 10, 18, 25 y 2, fueron los que resultaron con mayor número de acames, por lo cual tuvieron diferencias entre los demás tratamientos.

Tabla 10. Diferencia significativa entre pares de medias de la variable "acames"

LSD diferencia significativa entre pares medias							
T10	T19	T18	T12	T25	T19	T2	T10
T10	T14	T18	T21	T25	T14	T2	T18
T10	T21	T18	T15	T25	T21	T2	T16
T10	T15	T18	T23	T25	T15	T2	T22
T10	T23	T18	T17	T25	T23	T2	T5
T10	T17	T18	T1	T25	T17	T2	T12
T10	T1	T18	T3	T25	T1	T2	T13
T10	T3	T18	T4	T25	T3	T2	T24
T10	T4	T18	T11	T25	T4	T2	T7
T10	T11	T18	T6	T25	T11	T2	T8
T10	T6	T18	T20	T25	T6	T2	T9
T10	T20	T18	T16	T25	T20		
T10	T16	T18	T22	T25	T16		
T10	T22	T18	T5	T25	T22		
T10	T5	T18	T12	T25	T5		
T10	T12	T18	T13	T25	T12		
T10	T13	T18	T24	T25	T13		
T10	T24	T18	T7	T25	T24		
T10	T7	T18	T8	T25	T7		
T10	T8	T18	T9	T25	T8		
T10	T9	T18	T19	T25	T9		
		T18	T14				
		T18	T16				

4.1.4 Mazorcas cosechadas

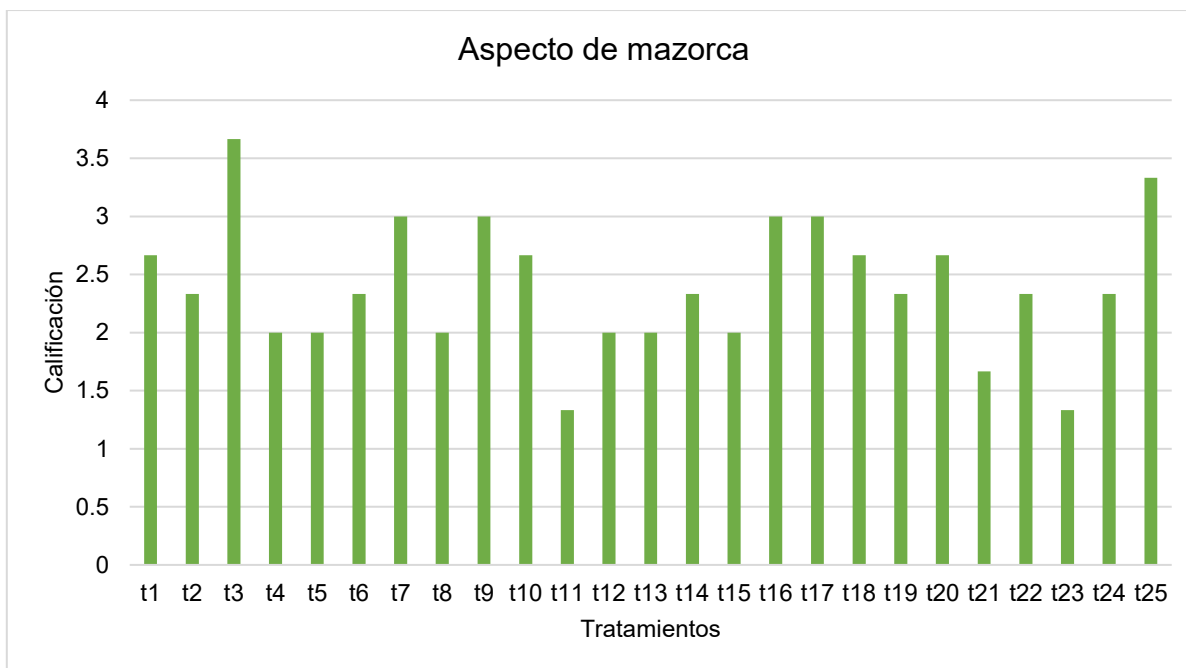
En esta variable se contaron las mazorcas totales cosechadas por parcela (surco), de las cuales se contabilizaron las sanas y las podridas. La parcela que destaco fue la 57 con el tratamiento 13 (PTFP F2-34-2-b D x PTFC F2-22-1-1-3) ya que tuvo mayor número de mazorcas cosechadas teniendo solo 3 podridas quedando en total 49, a diferencia de la parcela 19 que tuvo el mismo número de mazorcas cosechadas, pero se tuvieron 16 podridas. Por otro lado, las parcelas con menor número de mazorcas sanas fueron la 3 que corresponde al tratamiento 3 (PAB7xPAB8) x PTFP F2-19-1-1-2-b y la 59 con el tratamiento 25 H-383.



