Universidad De San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de San Marcos

Carrera: Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Titulo

Evaluación de rendimiento y resistencia a enfermedades de ocho líneas avanzadas de trigo ***Triticum aestivum*** en tres localidades del altiplano de San Marcos.

Elaborado por:

T.P.A. Pedro Gudilberto Ramírez Méndez

Carné: 200943198

Asesor principal: Ing. Agr. Dany Francisco Fuentes De León

Asesor adjunto: Ing. Agr. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro

San Marcos, agosto del 2025.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

TITULO

Evaluación de rendimiento y resistencia a enfermedades de ocho líneas avanzadas de trigo ***Triticum aestivum*** en tres localidades del altiplano de San Marcos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

PhD. Edgar Ronaldo de León Cáceres	DIRECTOR
Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos	SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado	REPRESENTANTE DOCENTES
Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón	REPRESENTANTE ESTUDIANTIL
Br. Luis David Corzo Rodríguez	REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COORDINACION ACADEMICA

Ing. Agro. Rodolfo Carredano Romero	COORDINADOR ACADÉMICO.
Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	COORDINADOR DE LA CARRERA DE TÉCNICO PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE
Lic. Ramiro Augusto Ponce de León	COORDINADOR CARRERA DE PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
Licda. Virginia de Jesús Cifuentes Rodríguez	COORDINADORA DE LA CARRERA DE TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Lic. Byron Lionel Orozco García	COORDINADOR CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Lic. Aramis Fredy González López	COORDINADOR CARRERA DE ABOGADO Y NOTARIO Y LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES.
Dra. Jenny Vanessa Orozco Minchez	COORDINADOR CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO
Lic. Selvyn Aramis Sánchez Velázquez	COORDINADOR PEDAGOGÍA EXTENSIÓN DE SAN MARCOS
Lic. Baynor Geovany Pérez Ramos	COORDINADORA EXTENSIÓN DE MALACATÁN
Licda. Karina Nineth Reyes Maldonado	COORDINADORA EXTENSIÓN TEJUTLA
Lic. Julio Augusto González Roblero	COORDINADOR EXTENSIÓN TACANÁ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez Gonzalez	COORDINADOR.
Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón	SECRETARIO.
Licda. Lourdes Carrera Munguía	VOCAL.

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

San Marcos, Guatemala mayo del 2025

Señores:

Coordinación Comité de Trabajo de Graduación

Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS

Centro Universitario de San Marcos

Por medio de la presente reciba un atento y respetuoso saludo, me dirijo a usted deseando éxitos en todas sus actividades que realizan al frente de la coordinación de la carrera de Ingeniero Agrónomo.

Seguidamente hago de su conocimiento que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación del estudiante Pedro Gudilberto Ramírez Méndez, de la carrera de Ingeniero Agrónomo con orientación en Agricultura Sostenible quien se identifica con el número de carné 200943198. Por lo tanto, a través de sus oficios de la manera más atenta solicito aprobación de orden de impresión del trabajo de graduación del tema; ": Evaluación de rendimiento y resistencia a enfermedades de ocho líneas avanzadas de trigo ***Triticum aestivum*** en tres localidades del altiplano de San Marcos". Habiendo cumplido con los dictámenes favorables de la aprobación del informe final de trabajo de graduación.

De antemano agradezco su atención que se le pueda brindar a la presente. Se suscribe de usted como su atento y deferente servidor.

ING. AGR. Dany Francisco Fuentes de León

Asesor principal

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

San Marcos, Guatemala mayo de 2025

Señores:

Coordinación Comité de Trabajo de Graduación

Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS

Centro Universitario de San Marcos

Por medio de la presente reciba un atento y respetuoso saludo, me dirijo a usted deseando éxitos en todas sus actividades que realizan al frente de la coordinación de la carrera de Ingeniero Agrónomo.

Seguidamente hago de su conocimiento que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación del estudiante Pedro Gudilberto Ramírez Méndez, de la carrera de Ingeniero Agrónomo con orientación en Agricultura Sostenible quien se identifica con el número de carné 200943198. Por lo tanto, a través de sus oficios de la manera más atenta solicito aprobación de orden de impresión del trabajo de graduación del tema; ": Evaluación de rendimiento y resistencia a enfermedades de ocho líneas avanzadas de trigo ***Triticum aestivum*** en tres localidades del altiplano de San Marcos". Habiendo cumplido con los dictámenes favorables de la aprobación del informe final de trabajo de graduación.

De antemano agradezco su atención que se le pueda brindar a la presente. Se suscribe de usted como su atento y deferente servidor.

ING. AGR. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro

Asesor adjunto

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
Departamento de San Marcos
Guatemala, Centroamérica

EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, DÉCIMO SEGUNDO Y VIGÉSIMO QUINTO DEL ACTA No. 004-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 004-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las quince horas en punto, del día lunes dos de septiembre del año dos mil veinticuatro, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: PRIMERO: Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: 1) Bienvenida, 2) solicitudes varias 3) solicitudes de estudiantes de Seminario II, 4) solicitudes de estudiantes seminario I, 5) Solicitudes de temas de trabajo de graduación, 6) Varios SEGUNDO: El Coordinador del Comité da la bienvenida a los presentes y somete en consideración la aprobación de la agenda...DÉCIMO SEGUNDO: El Secretario del comité de trabajo de graduación indico a los presentes que el estudiante Pedro Gudilberto Ramírez Méndez con número de carné 200943198 solicita aprobación de seminario I presentando anteproyecto corregido, teniendo a la vista los formularios de evaluación escrita y oral de los miembros de la terna evaluadora obteniendo el siguiente punteo Inga. Agr. María del Carmen Castillo 69 puntos, Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco 76 puntos, Ing. Agr. Henry Bravo 74 puntos, obteniendo un promedio de 73 puntos. Con base al artículo 39 del Normativo para la Elaboración de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, del Centro Universitario de San Marcos, Indicar al estudiante que fue APROBADO EL SEMINARIO I de Pedro Gudilberto Ramírez Méndez, titulado Evaluación de rendimiento y resistencia a enfermedades de líneas avanzadas de trigo *Triticum aestivum* en dos municipios del altiplano de San Marcos según lo establecido en el normativo art 31, el trabajo de graduación deberá ser presentado en un plazo máximo de un año a partir de la fecha de finalización de la investigación establecida en el cronograma de ejecución de actividades del proyecto. De no hacerlo en dicho tiempo, el Trabajo de Graduación quedará sin efecto...VIGÉSIMO QUINTO: Dando por finalizada la reunión en el mismo lugar y fecha a cuatro horas después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. (FS) ilegibles Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Lcda. Lourdes Carrera Munguía, Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS ONCE DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DEL AÑO DOS MIL VEINTICUATRO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación

CC. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO
DE SAN MARCOS
Departamento de San Marcos
Guatemala, Centroamérica

EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, TERCERO Y CUARTO DEL ACTA No. 003-2025, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 003-2025

En la ciudad de San Marcos, siendo las catorce con treinta minutos, del día viernes dieseis de mayo del año dos mil veinticinco, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: PRIMERO: Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: a) Apertura, b) Solicitudes de Temas de Trabajo de Graduación, Seminario I y II. C) Solicitudes....TERCERO: El secretario del Comité de Trabajo de Graduación dio a conocer solicitud de Informe Final de Trabajo de Graduación del estudiante Pedro Gudilberto Ramírez Méndez con número de carné 200943198 estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible para la aprobación del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "Evaluación de rendimiento y resistencia a enfermedades de ocho líneas avanzadas de trigo ***Triticum aestivum*** en tres localidades del altiplano de San Marcos". Cumpliendo con los requisitos establecidos en los artículos 56 y 57 del Normativo de Trabajo de Graduación. El Comité Trabajo de Graduación con base en el artículo 58 acuerda **APROBAR** el Informe Final del estudiante Pedro Gudilberto Ramírez Méndez con número de carné 200943198 adjuntando los dictámenes favorables del asesor principal Ing. Agr. Dany Francisco Fuentes De León y asesor adjunto Ing. Agr. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro. ...CUARTO: Se da por finalizada la presente en el mismo lugar y fecha a dos horas después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. (FS) ilegibles Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Lcda. Lourdes Carrera Munguía e Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS TREINTA DÍAS DEL MES DE MAYO DEL AÑO DOS MIL VEINTICINCO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación

CC. archivo

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de San Marcos | CUSAM
COORDINACIÓN ACADÉMICA

Transc.COACUSAM-371-2025
18 de agosto 2025

ESTUDIANTE: PEDRO GUDILBERTO RAMÍREZ MÉNDEZ
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.3) del Acta No. 014-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 06 de agosto de 2025, que dice:

"QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.3) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-54-2025, de fecha 4 agosto de 2025, suscrita por el Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud del estudiante: PEDRO GUDILBERTO RAMÍREZ MÉNDEZ, Carné No. 200943198, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN** DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y RESISTENCIA A ENFERMEDADES DE OCHO LINEAS AVANZADAS DE TRIGO TRITICUM AESTIVUM EN TRES LOCALIDADES DEL ALTIPLANO DE SAN MARCOS, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera Agronomía, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN** DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y RESISTENCIA A ENFERMEDADES DE OCHO LINEAS AVANZADAS DE TRIGO TRITICUM AESTIVUM EN TRES LOCALIDADES DEL ALTIPLANO DE SAN MARCOS, al estudiante: PEDRO GUDILBERTO RAMÍREZ MÉNDEZ, Carné No. 200943198, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE."
Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Rodolfo R. Carredano Romero
Coordinador Académico

c.c. Archivo
RRCR/ejle

DEDICATORIA

A DIOS: Ser supremo, fuente de sabiduría inagotable, por haberme dado la vida y permitirme de haber llegado hasta el momento más importante de mi formación académica.

A MIS PADRES: Pedro Emilio Ramírez Velázquez (QPD) te dedico este triunfo hasta el cielo papito que fuiste mi inspiración para seguir adelante, Carmen Sinforosa Méndez López gracias por todo el apoyo moral espiritual económico te lo dedico este triunfo mamita.

A MIS HERMANOS: Aura Ramírez (QPD) Alexander Ramírez, Migdalia, Ramírez, Liswier Ramírez gracias por el apoyo moral y espiritual a mi hermanita Yanely Ramírez gracias por el apoyo moral espiritual y económico.

A MI ESPOSA: Delia Francisca Bautista Requena gracias por todo el amor y aprecio fuiste mi inspiración para seguir adelante en mi proceso estudiantil me distes apoyo moral, espiritual, económico te dedico este triunfo.

A MIS HIJOS: Durvin Ramírez, Walberth Ramírez, Carmencita Ramírez que este triunfo sea motivación y ejemplo a seguir.

A UNA PESRSONA TAN ESPECIAL: Quien me apoyo para que mis sueños se realizaran en este proceso estudiantil Edelmira Bautista gracias por elevar sus Oraciones a nuestro creador y que mi triunfo sea de satisfacción y orgullo.

A MIS AMIGOS: Héctor Fuentes, Luis Sandoval, Kenner Ardiano gracias por todo el apoyo y aprecio que brindaron en el proceso estudiantil.

AGRADECIMIENTO

A DIOS: Gracias por darme la sabiduría en los momentos más difíciles, y ser mi compañía en toda mi trayectoria estudiantil y ser merecedor de este triunfo que día con día fueron esfuerzos perseverancia hacia ti.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS: Alma Mater y templo del saber, cunas forjadoras de mi formación académica que hoy con mucho orgullo me siento ser San Carlista.

MIS ASESORES: Ing. Agr. Dany Francisco Fuentes de León Ing. Agr. Eduardo Rodrigo Fuentes, gracias por todo su apoyo y conocimientos en este proceso de tesis.

A LOS DOCENTES: Agradecimientos sinceros a cada uno por nombre por ser parte de mi formación académica instruyendo en las cuatro paredes con conocimientos sabios que día a día realizan para formar profesionales de éxitos.

A LAS AUTORIDADES DEL CUSAM: Miembros del Consejo Directivo y Coordinación Académica gracias por las atenciones correspondiente a cada uno de los estudiantes.