Gráfica 4. Número de mazorcas cosechadas y mazorcas sanas

4.1.5 Aspecto de mazorcas

En esta variable se calificaron las mazorcas por su aspecto, se estableció una escala Lickert, asignando valores del 1 al 5, siendo el 1 la mejor calificación y el 5 la peor. La mayoría estuvieron entre el 2 y el 3 (Gráfica 5).



Gráfica 5. Aspecto de mazorca

En el análisis de varianza, como se puede apreciar en la Tabla 11, se obtuvo que el aspecto de las mazorcas tuvo diferencia significativa entre los diferentes tratamientos ya que la probabilidad fue menor que el nivel de significancia de 0.05.

Tabla 11. Análisis de varianza de la variable “Aspecto de mazorca”

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	24	24	1	1.9230769	0.0257562
Dentro de los grupos	26	50	0.52		
Total	50	74			

De acuerdo con la comparación de medias realizada con la prueba LSD, se obtuvo $t=2.00856$, tomando $\alpha=0.05$, Anexo 4, se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos 3 y 11.

Destaco por mejor aspecto el tratamiento 11 (PTFP F2-18-1-b x PTFX F2-8-3-2-3-b) y el tratamiento 23 (SALAMANDRA), teniendo en su primera repetición calificación de 2

y en la segunda y tercera 1, y se encontró el tratamiento 3 ((PAB7xPAB8) x PTFP F2-19-1-1-2-b) con el peor aspecto.

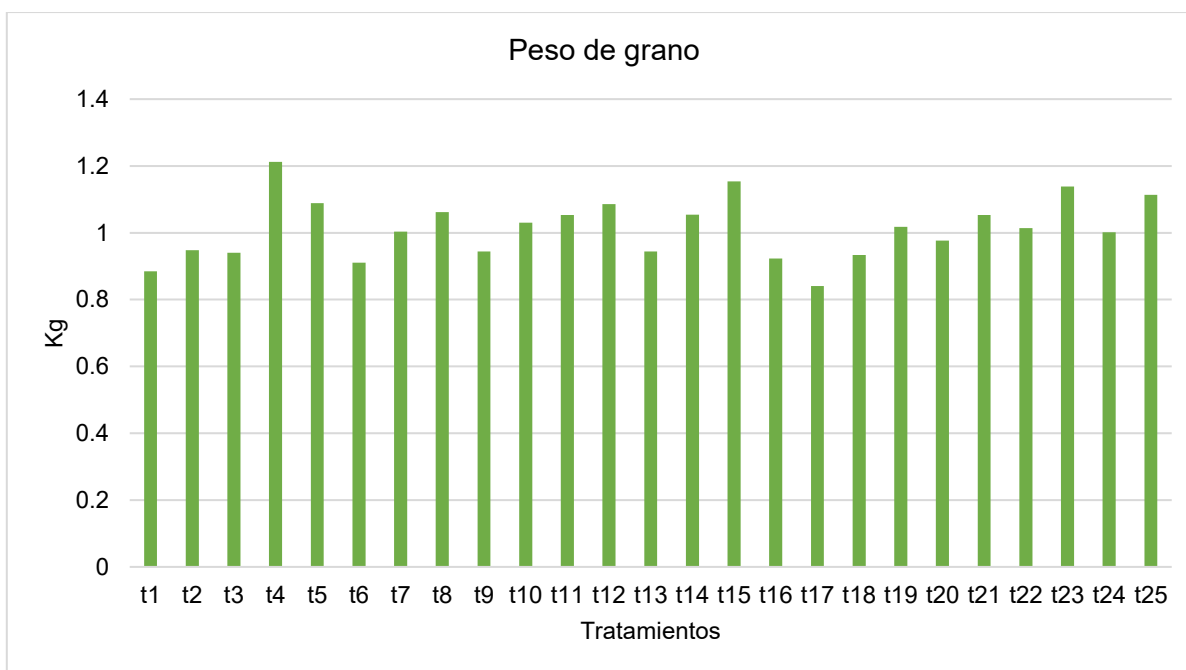
En cuanto a las mazorcas totales podridas de las tres repeticiones, Tabla 12, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, aunque analizando sus medias (Anexo 5), a pesar de que no es mucha la diferencia el tratamiento con menor podridas fue el 9, mientras que el tratamiento 19 y el 25 presentaron mayor número de mazorcas podridas.