INDICE GENERAL

I. RESUMEN 1

II. INTRODUCCION 2

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 3

IV. JUSTIFICACIÓN 4

V. MARCO TEÓRICO 5

4.1 Marco conceptual 5

4.1.1 Generalidades del cultivo 5

4.1.2 Importancia del cultivo 5

4.1.3 Fases fenológicas del cultivo 6

4.1.4 Producción mundial del trigo 7

4.1.5 Producción de trigo en Guatemala 8

4.1.6 Aspectos bioclimáticos 10

4.1.7 Enfermedades 11

4.1.8 Plagas 4.1.7.1 Áfidos 16

4.2 Marco referencial. 18

4.2.1 Antecedentes en investigaciones en rendimiento y resistencia del cultivo de trigo. 18

4.2.2 Problemática del cultivo de trigo en Guatemala 19

VI. OBJETIVOS 21

5.1 Objetivos general 21

5.2 Objetivos específicos. 21

VII. HIPOTESIS 22

VIII. MATERIALES Y METODOS. 23

7.1 Localidad……..... 23

7.1.1 Aldea la Ciénaga del municipio de San Lorenzo 23

7.1.2 Aldea Las Tapias del municipio de Tejutla 23

7.1.3 Aldea los Cerezos del municipio de Tejutla 24

7.2 Materiales……..... 24
Recurso humano .....……24
Recurso de oficina 24
7.3 Método……...24
7.3.1 Estadística experimental 24
7.3.2 Metodología 25
IX. Resultados 31
8.1 Análisis de Varianza para la variable de rendimiento 31
8.1.1 Resultados para el modelo: mlm. modelo. Variable dependiente: Peso.Kg.ha ... 31
8.2 Análisis de Varianza para la variable resistencia a enfermedades..... 33
8.2.1 Análisis de Severidad de Fusarium 33
8.2.2 Análisis de Severidad de Roya..... 35
8.3 Estabilidad Ambiental 37
8.3.1 Variables de clasificación 38
X. CONCLUSIONES..... 41
XI. RECOMENDACIONES 43
XII. BIBLIOGRAFÍA 44
XIII. ANEXOS 46

Índice de Tablas

Tabla 1 Taxonomía del trigo 5

Tabla 2 Recursos a emplear para el desarrollo de la investigación 24

Tabla 3 Tratamientos evaluados 26

Tabla 4 medidas de resumen de la evaluación 31

Tabla 5 Medidas de ajuste del modelo rendimiento en kilogramos por hectárea .. 31

Tabla 6 Pruebas de hipótesis marginales 31

Tabla 7 Medidas de ajuste del modelo severidad Fusarium 33

Tabla 8 Pruebas de hipótesis marginales 33

Tabla 9 Medidas de ajuste del modelo severidad Roya 35

Tabla 10 Pruebas de hipótesis marginales 35

Tabla 11 Autovalores para líneas. 38

Tabla 12 Autovectores para variables dependientes 38

Tabla 13 Regresión lineal 39

Tabla 14 Cronograma de actividades 46

Tabla 15 Presupuesto de las tres parcelas de trigo. 46

Tabla 16 Medias ajustadas severidad Roya para interacción localidad*línea 47

Tabla 17 Resultados obtenidos en campo. 48

Índice de Figuras

Figura 1 Principales productores de trigo a nivel mundial 2022/2023. 8

Figura 2 Departamentos productores de trigo en Guatemala. 9

Figura 3 Área sembrada en trigo en Guatemala año 2013/2021..... 9

Figura 4 Rendimiento de trigo(t/ha) en Guatemala año 2013-2021. 10

Figura 5 Escala Saari-Precott (0-9) para evaluar la intensidad de las enfermedad.15

Figura 6 Escala de Cobb modificada para roya amarilla, CIMMYT (1986)..... 15

Figura 7 Escala visual para estimar la severidad de Fusarium en espiga de trigo.16

Figura 8 Años en utilizar la misma semilla de trigo en el altiplano de Guatemala. 20

Figura 9 Croquis de campo. 27

Figura 10 Medias ajustadas y errores estándares para Línea DGC (Alfa=0.05) ... 32

Figura 11 Medias ajustadas y errores estándares para rendimiento/Localidad 33

Figura 12 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad 34

Figura 13 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Roya 35

Figura 14 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Roya. 36

Figura 15 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Roya Línea 37

Figura 16 Modelo AMMI 2 39

Figura 17 Localización ensayo 1 49

Figura 18 Localización ensayo 2 49

Figura 19 Localización ensayo 3 50

Figura 20 Preparación de surcos para la siembra del ensayo..... 55

Figura 21 Siembra de las líneas a evaluar de acuerdo a la aleatorización 55

Figura 22 Fertilización química de los ensayos. 56

Figura 23 Monitoreo y medición de altura de la planta. 56

Figura 24 Medición de severidad de enfermedades..... 57

Figura 25 Proceso de cosecha del cultivo de trigo 57

Figura 26 Proceso de trillado de las unidades experimentales 58

Figura 27 Calibración de medidora para peso hectolitrico 58

Figura 28 Medición peso hectolítrico..... 59

Figura 29 Medición peso de mil granos..... 59

Figura 30 Registro de datos de rendimiento..... 60

Índice de Anexos

Anexo 1 Tablas de referencia 46

Anexo 2 Ubicación del experimento 49

Anexo 3 Tablas de registro 50

Anexo 4 Fase de campo de la evaluación 55

Anexo 5 Medición de datos de rendimiento 58

I. RESUMEN

El trigo *(Triticum aestivum* L.) se cultiva en todo el mundo debido a su gran importancia a nivel mundial, ha sido un alimento básico desde hace más de 8000 años en las primeras civilizaciones de Europa, Asia y Norte de África. El trigo ocupa el tercer lugar entre los cereales más cultivados después del maíz y el arroz. (FAO, 2,021)

En Guatemala el trigo es producido en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, Quiche, Huehuetenango, Sololá y Chimaltenango. La producción de trigo en el país ha disminuido significativamente debido a la reducción de la superficie cultivada, en comparación de los años 80's y 90's, donde los agricultores cubrían la demanda en los mercados locales.

Para el año 2021 se estimó una producción de trigo en Guatemala de 291 toneladas aproximadamente, con un rendimiento promedio de 2.14 t/ha, distribuida en los departamentos de San Marcos (33%), Huehuetenango (23%), Quetzaltenango (19%), Quiche (11%), Sololá (7%), Totonicapán (4%) y Chimaltenango (3%). El 39% de los productores utiliza el trigo exclusivamente para el consumo, el 47% para el consumo y venta, 14%. (CIMMYT, 2022)

La presente Investigación se enfocó a sus esfuerzos en la generación de variedades de trigo que se adapten a las características de producción y consumo de los triticultores del altiplano de San Marcos, se evaluó con productores , ocho líneas avanzadas de trigo con resistencia a enfermedades , con la finalidad de identificar los genotipos, que presentaron mayor potencial de rendimiento de grano, resistencia a las principales enfermedades y estabilidad a través de las tecnologías a implementar en cada localidad de los municipios de San Lorenzo y Tejutla.

II. INTRODUCCION

El trigo *(Triticum aestivum* L.) se cultiva en todo el mundo debido a su gran importancia a nivel mundial, ha sido un alimento básico desde hace más de 8000 años en las primeras civilizaciones ocupa el tercer lugar entre los cereales más cultivados después del maíz y el arroz. (FAO, 2,021)

En Guatemala el trigo es producido en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, Quiche, Huehuetenango, Sololá y Chimaltenango. La producción de trigo en el país ha disminuido significativamente debido a la reducción de la superficie cultivada, en comparación de los años 80's y 90's, donde los agricultores cubrían la demanda en los mercados locales.

Para el año 2021 se estimó una producción de trigo en Guatemala de 291 toneladas aproximadamente, con un rendimiento promedio de 2.14 t/ha, distribuida en los departamentos de San Marcos (33%), Huehuetenango (23%), Quetzaltenango (19%), Quiche (11%), Sololá (7%), Totonicapán (4%) y Chimaltenango (3%). El 39% de los productores utiliza el trigo exclusivamente para el consumo, el 47% para el consumo y venta, 14%. (CIMMYT, 2022)

La presente Investigación se enfocó a sus esfuerzos en la generación de variedades de trigo que se adapten a las características de producción y consumo de los triticultores del altiplano de San Marcos, se evaluó con productores , ocho líneas avanzadas de trigo con resistencia a enfermedades , con la finalidad de identificar los genotipos, que presentaron mayor potencial de rendimiento de grano, resistencia a las principales enfermedades y estabilidad a través de las tecnologías a implementar en cada localidad de los municipios de San Lorenzo y Tejutla.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El trigo ***Triticum aestivum*** es un cultivo de gran importancia para la población de aldea la Ciénaga del municipio de San Lorenzo, Las Tapias y Los Cerezos en el municipio de Tejutla, en los últimos años los productores se han dedicado al cultivo de trigo cuya actividad forma parte de sus ingresos económicos, así mismo, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación (MAGA , 2021) hace mención que el cultivo de trigo por su alto contenido en carbohidratos es el segundo cereal que permite complementar la dieta alimenticia de los pobladores y así reducir la desnutrición.

En Guatemala el cultivo de trigo es afectado principalmente por enfermedades fúngicas roya *(puccinia spp)*, fusarium *(Fusarium graminearum)* y septoria *(Septoria tritici), las principales plagas* son: Afidos *(Aphidoidea sps)*, trips *(Thysanoptera)* y gallina ciega *(Sistellura longirostris)*, nivel de fertilidad de los suelos, malezas e interacción con otras enfermedades asociadas entre otros factores esto reduce el rendimiento de la producción de trigo. (CIMMYT 2022)

De acuerdo a investigaciones anteriores como enfermedades más relevantes y persistentes en alto grado de severidad son las royas del trigo (del tallo y de la hoja), fusarium y septoria. Siendo este los agentes causales de las pérdidas en el cultivo y que afectan el rendimiento y la producción de trigo en altiplano marquense.

La presente investigación se evaluó ocho líneas avanzadas del cultivo trigo con resistencia a enfermedades un testigo relativo y un absoluto, con lo que se determinó el rendimiento (kg/ha), resistencia y estabilidad ambiental de las líneas de trigo y poder establecer alternativas de solución a las problemáticas de bajos rendimientos y susceptibilidad a enfermedades fúngicas presentadas por productores del altiplano márquense. Ante este panorama surgió la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál de las ocho líneas avanzadas de trigo tiene mayor rendimiento y resistencia a enfermedades?

IV. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de trigo en occidente de Guatemala se estima en investigaciones anteriores específicamente de 5 a 10 años que se utiliza la misma variedad lo que genera degradación genética y vulnerabilidad a enfermedades fungosas afectando la producción y rendimiento, por lo que no se cubre la demanda local por tal razón es menor la posibilidad de exportar a otros países, siendo Estados Unidos el mayor proveedor. (Calderón 2022)

Debido a la importancia del cultivo de trigo y la viabilidad de producción en el departamento de San Marcos, ocupa el primer lugar de producción comparados con otros departamentos del occidente del país, representado un 33% de total de trigo, según el (MAGA 2021), específicamente en el altiplano marquense son aldeas de San Lorenzo Tejutla y San Miguel Ixtahucan los más representativos.

El cultivo de trigo a tenido un bajo rendimiento promedio en los últimos nueve años a nivel nacional con un promedio de 2.12 t/ha (FAOSTAT, 2023) esto se debe a la utilización de la mismas variedades o líneas en el occidente del país y está por debajo de rendimiento promedio a nivel mundial que es de 3.3 t/ha.

Por tal razón se evaluaron ocho líneas avanzadas con resistencia a enfermedades en cultivo de trigo en aldea la Ciénaga del municipio de San Lorenzo, las Tapias y los Cerezos del municipio de Tejutla en altiplano marquense más el testigo variedad Chivito para determinar rendimiento (Kg/ha) de cada línea.

V. MARCO TEÓRICO

4.1 Marco conceptual

4.1.1 Generalidades del cultivo

El Trigo ***Triticum aestivum*** es una planta anual de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo. Su lugar de origen se desconoce, pero diversos autores lo atribuyen a la región montañosa y árida del sureste asiático (Jobet F., 1988).

Tabla 1 Taxonomía del trigo

Taxonomía	
Nombre científico	Triticum aestivum
Familia:	Poaceae
Clase:	Liliopsida
División:	Magnoliophyta
Orden:	Poales
Reino:	Plantae

Nota: Stubbs *et al* (1986)

El trigo pertenece al género Triticum (López, 2008 citado por Moreno *et al,* 20014), el cual comprende alrededor 30 tipos de trigo de los cuales se han reconocido 16 especies y el resto son silvestres. Actualmente a nivel mundial se cultivan comercialmente, solamente dos, los cuales son: el trigo harinero y el trigo cristalino o duro (Moreno *et al.* 2014).

4.1.1 Importancia del cultivo

4.1.1.2 Importancia alimenticia

El trigo, es un cultivo con mayor área de producción por año (219 millones de hectáreas), debido a que constituye un componente indispensable para la dieta humana (Abbate *et al.* 2017). Aporta carbohidratos y es fuente de energía, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. El grano contiene 85% de carbohidratos y entre ellos el almidón, que representa entre 60% y 70% de la masa total del grano o el 70%-85% de la harina, que cumplen un rol importante en la panificación, en la retención de agua y como sustrato de la fermentación (Fraschina, 2017).

4.1.1.3 Importancia nutritiva

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP- & Organización Panamericana de la Salud -OPS- (2012) en la tabla de composición de los alimentos representa el contenido energético y proteína presente en 100 g de porción comestible del trigo y sus procesados, los cuales se describen: corazón de trigo: 360 kcal (energía) y 12.68 gramos de proteína; harina: 370 kcal, 10.50 g; tortilla de trigo: 312 kcal y 8.29, entre otros.

Asimismo, el trigo es la base de la industria panadera debido a que tiene facilidad en trasporte, almacenamiento y molienda para harina (Abbate *et al.* 2017; Moreno et al., 2001). La harina posee gluten, la cual es capaz de fermentar con la adición de levadura permitiendo la preparación de alimentos blandos y agradables como el pan (Abbate *et al.* 2017).

4.1.2 Fases fenológicas del cultivo

4.1.2.1 Etapas del crecimiento

Para describir el estado morfológico del trigo y todos los cereales se desarrolló la escala de Zadoks et al. (1974) citado por Abbate y Divito (2017). Los estados de desarrollo que se describe en la escala Zadoks para trigo son:

Zadoks 0 – Germinación: inicia desde la imbibición y finalizan con la emergencia de la radícula.

Zadoks 1 – Crecimiento de la plántula: Desde la aparición de la primera hoja hasta la formación de 09 hojas, esta etapa es influenciada por la profundidad de siembra, así como la temperatura. Además, se observa el desarrollo de las raíces seminales y adventicias.