Tabla 12. Análisis de varianza de la variable “Mazorcas podridas”

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	333.48000	24	13.9367	1.0494	0.4293
Dentro de los grupos	664.00000	50	13.2800		
Total	998.48000	74			

4.1.6 Peso de grano

En esta variable se desgranaron las mejores 5 mazorcas de cada parcela (15 mazorcas por tratamiento), se promedió el peso de las 3 repeticiones por tratamiento y se registró el peso en kg (Gráfica 6).



Gráfica 6. Peso de grano

Como resultado se obtuvo una probabilidad de $0.019 < 0.05$ (alfa), lo que nos indica que hubo diferencias significativas entre los pesos de los tratamientos, como se puede apreciar en la Tabla 13.

El tratamiento que destaco con mayor peso fue el tratamiento 4 (PTFN-F2-8-1-1-1-b x CML 552-b-1) con una media de 1.212333333 kg, los tratamientos 15 (PTFX F2-8-3-2-3-bb x PTFN-F2-19-1-5-1) y 23 (SALAMANDRA) también tuvieron los mejores pesos, mientras que el tratamiento 17 (PTFX F2-9-1-6-1 x PTFN-F2-8-1-1) y el tratamiento 1 ((LNC10xLNC12) x PTFX F2-9-1-6-1-b) fueron los de pesos menores, como se puede apreciar en el anexo 6.

Tabla 13. Análisis de varianza para la variable “peso de grano”

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.58633168	24	0.024430487	1.994708	0.019881282	1.737079614
Dentro de los grupos	0.612382667	50	0.012247653			
Total	1.198714347	74				

4.1.7 Humedad de grano

En esta variable se utilizó el grano de las mejores 5 mazorcas seleccionadas de las parcelas, se tomó el dato con un medidor de humedad, como resultado se obtuvo que hubo diferencia significativa entre los tratamientos ya que se tuvo una probabilidad de 0.4957 (tabla 14).

Tabla 14. Análisis de varianza para la variable “humedad”

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	24	9.439467	0.393311	0.9892	0.4957	1.7370796
ERROR	50	19.880000	0.397600			
TOTAL	74	29.319467				

De acuerdo con el análisis de medias. Anexo 7, se obtuvo que el grano que tuvo una humedad más alta fue el del tratamiento 20 (PTFC F2-5-1-2-2 x PTFN-F2-27-1-1), mientras que el tratamiento 4 (PTFN-F2-8-1-1-1-b x CML 552-b-1), tuvo la humedad más baja.

4.2 Discusión

Los resultados obtenidos nos indicaron que existen diferencias significativas entre los tratamientos según las variables evaluadas, obtuvimos materiales que fueron más tolerantes a *Fusarium* y tuvieron características favorables para un mejor desarrollo del cultivo, esto comparando y analizando los resultados de cada variable en cada tratamiento y su repetición, de la misma forma obtuvimos un material que no tuvo respuesta favorable en la evaluación, este estudio nos ayuda a seguir desarrollando híbridos cada vez más resistentes y así reducir pérdidas de producción y obtener grano de buena calidad, seleccionando el material que se adapte a la región y nuestras necesidades. Esto contrasta con los resultados obtenidos por Betanzos *M* (2009) en su trabajo de investigación donde hubo similitud con nuestros resultados ya que el identificó híbridos con menos de 5.0% de grano dañado y alto rendimiento y no todos los híbridos de alto rendimiento mostraron resistencia a *Fusarium*, obtuvo un híbrido

que seleccionó como una opción viable para las regiones donde el daño por pudrición de la mazorca es moderado.

Para el desarrollo de un maíz híbrido se tardan varios años, se desarrollan estudios como el expuesto en este trabajo y en cada año que transcurre se van seleccionando las mejores plantas para que al final las seleccionadas tengan las mejores características para la formación de un nuevo híbrido, tal y como lo demuestra Estrada et. al., (2013) en el Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH) del INIFAP donde se llevaron a cabo proyectos de hibridación de maíz durante seis años, con el objetivo de obtener híbridos con menores daños de pudriciones de grano causados por *Fusarium*, obtuvo una cruza simple sobresaliente a la que se le denominó 'H-561', la cual presentó mayor rendimiento de grano y menores porcentajes de grano podrido que los híbridos comerciales.

Los resultados alcanzados nos indican que en la mayoría de las variables hay diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual nos arroja que hubo materiales que destacaron en una u otra evaluación. Esto tiene cierta semejanza con el estudio realizado por *Castillejos Antonio et al., (2022)*, ya que sus resultados obtenidos muestran que hubo híbridos que destacan y tuvieron mejores resultados según la variable evaluada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El maíz es uno de los cultivos con mayor importancia a nivel mundial, es por eso por lo que se busca asegurar una buena cosecha con alto rendimiento y calidad, por lo que se desarrollan híbridos con características favorables como tolerancia a enfermedades, en este caso, *Fusarium*.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la hipótesis nula se rechaza y se aprueba la alternativa, ya que al menos uno de los híbridos evaluados presentó diferencia significativa y destaca en resistencia a *Fusarium* y calidad, de igual forma se cumplieron los objetivos, ya que se evaluaron, analizaron y seleccionaron los mejores tratamientos.

Con los análisis realizados, se pudieron seleccionar los materiales que destacaron en las variables, tanto en mejoría, como los que tuvieron respuesta mala, con esto, se volvieron a hacer comparaciones y, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Los materiales con mayor número de acames presentaron menor peso de grano, el aspecto de la mazorca fue malo y hubo mayor número de mazorcas podridas, esto nos indica que no fueron resistentes a *Fusarium* y no tuvieron grano de calidad ni buen rendimiento, este fue en el caso de los tratamientos 10 y 18, en el caso del tratamiento 25 fue uno de los que tuvieron mayor acames, menor número de mazorcas sanas y menor calidad, aunque presentó un buen peso, mientras que el tratamiento 17 no tuvo acames, sin embargo el aspecto y peso fue malo, no todos los híbridos con buen rendimiento mostraron resistencia a *Fusarium*.

Los tratamientos que no presentaron acames presentan buen peso de grano, calidad regular y poca incidencia de mazorcas podridas (tratamientos 7,8,9,24).

Con respecto a la humedad del grano, la humedad óptima para almacenamiento a largo plazo y comercialización se encuentra entre el 12% y el 14%, por lo que se concluye para esta variable que todos estuvieron dentro del rango, ya que la menor humedad fue del 13.23% y la mayor de 14.86%.

Los mejores materiales identificados fueron los tratamientos 4,11 y 23, ya que estos tuvieron los mejores aspectos, dándose grano de calidad y con los mejores pesos a comparación de los demás materiales, presentaron muy pocos acames y pocas mazorcas podridas, por lo que se llega a la conclusión que fueron tolerantes a *Fusarium* y tienen potencial de rendimiento.

Finalmente, el material que destaco, dando respuestas no favorables, fue el tratamiento 3, ya que tuvo el peor aspecto, poco peso, acame y muchas mazorcas podridas.

5.2 Recomendaciones

Es importante conocer la importancia del mejoramiento de la semilla de maíz para obtener híbridos resistentes, y el cómo evaluaremos las variables para seleccionar y rechazar los materiales expuestos.

Para la toma de variables es recomendable, tomarse en el tiempo adecuado, por ejemplo, las floraciones cuando se observen las primeras, estar monitoreando, ya que si se pasa el tiempo no tendremos los datos reales, ya sea que el estigma se queme o la espiga se seque, de igual forma acames y alturas. Es necesario tener el cultivo limpio en todas las etapas, hasta la cosecha, para que la maleza y el cultivo no estén en competencia por la absorción de nutrientes.

Es necesario monitorear el cultivo cuando ya esté en termino para tener el momento adecuado para cosechar y poder tener las humedades adecuadas en mazorca y grano.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ASGROW. (2019). Obtenido de <https://www.asgrow.com.mx/es-mx/tendencias/gestionagricola/-como-se-hace-un-hibrido-de-maiz-.html>
- Castillejos Antonio, M. Z., Andres Epitacio, O. D., & Gomez Mercado, D. R. (10 de 05 de 2022). Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/browse?type=author&value=Andres+Epitacio%2C+Oscar+Daniel>
- CIMMYT. (2015).
- CIMMYT. (Noviembre de 2015). *Manual de producción de*. Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/16849/57179.pdf>
- CIMMYT. (27 de Febrero de 2020). Obtenido de <https://www.cimmyt.org/es/noticias/plagas-enfermedades-y-cambio-climatico-están-vinculados/>
- CONAHCYT. (2018). Obtenido de <https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/maiz#:~:text=El%20tallo%20es%20simple%20erecto,se%20realiza%20un%20corte%20transversal.>
- DFINNOVA. (12 de Abril de 2022). *EL MAÍZ, EL CEREAL MÁS PRODUCIDO DEL MUNDO*. Obtenido de <https://dfinnova.com/2022/04/12/el-maiz-el-cereal-mas-producido-del-mundo/>
- FIRCO. (20 de Septiembre de 2017). Obtenido de <https://www.gob.mx/firco/articulos/el-maiz-base-de-la-dieta-mexicana-desde-epoca-prehispanica>
- Flores, H. D. (2017). Obtenido de <file:///C:/Users/estef/Downloads/BVE20098105e.pdf>
- Induanalisis. (29 de Abril de 2019). Obtenido de https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/la_taxonomia__26
- INECOL. (27 de enero de 2020). *Usos del maíz*. Obtenido de <https://www.mexicoambiental.com/usos-del-maiz/>
- INECOL. (2021). Obtenido de <http://jardin.inecol.mx/index.php/aprende/planta-del-mes/maiz>
- Infoagro. (2018). Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>