Zadoks 2 – Macollaje: se observa el desarrollo de un tallo principal y de macollos, esta etapa depende del ciclo del trigo que se cultiva, cuando el trigo es de ciclo largo existe mayor producción de macollos, así mismo por la densidad y distribución de siembra y por la disponibilidad de radiación, agua, nutrientes, etc.

Zadoks 3 – Elongación del tallo: inicia con la elongación de los entrenudos dando origen a un tallo verdadero y finaliza antes de la floración

4.1.2.2 Floración y fructificación del cultivo de trigo

Zadoks 4 – Preemergencia floral (Vaina engrosada o bota): en esta etapa la espiga asciende y termina cuando las primeras aristas emergen por encima de la lígula de la hoja bandera

Zandoks *5 – Emergencia de la inflorescencia:* se observa la espiguilla terminal se hace visible hasta que emerge totalmente y existe la autopolinización.

Zandoks 6 – Antesis: comienza la floración la cual se desarrolla desde el centro hacia los lados, por lo general inicia en el tallo principal y posteriormente los macollos, esta etapa puede durar alrededor de 10 días.

Zandoks 7 – Grano lechoso: ocurre de 2 a 4 días posterior a la fertilización de las flores, inicia el crecimiento del grano, durante este periodo el grano es sensible a altas temperaturas y déficit hídrico, el tamaño del grano puede alcanzar el 80% del peso seco.

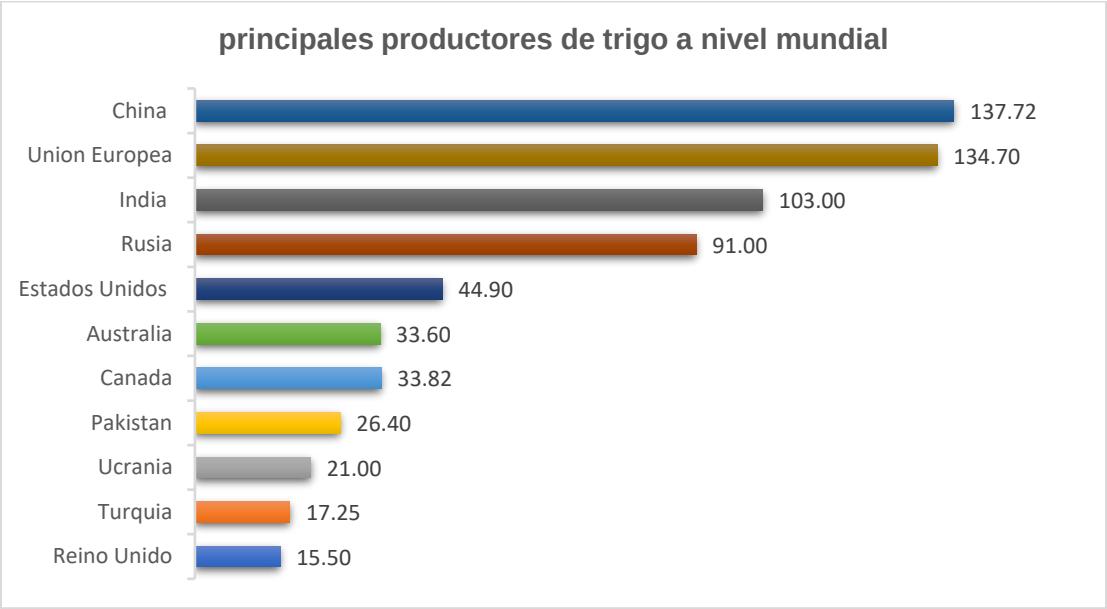
Zandoks 8 – Grano pastoso: Durante esta etapa el grano obtiene una consistencia pastosa donde todas las estructuras se han desarrollado y cambia de color hasta llegar a su color definitivo.

Zandoks 9 – Madurez: Es cuando el grano cumple su ciclo cambiando de color, así mismo se pierde la humedad y cesa el crecimiento.

4.1.3 Producción mundial del trigo

Según FAO la producción mundial se proyecta a 783.8 millones de toneladas, un aumento de 0.6%, 4.5 millones de toneladas más respecto de la producción 2021 y un máximo histórico. (FAO, 2022)

Figura 1 Principales productores de trigo a nivel mundial.



Nota: Datos Orus-STATISTA 2023.

4.1.3.1 Consumo mundial del trigo

La proyección para el consumo total del trigo aumentaría ligeramente un 0.3% y se ubicara en 775 millones de toneladas. (FAO, 2022).

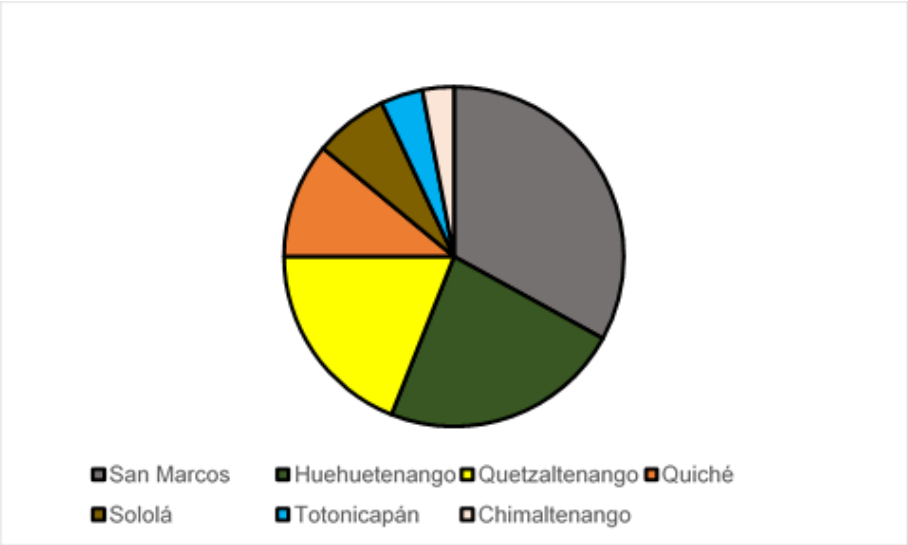
4.1.3.2 Comercio mundial del trigo

Las exportaciones mundiales de trigo en 2022/23 (julio/junio) se pronostican en 194 millones de toneladas, sigue apuntando a un descenso del 1.0% respecto del nivel de 2021/22 (FAO, 2022).

4.1.4 Producción de trigo en Guatemala

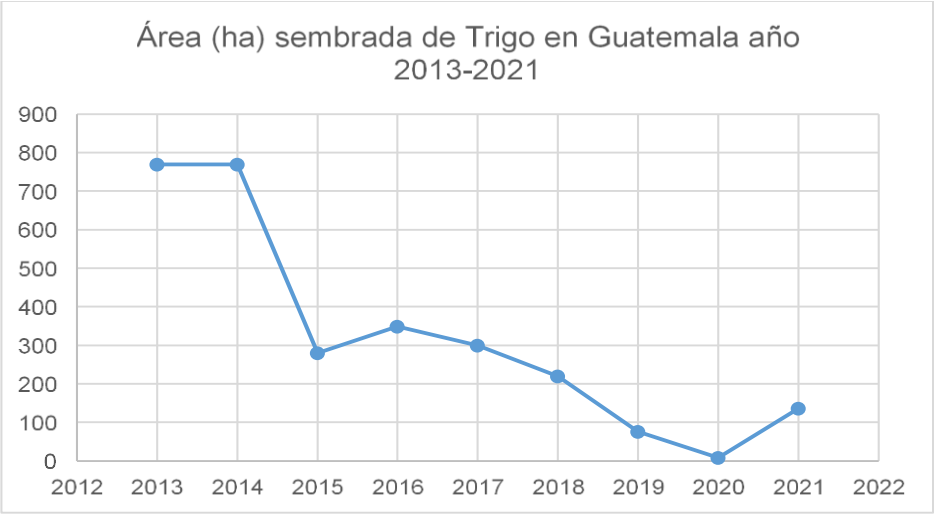
La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: San Marcos con 33.00%, Huehuetenango con 23.00%, Quetzaltenango con 19.00%, Quiche con 11.00%, Sololá con 7.00%, Totonicapán con 4.00% y Chimaltenango con 3.00%.

Figura 2 Departamentos productores de trigo en Guatemala.



Nota: MAGA-DIPLAN, 2021.

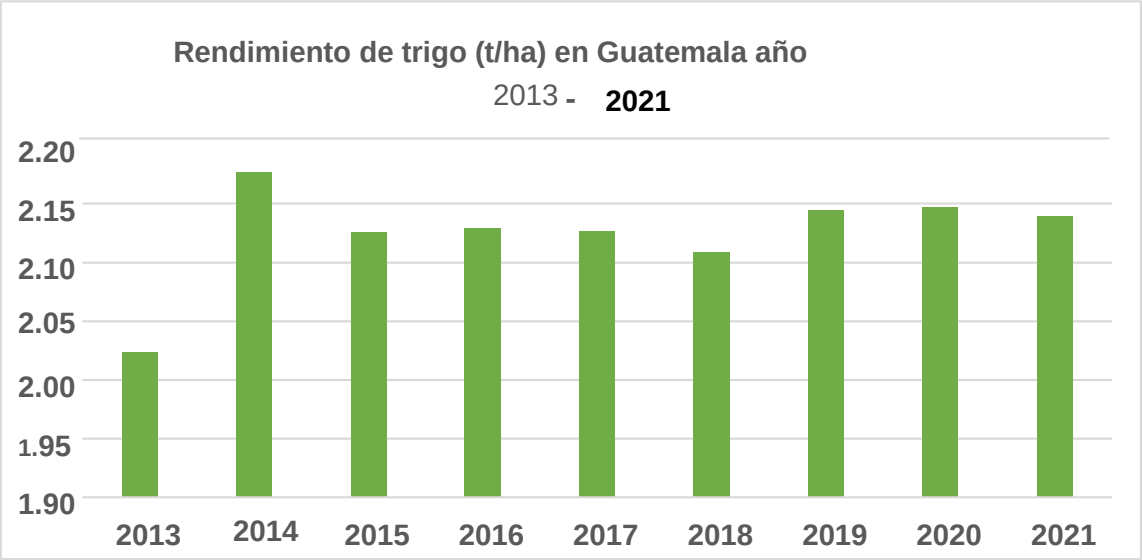
Figura 3 Área sembrada en trigo en Guatemala año 2013/2021



Nota: FAOSTAT 2023

En la figura 3. se observa que, a partir del año 2014, hubo una fuerte disminución en el área de producción de trigo, desde las 790 ha hasta solamente 8 ha en el año 2020, sin embargo, ya en el año 2021 empezó a haber un leve incremento en dicha área de producción (136 ha).

Figura 4 Rendimiento de trigo(t/ha) en Guatemala año 2013-2021.



Nota: FAOSTAT 2023

En la figura 4 se observa que el año con mayor rendimiento fue el 2014 con 2.18 t/a, por el contrario, el año 2013 fue el que reportó menor rendimiento con 2.03 t/ha, para el año 2021 el rendimiento fue de 2.14 t/ha.

4.1.5 Aspectos bioclimáticos

El trigo necesita aproximadamente 615 mm de precipitación distribuidos a lo largo del ciclo. La temperatura es un factor determinante de la calidad del grano, en el trópico únicamente se pueden sembrar variedades de trigo suaves debido a que no se alcanzan temperaturas óptimas, el rango óptimo de temperatura a lo largo del ciclo es de 4°C a 22° C, temperaturas mayores a 31°C detienen el llenado del grano (Puente, 2000)

4.1.5.1 El suelo como soporte y fuente de nutrientes para la planta

Los suelos son cuerpos naturales que cubren partes de la superficie terrestre, dan sustento a las plantas y tienen propiedades debido al efecto integrado del clima y de los organismos vivos, actuando a través del tiempo, en grado condicionado por el relieve. Este tipo de definiciones ha sido adoptado tradicionalmente por edafólogos, agrónomos y forestales, con un mayor interés en el suelo como soporte y fuente de nutrientes para

cultivos o plantaciones forestales, y en términos generales por aquellas personas que identifican el suelo como un recurso crítico, para el mantenimiento de cualquier ecosistema que necesita ser manejado de manera efectiva. (Lopez, 2014)

Es un factor determinante de la producción de trigo, este cultivo requiere suelos medianamente profundos, suelos no arenosos y con buena estructura, además de ello es importante la aplicación de materia orgánica. El pH del suelo puede estar en el rango de 5.5 a 7, dentro de este intervalo se obtendrán buenos resultados (Puente, 2000)

4.1.5.2 Requerimientos

El rendimiento en la producción está en función de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, para obtener 3000 kg de trigo se necesita que exista en el suelo 90 kg de nitrógeno, 15 kg de fósforo, 57 kg de potasio (García y Correndo 2008). El trigo es un cultivo altamente susceptible a la deficiencia de nitrógeno, la insuficiencia de nitrógeno provoca clorosis, reduce el macollamiento y disminuye la concentración de proteína en el grano. Para aumentar la eficiencia de la fertilización, es recomendado hacer esta en forma localizada (bandas) con lo que se puede aumentar la eficiencia hasta un 30%.

4.1.6 Enfermedades

Los hongos del género Puccinia son patógenos altamente especializados que sobreviven únicamente sobre tejidos vivos de las especies sobre las cuales parásita (hongos biotróficos).

4.1.6.1 Roya del tallo

Causada por ***Puccinia graminis***; ha sido una de las enfermedades más destructivas del trigo a través del tiempo en muchas regiones del país, aparece comúnmente en tallos y vainas, en casos de ataques severos también afecta hojas.