- Lacunza, M. O. (2020). Obtenido de https://unamglobal.unam.mx/global_revista/origen-del-maiz-es-mas-antiguo-y-complicado-de-lo-que-te-imaginabas/
- Macias, M. S. (2004). *Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520, en el trópico de México*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3605/360545634002/html/#B9>
- Mendoza, B. P. (2002). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442002000300010&script=sci_arttext
- Morales, F. (19 de septiembre de 2020). *CIMMYT*. Obtenido de <https://idp.cimmyt.org/maiz-herencia-y-futuro-de-mexico/>
- Ortuño Tomás, A. M. (2015). Obtenido de https://www.um.es/eubacteria/Fisiologia_vegetal_Eubacteria34.pdf
- PROAIN. (2020). Obtenido de https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/importancia-de-la-humedad-del-grano-de-maiz-para-su-cosecha?srsId=AfmBOooR-6qc1uDWubIK-g1T8_xGz1Cio7ul9tlmZ5NKd57TexLUgr7Y
- PROAIN. (8 de MARZO de 2021). *PLAGAS DEL MAIZ*. Obtenido de https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/principales-plagas-en-el-cultivo-de-maiz-en-mexico?srsId=AfmBOoqD8kZwqwyBIT4loNqopYZ_iVXZhDS-Tx1hYXpmGeATRR3XW5Tu
- Rivera, M. G. (2010). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v28n2/v28n2a5.pdf>
- Ruiz, M. Á. (2018). Obtenido de ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DEL MAIZ: <https://semillastodoterreno.com/2018/09/principales-enfermedades-del-cultivo-de-maiz>
- SADER. (2019). Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/productos-artesanales-de-maiz?idiom=es#:~:text=Actualmente%2C%20el%20ma%C3%ADz%20es%20el,es%20un%20cereal%20muy%20vers%C3%A1til.>
- SEMTEK. (2023). *MAIZ HIBRIDO*. Obtenido de <https://semillashacienda.com/maices/maiz-hibrido-innovacion->

ANEXOS

Anexo 1. Registro de medias “Altura de planta”

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>
t1	3	873	291	343
t2	3	875	291.666667	432.333333
t3	3	962	320.666667	506.333333
t4	3	939	313	777
t5	3	988	329.333333	1381.33333
t6	3	857	285.666667	196.333333
t7	3	945	315	175
t8	3	948	316	1153
t9	3	900	300	225
t10	3	955	318.333333	558.333333
t11	3	1000	333.333333	433.333333
t12	3	1040	346.666667	33.3333333
t13	3	900	300	25
t14	3	995	331.666667	808.333333
t15	3	977	325.666667	506.333333
t16	3	950	316.666667	233.333333
t17	3	925	308.333333	308.333333
t18	3	1025	341.666667	108.333333
t19	3	958	319.333333	526.333333
t20	3	897	299	223
t21	3	870	290	325
t22	3	920	306.666667	408.333333
t23	3	924	308	1764
t24	3	955	318.333333	858.333333
t25	3	1065	355	175

Anexo 2. Análisis de la variable “Acames”

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>
t1	3	3	1	1
t2	3	8	2.66666667	4.33333333
t3	3	3	1	1
t4	3	2	0.66666667	0.33333333
t5	3	1	0.33333333	0.33333333
t6	3	2	0.66666667	0.33333333
t7	3	0	0	0
t8	3	0	0	0
t9	3	0	0	0
t10	3	20	6.66666667	42.33333333
t11	3	2	0.66666667	1.33333333
t12	3	1	0.33333333	0.33333333
t13	3	5	1.66666667	8.33333333
t14	3	6	2	3
t15	3	4	1.33333333	0.33333333
t16	3	1	0.33333333	0.33333333
t17	3	0	0	0
t18	3	18	6	19
t19	3	6	2	12
t20	3	2	0.66666667	0.33333333
t21	3	5	1.66666667	8.33333333
t22	3	1	0.33333333	0.33333333
t23	3	4	1.33333333	2.33333333
t24	3	0	0	0
t25	3	14	4.66666667	30.33333333

Anexo 3. Comparación de medias para la variable “Acames”

	T10	T18	T25	T2	T19	T14	T21	T15	T23	T17	T1	T3	T4	T11	T6		T16	T22	T5	T12	T13	T24	T7	T8	T9
T10	0	0.66667	2	4	4.66667	4.6667	5	5.33333	5.33333	5.33333	5.66667	5.66667	6	6	6	6	6.3333	6.3333	6.3333	6.3333	6.6667	6.6667	6.6667	6.6667	6.6667
T18	-0.667	0	1.3333	3.33333	4	4	4.33333	4.66667	4.66667	4.66667	5	5	5.3333	5.3333	5.333	5.333	5.6667	5.6667	5.6667	5.6667	6	6	6	6	6
T25	-2	-1.3333	0	2	2.66667	2.6667	3	3.33333	3.33333	3.33333	3.66667	3.66667	4	4	4	4	4.3333	4.3333	4.3333	4.3333	4.6667	4.6667	4.6667	4.6667	4.6667
T2	-4	-3.3333	-2	0	0.66667	0.6667	1	1.33333	1.33333	1.33333	1.66667	1.66667	2	2	2	2	2.3333	2.3333	2.3333	2.3333	2.6667	2.6667	2.6667	2.6667	2.6667
T19	-4.667	-4	-2.6667	-0.6667	0	0	0.33333	0.66667	0.66667	0.66667	1	1	1.3333	1.3333	1.333	1.333	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	2	2	2	2	2
T14	-4.667	-4	-2.6667	-0.6667	0	0	0.33333	0.66667	0.66667	0.66667	1	1	1.3333	1.3333	1.333	1.333	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	2	2	2	2	2
T21	-5	-4.3333	-3	-1	-0.3333	-0.3333	0	0.33333	0.33333	0.33333	0.66667	0.66667	1	1	1	1	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667
T15	-5.333	-4.6667	-3.3333	-1.3333	-0.6667	-0.6667	-0.33333	0	0	0	0.33333	0.33333	0.6667	0.6667	0.667	0.667	1	1	1	1	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333
T23	-5.333	-4.6667	-3.3333	-1.3333	-0.6667	-0.6667	-0.33333	0	0	0	0.33333	0.33333	0.6667	0.6667	0.667	0.667	1	1	1	1	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333
T17	-5.333	-4.6667	-3.3333	-1.3333	-0.6667	-0.6667	-0.33333	0	0	0	0.33333	0.33333	0.6667	0.6667	0.667	0.667	1	1	1	1	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333	1.3333
T1	-5.667	-5	-3.6667	-1.6667	-1	-1	-0.66667	-0.33333	-0.33333	-0.3333	0	0	0.3333	0.3333	0.333	0.333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1
T3	-5.667	-5	-3.6667	-1.6667	-1	-1	-0.66667	-0.33333	-0.33333	-0.3333	0	0	0.3333	0.3333	0.333	0.333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1
T4	-6	-5.3333	-4	-2	-1.3333	-1.3333	-1	-0.66667	-0.66667	-0.6667	-0.33333	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
T11	-6	-5.3333	-4	-2	-1.3333	-1.3333	-1	-0.66667	-0.66667	-0.6667	-0.33333	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
T6	-6	-5.3333	-4	-2	-1.3333	-1.3333	-1	-0.66667	-0.66667	-0.6667	-0.33333	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
T20	-6	-5.3333	-4	-2	-1.3333	-1.3333	-1	-0.66667	-0.66667	-0.6667	-0.33333	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
T16	-6.333	-5.6667	-4.3333	-2.3333	-1.6667	-1.6667	-1.33333	-1	-1	-1	-0.66667	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
T22	-6.333	-5.6667	-4.3333	-2.3333	-1.6667	-1.6667	-1.33333	-1	-1	-1	-0.66667	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
T5	-6.333	-5.6667	-4.3333	-2.3333	-1.6667	-1.6667	-1.33333	-1	-1	-1	-0.66667	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
T12	-6.333	-5.6667	-4.3333	-2.3333	-1.6667	-1.6667	-1.33333	-1	-1	-1	-0.66667	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
T13	-6.667	-6	-4.6667	-2.6667	-2	-2	-1.66667	-1.33333	-1.33333	-1.3333	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0
T24	-6.667	-6	-4.6667	-2.6667	-2	-2	-1.66667	-1.33333	-1.33333	-1.3333	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0
T7	-6.667	-6	-4.6667	-2.6667	-2	-2	-1.66667	-1.33333	-1.33333	-1.3333	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0
T8	-6.667	-6	-4.6667	-2.6667	-2	-2	-1.66667	-1.33333	-1.33333	-1.3333	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0
T9	-6.667	-6	-4.6667	-2.6667	-2	-2	-1.66667	-1.33333	-1.33333	-1.3333	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0