4.1.6.2 Roya estriada, amarilla o lineal

Causada por ***Puccinia striiformis***, es una de las enfermedades más dañinas del trigo en muchas áreas del mundo y en la actualidad es la más importante de las royas

(sabary eat al., 2019)Era una enfermedad de regiones frescas, pero luego del año 2000 aparecieron nuevas razas en distintas partes del mundo que permitieron su difusión hacia zonas de mayor temperatura.

Produce pústulas uredosóricas de color amarillento ordenadas en bandas o estrías entre las nervaduras a partir de encañazón, conteniendo urediniosporas que le dan el nombre común a esta roya.

En ataques severos las hojas se necrosan y desprenden, reduce el macollaje, el número de granos por espiga y el llenado de granos y consecuentemente el rendimiento.

La enfermedad produce pérdidas de rendimiento y calidad de grano que, como consecuencia de un número reducido de granos por espiga, granos arrugados y bajo peso específico. (sabary eat al., 2019)

4.1.6.3 Roya de la hoja

Causada por ***Puccinia recóndita***. Puede producir pérdidas de 50% o superiores que dependen predominantemente de la resistencia de los cultivares.

Comienzan con clorosis y luego se producen pústulas rojizo anaranjadas subepidérmicas que son los uredosoros y que pueden presentar halos cloróticos o necróticos que indica el tipo de infección, las que presentan necrosis corresponden a moderada resistencia a resistencia, se diferencian de los de la roya amarilla por su color más intenso y porque en este caso no se presentan en bandas, sino al azar. (Moya, y otros, 2016)

Cuando afecta en el período crítico produce reducciones en el número de granos/m2 y menores en el peso de los granos, en ambos casos reduciendo el rendimiento, ataques tardíos pueden afectar predominantemente el peso de los granos. (Moya, y otros, 2016)

4.1.6.4 Fusarium

Causada por el hongo ***Fusarium graminearum***, si bien no es una enfermedad importante todos los años, sino cuando se producen las condiciones predisponentes en

floración, en esas circunstancias causa importantes disminuciones en el rendimiento que son variables según el grado de infección, desde 10% y que han llegado hasta el 70%.

Además, es especialmente importante por producir micotoxinas, producen estrés, dañan las funciones gastrointestinales, provocan problemas sanguíneos, alteran el sistema inmunológico y causan la muerte celular. En animales pueden producir diarrea, vómito, hemorragias, problemas respiratorios e incluso la muerte. (sabary eat al., 2019)

Las espiguillas atacadas pierden el color verde normal volviéndose blanquecinas y contrastando con las espiguillas sanas. Comienza por la parte central de la espiga que son las primeras en formarse y en llegar a antesis. En ataques tempranos puede ocasionar el aborto de las flores. Aparecen manchas acuosas de color marrón en la parte inferior de las glumas o raquis, que luego se decoloran y los síntomas continúan en ambas direcciones de la espiga.

Luego, la porción de la espiga sobre la espiguilla afectada puede secarse. Esto puede deberse a la menor disponibilidad de nutrientes y agua por la obstrucción vascular del raquis que produce el patógeno. Si las condiciones ambientales continúan favorables, se puede ver el micelio rosado en la base de las espiguillas, raquis y entre las glumas y glumela. Los granos en desarrollo presentan manchas marrón-oscuro confluentes y los granos muy afectados quedan cubiertos por micelio blanco o rosa, disminuyendo el peso hectolítrico y proteína, por lo que afectan la calidad panadera.

4.1.6.5 Septoria

Las especies de hongos generalmente implicadas son: ***Septoria tritici*** *y* ***Septoria nodorum***. Las principales secuelas de la Septoria son: necrosis y secado de partes foliares y pérdida de funcionalidad del sistema vascular y disminución del área de la planta con capacidad fotosintética y reducción en la migración de nutrientes al grano.

Semillas marchitas y disminución considerable del peso específico del grano cosechado (cuando la enfermedad infecta gravemente un cultivo). Los síntomas son:

lesiones cloróticas irregulares en las hojas y manchas necróticas, los centros de estas manchas adquieren un color gris ceniza, picnidios en forma de agrupaciones de diminutos puntos negros (en los estados más avanzados de la enfermedad). (CIMMYT, 2014)

4.1.6.6 Alternaría

Alternaría es un género fúngico muy común, donde se incluyen numerosas especies saprótrofas y patógenas ampliamente distribuidas en diversos cultivos de importancia agronómica, y en la materia orgánica en descomposición. Las especies del género Alternaría sintetizan además metabolitos secundarios tóxicos para las plantas, algunos de los cuales se han relacionado con la aparición de efectos adversos para la salud en personas y animales.

En trigo nos encontramos actualmente frente al crecimiento de enfermedades nuevas y emergentes ocasionadas por el complejo de especies de Alternaría. Son, además, productoras de compuestos biológicamente activos tales como micotoxinas. Es un problema de aparición frecuente en la mayoría de las regiones trigueras del mundo. Se caracteriza por la presencia de una coloración parda o negra en la zona del germen del grano de trigo que, en casos severos, puede extenderse al área circundante y al surco.

Algunas especies tales como ***Alternaría triticina*** causan pérdidas del rendimiento de hasta un 60% bajo condiciones favorables a la infección y desarrollo de la enfermedad. En los últimos años, los relevamientos efectuados a diferentes cultivares y regiones ecológicas trigueras, indican que el manchado por ***A. triticina*** incrementó notoriamente su incidencia y difusión, constituyéndose en una nueva adversidad para el cultivo de este cereal que necesita ser investigada especialmente dado su status de enfermedad cuarentenaria y que limitaría el ingreso del grano de trigo a nuevos mercados (Perello, 2015)

4.1.6.7 Escala de enfermedades

Para tomar la incidencia y severidad de manchas foliares, se utiliza la escala Saari y Prescott de doble dígito (1-9).

Figura 5 Escala Saari-Precott (0-9) para evaluar la intensidad

de las enfermedades foliar en trigo.

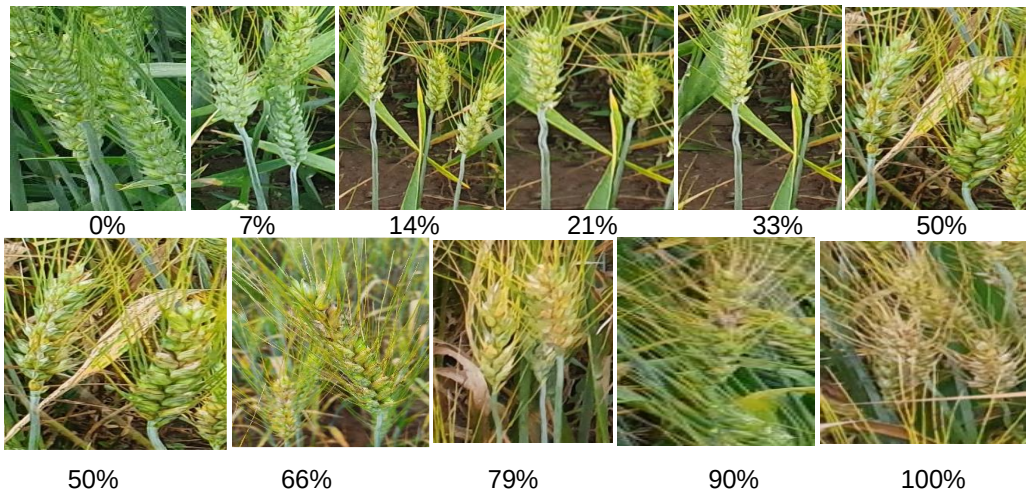
Nota: Stubbs et al (1986)

Para tomar incidencia y severidad de las royas se utiliza la escala de Cobb modificada, de 5 a 100% o de Resistente a Susceptible.

Figura 6 Escala de Cobb modificada para roya amarilla (Puccinia striiformis Rust scorin guide, CIMMYT (1986)

Nota: McMullen y Stack (2011

Figura 7 Escala visual para estimar la severidad de Fusarium en espiga de trigo.



Nota: McMullen y Stack (2024)

4.1.8 Plagas 4.1.7.1 Áfidos

Casi todas las especies de áfidos conocidas son fitófagas, aunque recientemente se ha encontrado que la especie ***Paracletus cimiciformis* von Heyden** posee un morfo que establece una relación de mimetismo agresivo picando y succionando la hemolinfa de las larvas de una especie de hormiga del género Tretramorium. De las aproximadamente 4700 especies de áfidos descriptas, sólo alrededor de 100 tienen relevancia agronómica por causar importantes pérdidas económicas en los cultivos.

Las pérdidas pueden ser generadas por dos tipos de daño, los directos y/o los indirectos. Los daños directos se producen por la incorporación de saliva tóxica y la extracción de grandes cantidades de fotosintatos al perforar los tejidos de las plantas provocando clorosis, manchas y muerte de hojas.

Los daños indirectos son producidos por la transmisión de virus fitopatógenos y por la aparición de “fumagina”, nombre que recibe el conjunto de micelios negros de un grupo de hongos saprófitos que viven sobre las gotas azucaradas excretadas por los áfidos al alimentarse. Esa capa de micelios negros reduce la tasa de fotosíntesis al expandirse sobre la superficie de las hojas. Sin embargo, los daños indirectos más significativos son los

ocasionados por los virus fitopatógenos de los cuales los áfidos pueden destacarse como los vectores. (Giudici, 2021)

4.1.7.2 Trips

Pequeños insectos del orden Thysanoptera que atacan las espigas de trigo, triticale y centeno (cereales de grano desnudo), aunque en ocasiones pueden afectar también a la cebada y otros cereales.

Las picaduras de los adultos en hojas y tallos no suelen producir una afección significativa. Los daños de las larvas en las flores pueden provocar su aborto o atrofia del ovario, con la consiguiente reducción en el número de granos formados.

Los daños en el grano en formación provocan pérdida de su peso específico, disminuyendo la producción y el valor comercial de la cosecha. Cuando los daños en la semilla afectan al embrión pierde su capacidad germinativa. La calidad harina, panadera de los trigos blandos empeora por efecto de las enzimas inyectadas. (sabary eat al., 2019)

4.1.7.3 Gallina Ciega

El tercer estadio larval es la fase más longeva y voraz de estas especies, que en las zonas tropicales o subtropicales se alimenta durante cuatro a ocho meses, y en zonas templadas y frías durante siete a 14 meses, hasta aumentar de seis a ocho veces su peso antes de iniciar la etapa de prepupa, de ahí que el daño es muy grande en el sistema radical de las plantas cultivadas (Polanco, 2008)

4.2 Marco referencial.

4.2.1 Antecedentes en investigaciones en rendimiento y resistencia del cultivo de trigo

En Perú se evaluó la variación biométrica, características de rendimiento de las dos especies de trigo. Las variables de mayor importancia fueron rendimiento, precocidad y calidad del grano de trigo. Las variedades harineras mostraron mayor precocidad frente a las variedades durum. (Flores & Robles, 2014)

En ocho ambientes de los altiplanos de Nariño y Cundiboyacense de Colombia, se realizaron evaluaciones de ocho líneas avanzadas (F8) de trigo (Triticum aestivum L) y testigos ICA Tenza y Facianar promesa de mayor aceptación comercial para mejorar la competitividad del cultivo del trigo desde el punto de vista técnico en Colombia, los resultados que alcanzaron fueron El rendimiento de grano (t.ha-1), los componentes de rendimiento: número de espigas efectivas por planta (NME), número de granos por espiga (NGE) y peso de mil granos (P 1000), además de los parámetros de calidad industrial peso hectolítrico, porcentaje de proteína (%), índice de dureza (%) y volumen del pan (cm3) (Figueroa, 2013)

El diseño empleado fue bloques al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones se utilizó. El modelo de estabilidad fenotípica de Eberhart y Russell (1966) se utilizó en el proceso de selección por rendimiento de grano. En hoja y espiga, las líneas L7 UPTC, L15 N y L24 N mostraron una reacción resistente a la roya amarilla. El rendimiento de grano seco se correlacionó positivamente y significativamente con el número de granos por espiga y el peso de 1000 granos. En el análisis de Eberthart y Rusell, las líneas L11N, L2 UPTC, L13 UPTC y L29N se destacaron como genotipos estables y predecibles; ICA TENZA, L6 UPTC y L24 N se destacaron por su respuesta en todos los ambientes, pero no predecibles; la línea L7 UPTC respondió mejor a ambientes favorables y es predecible, mientras que el testigo Promesa no lo fue. La línea L15 N se destacó por su rendimiento, predecibledad y

mejor respuesta en condiciones desfavorables. En calidad industrial, L24N mostró diferencias en los índices de dureza y volumen del pan (Figueroa, 2013).

En México las investigaciones recientes en el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, han permitido el desarrollo de variedades de trigo de alto rendimiento y altos niveles de resistencia a las enfermedades. Entre estos genotipos superiores esta la nueva variedad Alondra F2014 que supera el rendimiento de Maya S2007 con 9% además es resistente a roya lineal amarilla, resistente a roya de la hoja y de alta calidad industrial. La semilla de Alondra F2014 está disponible para los triticultores (Moya, y otros, 2016).

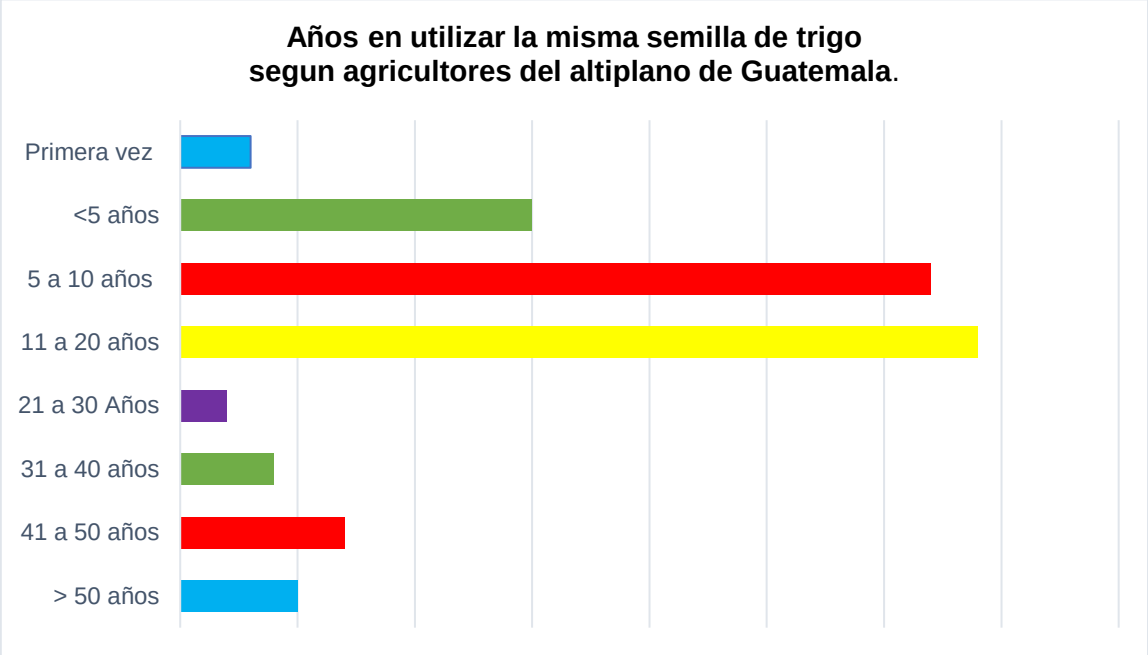
La evaluación de las características de calidad física de 24 variedades de trigo realizada en México por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales En la evaluación, los datos se analizaron de dos formas: por variedades, años y décadas. Además, las variedades se agruparon en ocho décadas según el año de lanzamiento. Las 24 variedades evaluadas mostraron comportamientos que cumplieron con los estándares requeridos por la industria semillera. Se ha llegado a la conclusión de que el mejoramiento genético del trigo en México ha tenido un impacto positivo y significativo en el peso de mil semillas (Carranza-González, Carballo-Carballo, Villaseñor-Mir, Hernández-Livera, & Elena-Ramírez, 2016).

4.2.2 Problemática del cultivo de trigo en Guatemala

4.2.2.1 Bajo potencial de rendimiento.

El rendimiento promedio en los últimos nueve años a nivel nacional ha sido de 2.12 t/ha (FAOSTAT, 2023) está por debajo del rendimiento promedio a nivel mundial que es de 3.3 t/ha (CIMMYT, 2022)

Figura 8 Años Semilla de trigo en el altiplano de Guatemala.



Nota:(Calderón, 2022)

En la figura 5. se observa que el 34% de los agricultores entrevistados tienen entre 11 a 20 años de utilizar la misma variedad de trigo, de la misma manera, un 32% han utilizado durante 10 años la misma variedad, sumando entre estos dos grupos el 66% de agricultores.

4.2.2.2 Enfermedades

El trigo en Guatemala es afectado principalmente por enfermedades fungosas, para que se desarrollen es necesario que existan varios factores como: agua libre sobre las hojas, susceptibilidad de las plantas, densidad del inóculo y temperatura óptima para el patógeno. Los hongos dañan a las plantas y se alimentan de los nutrientes del tejido de las plantas, a continuació se describen algunas enfermedades de importancia en el cultivo de trigo ((CIMMYT, 2014)

4.2.2.3 Importación

Dado en Guatemala la producción nacional no se cubre la demanda, se necesita importar de otros países, siendo Estados Unidos el principal proveedor.

VI. OBJETIVOS

5.1 Objetivos general

Identificar líneas avanzadas de trigo con alto potencial de rendimiento, estabilidad ambiental y resistencia a enfermedades en tres localidades del altiplano de San Marcos.

5.2 Objetivos específicos

1. Determinar cuál de las líneas avanzadas del cultivo de trigo presenten un alto potencial de rendimiento en tres localidades del altiplano de San Marcos.

2. Determinar las líneas avanzadas de trigo que presenten resistencia a las principales enfermedades.

3. Determinar cuál de las líneas avanzadas del cultivo de trigo tiene estabilidad ambiental en tres localidades del altiplano de San Marcos.

VII. HIPOTESIS

Ho.1 Ninguna de las líneas avanzadas de trigo presentara diferencia estadística significativa en cuanto a rendimiento (kg/ha), en comparación al testigo.

Ha.1 Al menos una línea avanzada de trigo, presentará diferencia estadística significativa en cuanto a rendimiento (kg/ha), en comparación al testigo.

Ho.2 Ninguna de las líneas avanzadas de trigo presentara diferencia estadística significativa en cuanto resistencia a enfermedades en comparación al testigo.

Ha.2 Al menos una de las líneas avanzadas de trigo presentara diferencia estadística significativa en cuanto a resistencia a enfermedades en comparación al testigo.

Ho.3 Ninguna de las líneas avanzadas de trigo presentara diferencia estadística significativa en cuanto a estabilidad ambiental en comparación al testigo.

Ha.3 Al menos una de las líneas avanzadas de trigo presentara diferencia estadística significativa en cuanto a estabilidad ambiental en comparación al testigo.

VIII. MATERIALES Y METODOS.

7.1 Localidad

La presente investigación se desarrolló en dos localidades del municipio de Tejutla, una en el municipio de San Lorenzo del departamento de San Marcos siendo tres localidades la primera parcela en aldea La Ciénaga de municipio de San Lorenzo, la segunda parcela en aldea Los Cerezos y la tercera parcela en aldea Las Tapias del municipio de Tejutla.

7.1.1 Aldea la Ciénaga del municipio de San Lorenzo

Está ubicada en la parte norte del altiplano del municipio San Lorenzo centro, del departamento de San Marcos. Así mismo está a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera municipal de San Lorenzo y a 23 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y 275 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (AUXILIATURA, 2015).

Aldea La Ciénaga se limita al norte con aldea Talquicho y San Lorenzo centro, al sur con el municipio de Comitancillo al oeste con aldea Santa Teresa del municipio de San Pedro Sacatepéquez al este con el municipio de San Lorenzo centro. está ubicada a 2,737 msnm.

7.1.2 Aldea Las Tapias del municipio de Tejutla

Está ubicada en la parte norte del altiplano del municipio de Tejutla, del departamento de San Marcos. Distancia 7 kilómetros de la cabecera municipal de Tejutla y a 57 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a una distancia de 252 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (MONOGRAFIA, 2010).

Aldea Las Tapias limita al norte con aldea Chacojom, al sur con aldea Ixmulca al oeste Cancela al este con el municipio de Concepción Tutuapa. está ubicada a 2,520 msnm.

7.1.3 Aldea los Cerezos del municipio de Tejutla

Está ubicada en la parte norte del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos. El mismo está a una distancia de 5 kilómetros de la cabecera municipal de Tejutla, a 55 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y 250 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (TEJUTLA, 2010).

Aldea Los Cerezos limita al norte con aldea Hermón, al sur con aldea Cancela Grande al oeste, aldea los Laureles al este aldea Nueva Ermita. La comunidad está ubicada a 2,520 msnm.

7.2 Materiales

Tabla 2 Recursos empleados para el desarrollo de la investigación

Recurso humano	***Recurso de oficina***	**Recurso físico**
Tesista Asesores Productores	Computadora. Internet. Software infostat. Paquete de office. Bitácora.	Pita rafia Estacas Rastrillo Rayador de treinta centímetros para hileras Azadón. Machete Bomba de fumigar. Bolsas de papel kraft Tratador de semilla (químico) Cinta metrica Vernier Material vegetal. Semilla de trigo de nueve líneas avanzadas y un testigo

7.3 Métodos

El método se desarrolló con un enfoque mixto, empleando tanto el método descriptivo como el estadístico para obtener datos de forma eficiente y se llevó a cabo de manera mejor para el estudio.

7.3.1 Estadística experimental

La estadística experimental es una rama de la estadística que se utiliza para estudiar fenómenos y evaluar la eficacia de tratamientos o intervenciones. Se basa en la formulación

de hipótesis, el diseño de experimentos, la recolección y análisis de datos para determinar si los datos apoyan o refutan la hipótesis.

7.3.1.1 Método deductivo.

Permitirá que los investigadores apliquen el principio general a un caso específico, lo que puede ayudar a identificar las relaciones entre las variables cuantitativas y cualitativas para llegar a conclusiones válidas

7.3.1.2 Diseño experimental

Según (Gonzalez, 2014), “el diseño en bloques completos al azar (DBA) toma en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. En este diseño las unidades experimentales se distribuyen en grupos homogéneos. Cada uno de estos grupos es llamado: bloque. El número de unidades experimentales dentro de cada bloque es igual al número de tratamientos incluidos en el experimento”.

7.3.1.2.1 Modelo estadístico.

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

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta

μ = media general

τ_i = efecto del tratamiento

β_j = efecto del bloque j

ε_{ij} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ij}

7.3.2 Metodología

7.3.2.1 Fase de gabinete inicial:

En esta fase se realizó la elaboración del protocolo de investigación, el cual consistió en darle alguna solución a la problemática del cultivo de Trigo, para determinar el planteamiento del problema, objetivos, hipótesis, marco teórico y referencial, la metodología y los recursos a utilizar.

7.3.2.1.1 Delimitación espacial (Área experimental)

La investigación se realizó en tres localidades. Siendo las medidas utilizadas 9m*30m para un total de 270 m^2.

Se elaboro en escalas diagramáticas: Para medir la incidencia y severidad de la presencia de la enfermedad provocada por la presencia de hongos.

7.3.2.1.2 Tamaño de la unidad experimental.

El diseño experimental se realizó con las dimensiones de 9m * 30m (270 metros cuadrados de superficie, la parcela bruta). En campo se estableció 3 tablones, separados 1 metro calle cada repetición se realizó de las siguientes medidas de 3m * 3m un distanciamiento de 30 centímetros entre surcos de trigo la siembra se realizó al chorro.

7.3.2.1.3 Tratamientos.

Se evaluaron diez tratamientos (incluyendo el testigo absoluto y un relativo) con tres repeticiones. (unidades experimentales). Cada repetición se sembró 10 surcos. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente dentro de cada bloque o repetición.

7.3.2.1.4 Variables

7.3.2.1.4.1 Variable independiente

Se evaluó ocho líneas de trigos harineros dos testigos, un absoluto y un relativo.

Tabla 3 Tratamientos evaluados

Tratamientos	Linea
T-1	ICTA TRI-01-2023
T-2	ICTA TRI-02-2023
T-3	ICTA TRI-03-2023
T-4	ICTA TRI-04-2023
T-5	Testigo absoluto (ICTA Don Vale)
T-6	ICTA TRI-06-2023
T-7	ICTA TRI-07-2023
T-8	ICTA TRI-08-2023
T-9	ICTA TRI-09-2023
T-10	Testigo relativo (Var Chivito)

Nota: son líneas avanzadas de trigo evaluados y dos testigos un absoluto y un relativo.

Figura 9 Croquis de campo.

3 m.

3 m.

Bloque III	T-9	T-7	T-6	T-8	T-4	T-5	T-1	T-10	T-2	T-3
							Calle			
Bloque II	T-9	T-1	T-8	T-5	T-10	T-4	T-2	T-3	T-6	T-7
							Calle			
Bloque I	T-8	T-2	T-9	T-10	T-1	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7

Nota: los tratamientos fueron aleatorizados para disminuir el margen de error experimental y cumplir con el supuesto de la varianza de la independencia

7.3.2.1.4.2 Variable dependiente o de respuesta

a) Rendimiento

El rendimiento del cultivo de trigo se tomó de la parcela neta para reducir la influencia del efecto de borde dentro de las unidades experimentales, se obtuvo los datos con el menor grado de error posible, el rendimiento se expresó en kilogramos por hectárea (k/ha).

b) Resistencia a las enfermedades

Se utilizo las escalas Saari Prescot para las manchas foliares y la escala de Cobb modificada para la roya.

c) Estabilidad ambiental

Se realizo un análisis de estabilidad AMMI 2 empleando Infostat, con las variables tanto cuantitativas como cualitativas.

7.3.2.2 Fase de campo

7.3.2.2.1 Manejo del experimento.

Preparación del terreno: Se realizo la labranza del suelo para crear las condiciones favorables para el buen desarrollo del cultivo, así mismo, la realización de tablones (3m * 30m)

La siembra se realizó en surcos, 150 gramos por unidad experimental, 15 gramos por surco.

Se utilizo un tratador de semilla como: Thiamethoxam + Fludioxonil + Metalaxyl-M + Thiabendazole (Cruiser advanced®), ½ medida Bayer por bomba de 16 L, para control de plagas y enfermedades del suelo.

El distanciamiento de siembra se realizó: 0.30 m entre surcos, al chorro, 15 gramos por surco, 150 gramos por unidad experimental,3 metros de longitud por surco.

La fertilización: se realizó al momento de la siembra con 20-20-0 a razón de 250 gramos por unidad experimental (4.32 quintales por manzana) y 40-45 días después de la siembra con urea a razón de 160 gramos por unidad experimental (2.8 quintales por manzana).