ALPHA= 0. 05 comparaciones para cada par usando la t de Student T= 2.008

Anexo 4. Comparación de medias de la variable “Aspecto de mazorca”

	T3	T25	T16	T9	T7	T17	T18	T10	T1	T20	T22	T24	T2	T19	T14	T6	T4	T5	T12	T13	T8	T15	T21	T11	T23
T3	0	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1.3333	1.3333	1.3333	1.33333	1.3333	1.3333	1.6667	1.6667	1.66667	1.66667	1.66667	1.6667	2	2.3333	2.3333
T25	-0.3333	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1	1	1.33333	1.3333	1.33333	1.33333	1.33333	1.3333	1.66667	2	2
T16	-0.6667	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.66667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1	1	1.33333	1.6667	1.6667
T9	-0.6667	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.66667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1	1	1.33333	1.6667	1.6667
T7	-0.6667	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.66667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1	1	1.33333	1.6667	1.6667
T17	-0.6667	-0.3333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.6667	0.66667	0.6667	0.6667	1	1	1	1	1	1	1.33333	1.6667	1.6667
T18	-1	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.3333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.33333	0.3333	0.3333	0.66667	0.6667	0.66667	0.66667	0.66667	0.6667	1	1.3333	1.3333
T10	-1	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.3333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.33333	0.3333	0.3333	0.66667	0.6667	0.66667	0.66667	0.66667	0.6667	1	1.3333	1.3333
T1	-1	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.3333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.33333	0.3333	0.3333	0.66667	0.6667	0.66667	0.66667	0.66667	0.6667	1	1.3333	1.3333
T20	-1	-0.6667	-0.333	-0.333	-0.3333	-0.333	0	0	0	0	0.3333	0.3333	0.3333	0.33333	0.3333	0.3333	0.66667	0.6667	0.66667	0.66667	0.66667	0.6667	1	1.3333	1.3333
T22	-1.3333	-1	-0.667	-0.667	-0.6667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.3333	0.33333	0.33333	0.33333	0.3333	0.66667	1	1
T24	-1.3333	-1	-0.667	-0.667	-0.6667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.3333	0.33333	0.33333	0.33333	0.3333	0.66667	1	1
T2	-1.3333	-1	-0.667	-0.667	-0.6667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.3333	0.33333	0.33333	0.33333	0.3333	0.66667	1	1
T19	-1.3333	-1	-0.667	-0.667	-0.6667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.3333	0.33333	0.33333	0.33333	0.3333	0.66667	1	1
T14	-1.3333	-1	-0.667	-0.667	-0.6667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.3333	0.33333	0.33333	0.33333	0.3333	0.66667	1	1
T6	-1.3333	-1	-0.667	-0.667	-0.6667	-0.667	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.3333	0.33333	0.33333	0.33333	0.3333	0.66667	1	1
T4	-1.6667	-1.3333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.333	-0.3333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.6667	0.6667
T5	-1.6667	-1.3333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.333	-0.3333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.6667	0.6667
T12	-1.6667	-1.3333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.333	-0.3333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.6667	0.6667
T13	-1.6667	-1.3333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.333	-0.3333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.6667	0.6667
T8	-1.6667	-1.3333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.333	-0.3333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.6667	0.6667
T15	-1.6667	-1.3333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.333	-0.3333	0	0	0	0	0	0	0.33333	0.6667	0.6667
T21	-2	-1.6667	-1.333	-1.333	-1.3333	-1.333	-1	-1	-1	-1	-0.667	-0.6667	-0.6667	-0.6667	-0.667	-0.6667	-0.3333	-0.333	-0.3333	-0.3333	-0.33333	-0.3333	0	0.3333	0.3333
T11	-2.3333	-2	-1.667	-1.667	-1.6667	-1.667	-1.333	-1.333	-1.333	-1.333	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.6667	-0.667	-0.6667	-0.6667	-0.66667	-0.6667	-0.3333	0	0
T23	-2.3333	-2	-1.667	-1.667	-1.6667	-1.667	-1.333	-1.333	-1.333	-1.333	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.6667	-0.667	-0.6667	-0.6667	-0.66667	-0.6667	-0.3333	0	0