El control de maleza: se hizo una aplicación de Metsulfuron (Eskobiyol®) a los 30 días después de la siembra a razón de 20 gr/ha, a razón de 20 gr/100 L de agua, 3 gr por bomba de 16 L, después, durante el ciclo, se realizó limpias manuales en calles y surcos.

Control de Plagas: Si existe incidencia de plagas insectiles como pulgones, se recomendo hacer aplicaciones con insecticidas como: Thiacloprid + Beta-Cyfluthrina (Monarca®) o Lambacialotrina (Karate Zeon®).

7.3.2.2.2 Medición de resultados.

a) Días a floración

Se tomó datos cuando el 50% de los estambres dorados de una espiga se hacen visibles asomándose a través de las espiguillas.

b) Resistencia a las enfermedades

Se utilizó las escalas Saari Prescot para las manchas foliares y la escala de Cobb Modificada para la roya.

c) Días a madurez fisiológica

Se realizó la toma de datos cuando el 50% de la población presente color dorado en la espiga del cultivo de trigo.

d) Altura de la planta

Se realizó toma de datos al momento de que las plantas llegan a la madurez fisiológica, se tomó desde la base hasta las aristas de las espigas del cultivo de trigo.

e) Número de plantas

Se contó el número de plantas por metro cuadrado.

f) Porcentaje de acame

Se estimó de manera visual el porcentaje del área de la unidad experimental en que las plantas han caído.

g) Peso de mil granos

Se realizó el peso en granos de mil granos de cada uno de los tratamientos evaluados.

h) Rendimiento de grano (k/ha y t/ha):

Se realizó el peso total de grano comercial de cada unidad experimental al 12% de humedad.

i) Peso hectolítrico

Se realizó toma de datos del peso en grano por unidad de volumen, se midió el rendimiento de harina a través de una balanza de 1 litro de volumen.

7.3.2.3 Fase de gabinete final

7.3.2.3.1 Análisis estadístico de la información

La información se analizó con el programa Infostat® realizando análisis de varianza por localidad y análisis combinado para las tres localidades. Si existe diferencia significativa en las variables evaluados se realizó pruebas de medias a través de DGC, (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) ($P<0.05$). Además, se realizó un análisis de estabilidad AMMI 2.

7.3.2.3.1.1 Reglas de decisión

De acuerdo con López, E; Gonzales, B. (2019) estas reglas ayudaron a determinar el grado de significancia que presentan los tratamientos en la tabla de análisis de varianza, permitirá tomar decisiones en cuanto a la necesidad o no de realizar las pruebas de medias y determinar el tratamiento que presenta mejores resultados.

Rechazar Ho si el valor de p es menor a al criterio de significancia F

Aceptar Ho si el valor de p es mayor o igual a al criterio de significancia F

7.3.2.3.1.2 Pruebas de comparación múltiple de medias

De acuerdo con López, E; Gonzales, B. (2019) se realizó posterior al ANDEVA tomando en cuenta las reglas de decisión si existe significancia en la Tabla de tratamientos, aceptándose la hipótesis alternativa se aplicará la prueba de comparación múltiple de medias.

- Comparación múltiple de medias, según Di Rienzo et at.

Di Rienzo et al. (2007) proponen un enfoque para realizar comparaciones múltiples de medias DGC usando Análisis de Varianza (ANOVA). Este enfoque se basa en la teoría de la probabilidad de errores de tipo I y tiene como objetivo controlar la tasa de errores falsos positivos en las comparaciones.

IX. Resultados

Tabla 4 medidas de resumen de la evaluación

Linea	Peso Kg/ha	Fus	Roy	DF	MF	Altura cm	% Acame	Peso 1000 granos	Peso Hectolítrico	% H
ICTA-TRI-01-2023	1457.83	1.22	1	79.67	173.33	95.56	0	37.44	59.12	7.81
ICTA-TRI-02-2023	1535.08	1	1	75.33	173.33	92	0.56	37.98	62.57	7.7
ICTA-TRI-03-2023	1117.02	1	1.22	78	173.33	94.67	0	38.12	57.43	7.9
ICTA-TRI-04-2023	1173.13	1.67	1.22	73.78	173.33	91.11	0	38.72	57.1	7.67
ICTA-TRI-05-2023	875.89	1.22	3.44	79.67	173.33	98.44	0	31.53	64.32	7.24
ICTA-TRI-06-2023	1689.66	1.44	1.67	73.89	173.33	83.67	0	38.24	65.46	7.83
ICTA-TRI-07-2023	575.44	1.22	1	72.78	173.33	95.11	0	34.08	57.38	7.72
ICTA-TRI-08-2023	1456.72	1.89	1	71.11	173.33	92	0	42.57	63.38	7.37
ICTA-TRI-09-2023	1892.68	1.22	1	73.89	173.33	98.33	0	44.04	66.2	8.29
ICTA-TRI-10-2023	1399.77	1	3	93.44	173.33	94.05	7.22	38.62	70.84	9.2

8.1 Análisis de Varianza para la variable de rendimiento

Especificación del modelo en R

mlm.modelo.015_Peso.Kg.ha_REML<lme(Peso.Kg.ha~1+Linea+Localidad+Localidad:Linea,random=list(Bloque=pdIdent(~1)),method="REML",control=lmeControl(niterEM=150,msMaxIter=200),na.action=na.omit,data=mlm.modeloR.data15,keep.data=FALSE)

8.1.1 Resultados para el modelo: mlm. modelo. Variable dependiente: Peso.Kg.ha

Medidas de ajuste del modelo

Tabla 5 Medidas de ajuste del modelo rendimiento en kilogramos por hectárea

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
90	1031.06	1098.08	-483.53	581.31	0.64	0.64

AIC y BIC menores implica mejor

Tabla 6 Pruebas de hipótesis marginales

Num	DF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	58	462.18	<0.0001
Línea	9	58	4.05	0.0005 **
Localidad	2	58	16.13	<0.0001 **
Linea:Localidad	18	58	2.08	0.0187 *

Discusión: de acuerdo a las reglas de decisión indicadas en la página número 29 se acepta hipótesis alterna la cual nos indica que existe diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento de las líneas y localidades evaluadas, por lo cual se presentó significancia en la variable de interacción línea*localidad, a lo que fue necesario realizar la prueba de medias ajustadas para así tener un panorama claro y preciso del comportamiento de las líneas evaluadas.

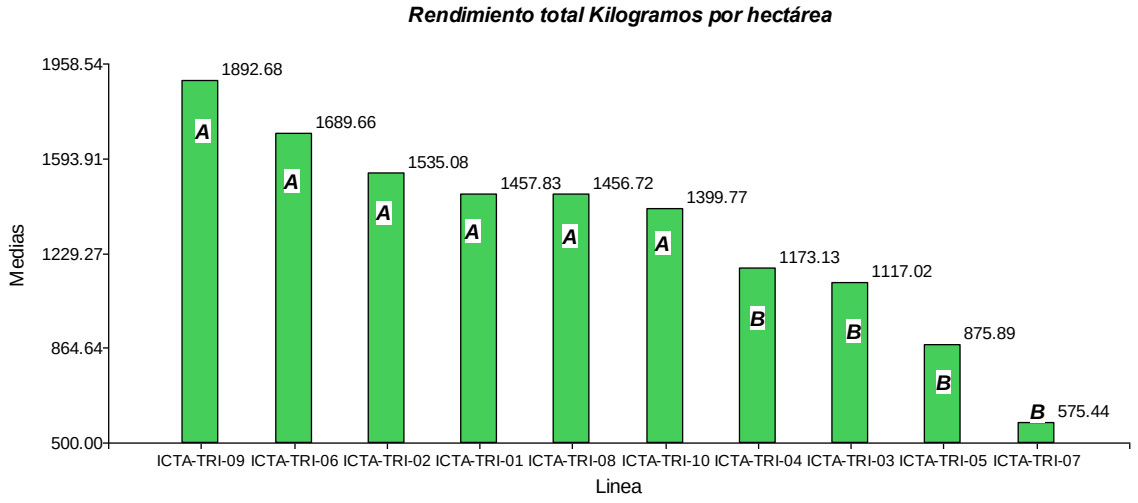
Parámetros de los efectos aleatorios

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent

Formula: ~1|Bloque

Desvíos estándares y correlaciones (const) 0.02

Figura 10 Medias ajustadas y errores estándares para Línea DGC (Alfa=0.05)

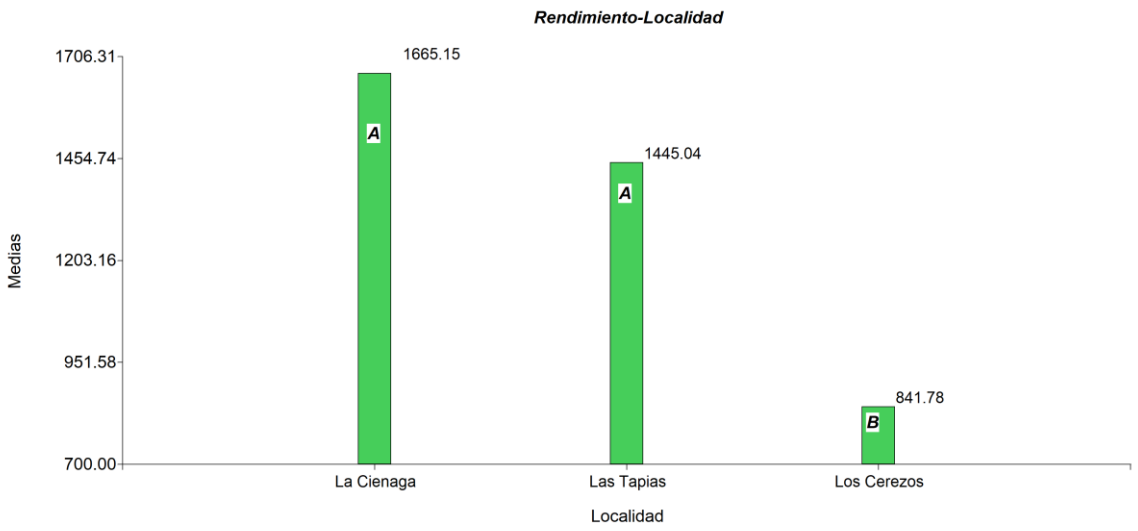


Nota: Infostat versión profesional 2024.

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

Discusión: en la gráfica anterior podemos observar dos grupos siendo estos los más rendidores presentados con la letra A con rendimientos que van de 1,399.77 a 1,892.68 kilogramos por hectárea siendo ICTA-TRI-09, ICTA-TRI-06, ICTA-TRI-02, ICTA-TRI-01, ICTA TRI-08, ICTA-TRI-10 presentando los mejores rendimientos.

Figura 11 Medias ajustadas y errores estándares para rendimiento/Localidad DGC (Alfa=0.05)



Nota: Infostat versión profesional 2024.

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

Discusión: en la gráfica anterior se determina que los materiales se comportaron de manera distinta en las tres localidades se observa que La Ciénaga es de 1,665 Las Tapias 1,445 presentando los mejores rendimientos promedio kilogramos por hectárea estadísticamente superiores a la parcela experimental de Los Cerezos, resaltando que por la época de siembra se presentaron heladas las cuales influyeron en el desarrollo del grano por lo que presentaron mejores rendimiento, siendo este el caso de la aldea Los Cerezos en donde la influencia de las heladas interrumpió el desarrollo del grano de trigo.

8.2 Análisis de Varianza para la variable resistencia a enfermedades.

8.2.1 Análisis de Severidad de Fusarium

Medidas de ajuste del modelo

Tabla 7 Medidas de ajuste del modelo severidad Fusarium

N	AIC	BIC	Log Lik	Sigma	R2_0	R2_1
90	229.51	296.53	-82.76	0.73	0.53	0.53

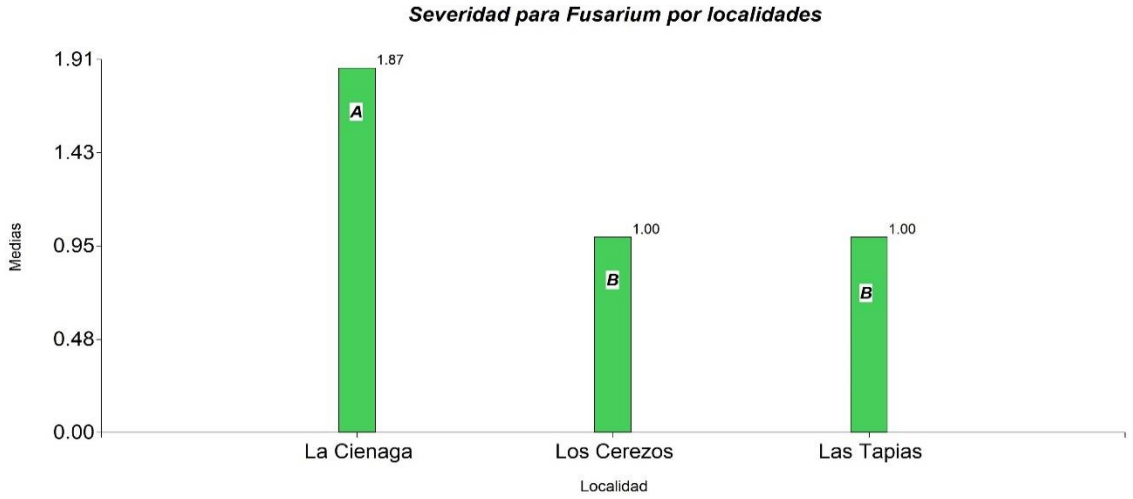
AIC y BIC menores implica mejor

Tabla 8 Pruebas de hipótesis marginales

Num	DF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	58	280.33	<0.0001
Linea	9	58	1.49	0.1731 Ns
Localidad	2	58	14.08	<0.0001 **
Linea: Localidad	18	58	1.49	0.1271 Ns

Discusión: de acuerdo a la tabla anterior se acepta la hipótesis nula para la variable de severidad de Fusarium para líneas y para la interacción localidad*línea la cual nos indica que ninguna de las líneas presentó diferencia estadística significativa en cuanto a la severidad de Fusarium de igual forma no se presentó diferencia estadística en la interacción localidad*línea lo que nos indica que las líneas evaluadas se comportaron de manera similar en las distintas localidades en cuanto a la severidad de Fusarium. En cuanto a la variable localidad se acepta la hipótesis alterna la cual indica que existe diferencia estadística significativa entre las localidades evaluadas por lo que es necesario la realización de la gráfica de medias ajustadas.

Figura 12 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Fusarium/Localidad DGC (Alfa=0.05)



Nota: Infostat versión profesional 2024.

Descripción: en la gráfica se observa que la localidad La Ciénaga presento la mayor presencia de Fusarium con una severidad media de 1.87 el cual es un indicador muy bajo respecto a la escala de severidad, se define a un material como moderadamente

susceptible en un rango de 4-7 por lo que se evidencia que por condiciones ambientales no existió presión de la enfermedad.

8.2.2 Análisis de Severidad de Roya

Medidas de ajuste del modelo

Tabla 9 Medidas de ajuste del modelo severidad Roya

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
90	218.58	285.59	-77.29	0.67	0.83	0.83

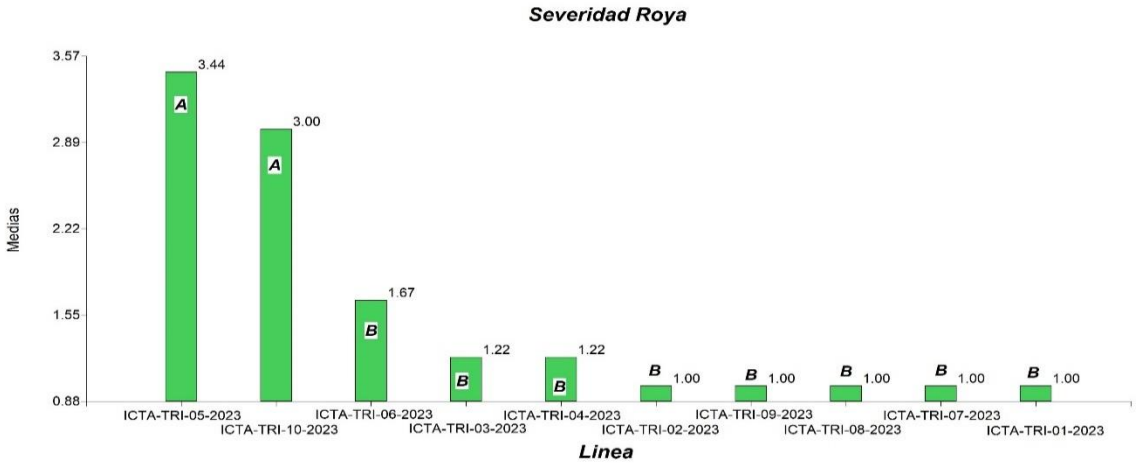
AIC y BIC menores implica mejor

Tabla 10 Pruebas de hipótesis marginales

Num	DF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	58	490.00	<0.0001
Linea	9	58	16.72	<0.0001 **
Localidad	2	58	4.90	0.0108 **
Linea: Localidad	18	58	7.79	<0.0001 **

Discusión: de acuerdo a la tabla anterior se determinó que existe diferencia estadística significativa para las variables línea, localidad e interacción línea*localidad por lo que se acepta la hipótesis alterna, siendo necesario realizar las gráficas de medias ajustadas para tener un panorama claro del comportamiento de las líneas evaluadas.

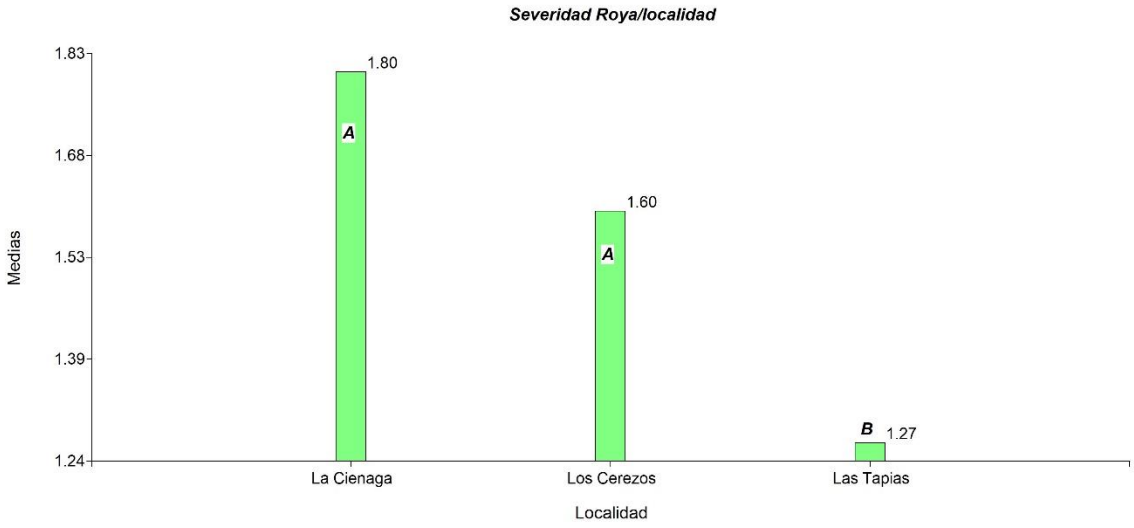
Figura 13 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Roya/Línea DGC (Alfa=0.05)



Nota: Infostat versión profesional 2024.

Descripción: en la gráfica se observa que las líneas ICTA-TRI-05 e ICTA-TRI-10 presentaron una severidad media de roya con medias de 3.44 y 3.00 respectivamente, se destaca que las líneas ICTA-TRI-01, ICTA-TRI-07, ICTA-TRI-08, ICTA-TRI-09 e ICTA-TRI-02 no presentaron roya siendo las mejores líneas en cuanto a la resistencia, las líneas ICTA-TRI-04 e ICTA-TRI-3 presentaron poca presencia de roya tomándose como resistentes. Ante lo anterior presentado en la gráfica al ser indicadores muy bajos evidencia que por condiciones ambientales la presión de la enfermedad fue muy baja lo influyo en el desempeño de las líneas.

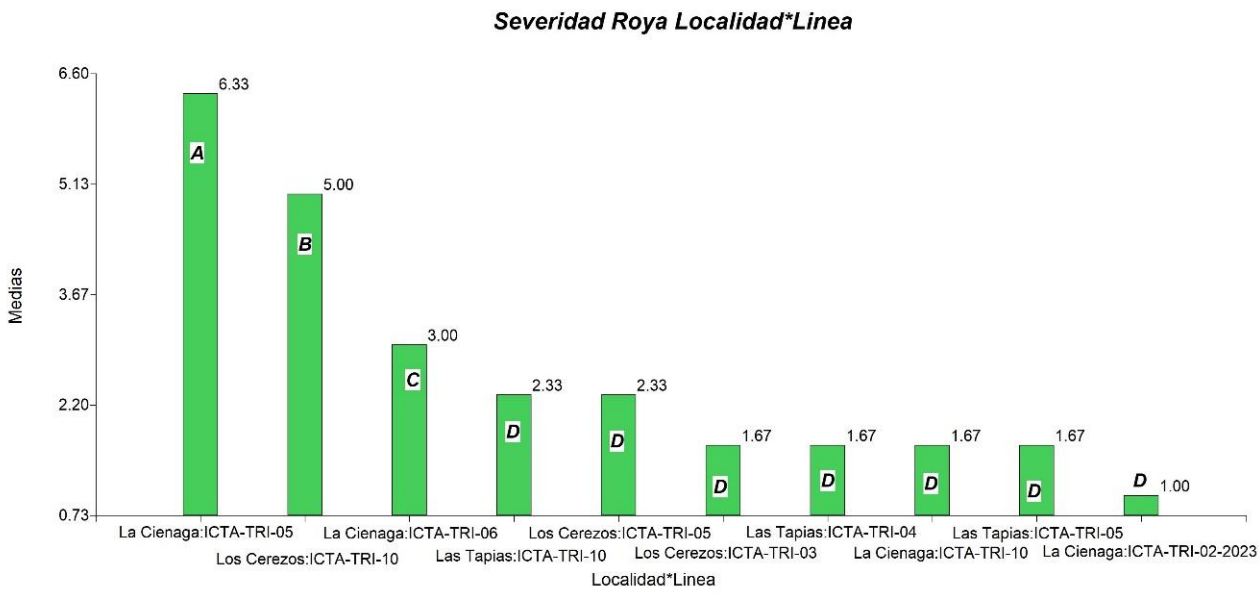
Figura 14 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Roya/Localidad DGC(Alfa=0.05)



Nota: Infostat versión profesional 2024.

Descripción: en la gráfica se observa las localidades La Ciénaga y Los Cerezos presentaron mayor presencia de roya con una severidad media de 1.80 La Ciénega y 1.60 Los Cerezos respectivamente, la localidad las tapias con la menor severidad siendo esta de 1.27, lo cual es un indicador bajo el cual evidencia que las áreas evaluadas presentaron baja presión de la enfermedad presento datos cercanos a 1 lo cual indicaría que no se presentó la enfermedad.

Figura 15 Medias ajustadas y errores estándares para Severidad Roya Línea*Localidad DGC



Nota: Infostat versión profesional 2024.

Discusión: En la gráfica anterior se observa que existió interacción localidad-línea presentándose que algunos de los materiales presentaron alta severidad de daños por roya mencionando entre ellos las líneas ICTA-TRI-05 e ICTA-TRI-10 con los mayores índices de severidad en las tres localidades, para comprender de mejor manera esta grafica observar la tabla no. 15 en la sección de anexos.

8.3 Estabilidad Ambiental

Las parcelas se implementaron en campo, se inició en las fechas 22 de julio San Lorenzo, 25 de agosto en Las Tapias Tejutla y el 5 de septiembre en Los Cerezos Tejutla del año 2023, tomando en cuenta esto la época de siembra influyo en el desarrollo de la investigación mencionándose así daños causados por las bajas temperaturas durante el mes de diciembre reportándose las primeras heladas los días 18 y 19, las líneas evaluadas no lograron alcanzar el potencial productivo.

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados

Casos leídos 10

Casos omitidos 0

8.3.1 Variables de clasificación

8.3.1.1 Línea

Tabla 11 Autovalores para líneas.

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	3.852	0.385	0.385
2	2.452	0.245	0.63
3	1.122	0.112	0.743
4	1	0.1	0.843
5	0.749	0.075	0.917
6	0.546	0.055	0.972
7	0.16	0.016	0.988
8	0.07	0.007	0.995
9	0.042	0.004	0.999
10	0.008	0.001	1

Tabla 12 Autovectores para variables dependientes

Variables	e1	e2
Peso Kg/ha	0.08	0.57
Fus	-0.29	0.22
Roy	0.35	-0.27
DF	0.48	-0.11
MF	0	0
Altura cm	0.1	-0.28
% Acame	0.47	0.06
Peso 1000 granos	-0.02	0.59
Peso Hectolítrico	0.38	0.25
Humedad	0.43	0.21

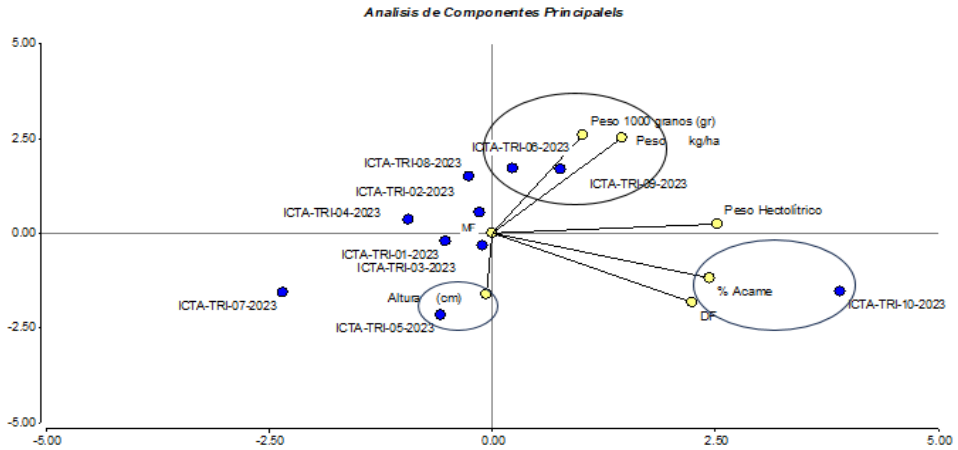
En cuanto a la variable de adaptabilidad ambiental se acepta la hipótesis alterna la cual menciona que al menos una de las líneas avanzadas de trigo presentara diferencia estadística significativa en cuanto a adaptabilidad ambiental en comparación al testigo.