Anexo 5. Análisis “mazorcas podridas”

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>
t1	3	23	7.666666667	14.3333333
t2	3	15	5	12
t3	3	20	6.666666667	1.3333333
t4	3	13	4.333333333	6.3333333
t5	3	16	5.333333333	37.3333333
t6	3	13	4.333333333	2.3333333
t7	3	20	6.666666667	5.3333333
t8	3	14	4.666666667	16.3333333
t9	3	11	3.666666667	0.3333333
t10	3	24	8	12
t11	3	19	6.333333333	14.3333333
t12	3	16	5.333333333	33.3333333
t13	3	26	8.666666667	24.3333333
t14	3	20	6.666666667	16.3333333
t15	3	25	8.333333333	4.3333333
t16	3	23	7.666666667	8.3333333
t17	3	25	8.333333333	14.3333333
t18	3	24	8	28
t19	3	33	11	25
t20	3	14	4.666666667	25.3333333
t21	3	17	5.666666667	9.3333333
t22	3	18	6	28
t23	3	14	4.666666667	2.3333333
t24	3	20	6.666666667	10.3333333
t25	3	33	11	21

Anexo 6. Análisis de medias para la variable “Peso de grano”

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>
t1	3	2.655	0.885	0.009373
t2	3	2.843	0.947666667	0.002682
t3	3	2.82	0.94	0.012967
t4	3	3.637	1.212333333	0.034842
t5	3	3.267	1.089	0.002479
t6	3	2.732	0.910666667	0.001192
t7	3	3.011	1.003666667	0.027904
t8	3	3.186	1.062	0.044908
t9	3	2.833	0.944333333	0.010504
t10	3	3.091	1.030333333	0.000785
t11	3	3.159	1.053	0.003211
t12	3	3.258	1.086	0.013951
t13	3	2.832	0.944	0.009597
t14	3	3.164	1.054666667	0.009832
t15	3	3.46	1.153333333	0.000884
t16	3	2.768	0.922666667	0.027984
t17	3	2.523	0.841	0.025207
t18	3	2.801	0.933666667	0.01099
t19	3	3.052	1.017333333	0.003372
t20	3	2.929	0.976333333	0.011874
t21	3	3.16	1.053333333	0.004566
t22	3	3.043	1.014333333	0.004656
t23	3	3.414	1.138	0.018928
t24	3	3.004	1.001333333	0.001612
t25	3	3.34	1.113333333	0.011886

Anexo 7. Análisis de medias para la variable “Humedad”

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	40.1	13.3666667	0.32333333
T2	3	42.2	14.0666667	1.10333333
T3	3	42.7	14.2333333	0.34333333
T4	3	44.6	14.8666667	0.80333333
T5	3	42.2	14.0666667	0.64333333
T6	3	43.1	14.3666667	0.22333333
T7	3	42.5	14.1666667	0.05333333
T8	3	42	14	0.57
T9	3	42.2	14.0666667	0.04333333
T10	3	41.8	13.9333333	0.44333333
T11	3	41.9	13.9666667	1.16333333
T12	3	41.1	13.7	0.39
T13	3	41.2	13.7333333	0.21333333
T14	3	40.6	13.5333333	0.21333333
T15	3	41.2	13.7333333	0.25333333
T16	3	41.3	13.7666667	0.24333333
T17	3	43.5	14.5	0.21
T18	3	41.1	13.7	0.09
T19	3	40.6	13.5333333	1.21333333
T20	3	39.7	13.2333333	0.16333333
T21	3	41.3	13.7666667	0.46333333
T22	3	41.7	13.9	0.01
T23	3	40.8	13.6	0.31
T24	3	42.3	14.1	0.12
T25	3	41	13.6666667	0.33333333

Anexo 8. Preparación del terreno y siembra



Anexo 9. Riegos



Anexo 10. Aplicaciones de abono



Anexo 11. Deshierbes



Anexo 12. Toma de datos en campo



Anexo 13. Cosecha



Anexo 14. Medidor de humedad