Tabla 13 Regresión lineal

Línea	const	INDICE AMBIENTAL	const_p-valor	INDICE AMBIENTAL_p-valor	R^2
ICTA-TRI-01-2023	132.65	**1.06**	0.873	0.2788	0.82
ICTA-TRI-02-2023	-653.94	1.56	0.5633	0.2341	0.87
ICTA-TRI-03-2023	2011.86	-0.71	0.2851	0.5067	0.49
ICTA-TRI-04-2023	-294.99	1.17	0.2141	0.0422	1
ICTA-TRI-05-2023	681.46	0.15	0.1642	0.4573	0.57
ICTA-TRI-06-2023	-95.09	1.42	0.8781	0.1619	0.94
ICTA-TRI-07-2023	38.81	0.49	0.9634	0.5123	0.48
ICTA-TRI-08-2023	-285.33	1.39	0.4032	0.0721	0.99
ICTA-TRI-09-2024	-1140.54	2.05	0.0235	0.0099	1
ICTA-TRI-10-2023	-394.89	1.43	0.8645	0.4879	0.52

Nota: de acuerdo a la tabla de regresión líneal se determina que la línea ICTA-TRI-01 presento la mejor estabilidad ambiental en las tres localidades evaluados con un índice de estabilidad 1.06 siendo el más cercano a 1.

Figura 16 Modelo AMMI 2



Nota: Infostat versión profesional 2024.

Descripción: en la gráfica anterior se observa que las líneas estables están más cercanas a cero dentro de las que se pueden mencionar las líneas ICTA-TRI-02, ICTA-TRI-01 e ICTA-TRI-03, pero también observa que las líneas ICTA-TRI-06 e ICTA-TRI-09 presentan una estabilidad aceptable al no estar distanciada del centro de origen destacando que la línea ICTA-TRI-09 se encuentra más cercana a la variable de rendimiento siendo de los materiales más rendidores también ubicándose cerca de las variables de peso

hectolitrito que es una de las características de mayor importancia para la industrialización de este cultivo.

X. CONCLUSIONES

1. En cuanto a la variable rendimiento para las líneas evaluadas se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una línea avanzada de trigo, presentaría diferencia estadística significativa en cuanto a rendimiento (kg/ha) en comparación al testigo, las líneas ICTA-TRI-09, ICTA-TRI-06, ICTA-TRI-02, ICTA-TRI-01, ICTA-TRI-08, ICTA-TRI-10 presentaron los mejores rendimientos siendo medias de 1399.77 hasta 1892.68 kilogramos por hectárea, en cuanto al rendimiento por localidad se acepta la hipótesis alterna destacando que las localidades La Ciénaga y las Tapias presentaron los mejores rendimientos, en la interacción de línea*localidad presento diferencia estadística lo que indica que el rendimiento de las líneas depende de las condiciones ambientales a las que este expuesto.
2. En cuanto a la variable de severidad de Fusarium se acepta la hipótesis nula la cual indica que ninguna de las líneas avanzadas de trigo presentaría diferencia estadística significativa en cuanto resistencia a enfermedades en comparación al testigo, en cuanto a la severidad de fusarium por localidad si existió diferencia estadística significativa siendo Aldea La Ciénaga la que presento una media de 1.87 la cual fue la más alta, en cuanto a la interacción línea*localidad no se presentó diferencia estadística lo cual nos indica que en las áreas evaluadas la presencia de Fusarium fue escasa pudiéndose deducir que fue nula.
3. En cuanto a la variable de incidencia de roya se acepta la hipótesis alterna la cual indica que al menos una de las líneas avanzadas de trigo presentaría diferencia estadística significativa en cuanto a resistencia a enfermedades en comparación al testigo Icta Don Vale y Chivito, las líneas ICTA-TRI-05 e ICTA-TRI-10 presentaron una severidad media de roya con medias de 3.44 y 3.00 respectivamente, se destaca que las líneas ICTA-TRI-01, ICTA-TRI-07, ICTA-TRI-08, ICTA-TRI-09 e ICTA-TRI-02 no tuvieron presencia de roya siendo las mejores líneas en cuanto a la

resistencia, las líneas ICTA-TRI-04 e ICTA-TRI-3 presentaron poca presencia. En cuanto a la severidad de roya por localidad se acepta la hipótesis alterna lo cual indica que esta enfermedad tuvo mayor presencia en alguna de las localidades, evaluando la interacción de línea*localidad se presentó diferencia estadística signicativa evidenciando que las líneas ICTA-TRI-05 e ICTA-TRI-10 tienen los mayores índices de severidad en las tres localidades

4. En cuanto a la variable de estabilidad ambiental se determinó que existen materiales que se adaptaron adecuadamente a las condiciones sometidas, determinando que línea ICTA-TRI-01 fue la que presento mayor estabilidad de rendimiento, por presentar un índice ambiental de 1.06 en la regresión lineal.
5. Debido a las condiciones ambientales se presentaron heladas las cuales repercutieron en el desarrollo final del ensayo mencionándose así que parte de la plantación sufrió daño lo cual mermo el rendimiento de los mismos, en algunos materiales gracias al desarrollo precoz lograron completar el desarrollo fisiológico y la madurez de grano, influyendo así en el rendimiento de los materiales por lo que la época de siembra jugo un papel importante dentro de la evaluación.

XI. RECOMENDACIONES

1. Para las condiciones del altiplano marquense se debe de validar las líneas ICTA-TRI-01 por la estabilidad ambiental presentada, las líneas ICTA-TRI-09, ICTA-TRI-06 por presentar los mejores rendimientos y resistencia a las enfermedades fúngicas (Fusarium y Roya).
2. Para futuras investigaciones enfocadas al cultivo de trigo se debe de considerar la época de siembra adecuada, siendo la época idónea en el mes de (Julio/diciembre), para que el cultivo pueda tener un desarrollo adecuado y los resultados no se vean afectados por las condiciones climáticas.
3. Es importante tomar en consideración que las áreas en las que se debe de establecer investigaciones en donde se busque determinar la resistencia de los materiales vegetales debe de existir la presencia de los patógenos en estudio, esto con el fin de obtener datos reales de resistencia ya que podemos considerar en algunos casos como resistencia a un caso de escape a causa de la falta de la presencia de la enfermedad o por las condiciones del tiempo que no fueron adecuadas para el desarrollo de los patógenos.

XII. BIBLIOGRAFÍA

Auxiliatura. (2015). *Diagnostico de la comunidad.* Guatemala: 5 jul-pag123.

Carranza-González, S., Carballo-Carballo, A., Villaseñor-Mir, H. E., Hernández-Livera, A., & Elena-Ramírez, M. (2016, 13 Agosto). Calidad física de semilla en 24 variedades mejoradas de trigo liberadas en México . *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* , 7. Retrieved Enero 2023, https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v13n5/2007-0934-remexca-13-05-827.pdf

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (2009). Enfermedades causadas por hongos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.https://www.cimmyt.org/ spanish/docs/field_guides/enfplagastrigo/Hongos.pdf.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1986). Rust scoring guide. Research institute for plant protection.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1987). Enfermedades del trigo causadas por Septoria: conceptos y metodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. de https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/ 1126/20149.pdf?sequence=1

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (2022). Investigación del trigo. http:// www.cimmyt.org/es/nuestro-trabajo/trigo/

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/

FAOSTAT (Base de datos estadísticos corporativos de la FAO). (2023). Área, rendimiento, Producción del cultivo de trigo en Guatemala. Disponible en: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Figueroa, J. E. (2013). *Estabilidad fenotipica de 10 genotipicos de trigo (Triticum aestivum L.) en los departamentos de Nariño, Boyaca y Cundinamarca.* Universidad de Nariño

Facultad de Ciencias Agrícolas. Colombia : Facultad de Ciencias Agrícolas Centro de Investigaciónen Ciencias Agrárias San Juan de Pasto https://sired.udenar.edu.co/2272/1/90034.pdf

Flores, J. M., & Robles, E. (2014). *Rendimiento y calidad del trigo harinero (Triticum aestivum) y trigo duro (Triticum turgidum Var. Durum) Canaán 2750 msnm - Ayacucho.* Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2060/1/TESIS%20AG1090_Flo.pdf

-Gonzalez, L. (2014). *Diseños Experimentales.* Guatemala: 8-pag-38.

Hoffman. (2010). *Clasificacion taxonomica.* Mexico: vol.4.

Moya, E. S., Espino, J. H., Pérez, P., Mir, H. E., Ramírez, A. R., & González, M. d. (2016). Alondra F2014, nueva variedad de trigo harinero para el Bajío, México. *Scielo*, 48. Retrieved Septiembre 05, 2023, from www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n5/2007-0934-remexca-7-05-1225-en.pdf

Perelló, A.E. (2014). Enfermedades nuevas y emergentes. Patologías asociadas al complejo Alternaria. En Cordo C. & Sisterna, M. (Eds.), Enfermedades del trigo (187-199). La Plata: Edulp.

Polanco M., J. C. 2008. Patogenicidad de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos sobre el complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) de Los Altos de Chiapas, México. Tesis. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. En línea:http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/9RVHHDXJ4 SJL7JBCVPV29JA B3GKRLB.pdf.

Sabary eat al. (2019). *Enfermedades en cultivo de trigo.* Guatemala: 27 julio -pag72.

SESAN (Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional). (2018). Diagnostico del departamento de San Marcos indice de desnutricion.

XIII. ANEXOS

Anexo 1 Tablas de referencia

Tabla 14 Cronograma de actividades

No.	Actividad	Agosto	Septiembre	Octubre 2023	Noviembre	Diciembre	Enero 2024	Febrero
1	Elaboración y presentación de protocolo							
2	Identificación de Agricultores							
3	Preparación del terreno							
4	Establecimiento de ensayos							
5	Control de malezas							
4	Fertilización							
5	Toma de datos							
6	Control fitosanitario							
7	Toma de datos							
9	Cosecha							
10	Análisis de la información							
11	Elaboración de informe final							

Tabla 15 Presupuesto de las tres parcelas de trigo.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo por ensayo	Total
Laboreo manual de suelo	Cuerda 421 m2	3	Q200.00	Q200.00	Q600.00
Thiamethoxam + Fludioxonil + Metalaxyl-M + Thiabendazole (Cruiser advanced®)	100 ml	3	Q200.00	Q200.00	Q600.00
Fertilizante 15-15-15	Libras	150	Q4.30.00	Q215.00	Q645.00
Herbicida	Litro	3	Q80.00	Q80.00	Q240.00
Insecticida tiametoxam	100 ml	3	Q125.00	Q125.00	Q375.00
Pita	Unidad	3	Q100.00	Q100.00	Q200.00
Jornales durante el ciclo	Horas	42	Q80.00	Q3,360	Q6,720.00
Bolsas de plástico	Unidad	30	Q1.00	Q30.00	Q60.00
Rótulos de Plástico	Unidad	90	Q5.00	Q150.00	Q450.00
Semillas de trigo	Libras	30	Q20.00	Q200.00	Q600.00

Transporte	Kilómetros	80	Q30.00	Q2,400.00	Q7,200.00
Almuerzos	Unidad	42	Q30.00	Q1,260	Q1,260.00
Documentos impresos	Unidad	3	Q75.00	Q75.00	Q225.00
Marcadores	Unidad	1	Q8.00	Q8.00	Q16.00
Lapiceros	Unidad	3	Q2.00	Q2.00	Q4.00
Libreta de campo	Unidad	1	Q12.00	Q12.00	Q24.00
Costo Total de la investigación				Q8,429.00	Q.22,399.00

Tabla 16 medias ajustadas severidad Roya para interacción localidad*línea

Localidad	Línea	Medias	E.E.				
La Ciénaga	ICTA-TRI-05-2023	6.33	0.38	A			
Los Cerezos	ICTA-TRI-10-2023	5.00	0.38		B		
La Ciénaga	ICTA-TRI-06-2023	3.00	0.38			C	
Las Tapias	ICTA-TRI-10-2023	2.33	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-05-2023	2.33	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-03-2023	1.67	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-04-2023	1.67	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-10-2023	1.67	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-05-2023	1.67	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-02-2023	1.00	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-03-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-06-2023	1.00	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-04-2023	1.00	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-09-2023	1.00	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-01-2023	1.00	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-08-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-03-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-08-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-08-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-09-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-04-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-06-2023	1.00	0.38				D
La Ciénaga	ICTA-TRI-07-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-09-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-07-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-07-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-02-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-02-2023	1.00	0.38				D
Los Cerezos	ICTA-TRI-01-2023	1.00	0.38				D
Las Tapias	ICTA-TRI-01-2023	1.00	0.38				D

Nota: Infostat versión profesional 2024.

Tabla 17 Resultados obtenidos en campo.

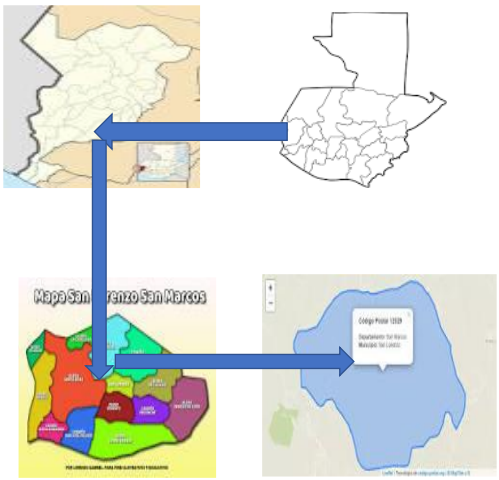
Linea	Resumen	Peso Kg/ha	Fus	Roy	DF	MF	Altura cm	% Acame	Peso 1000 granos	Peso Hectolítrico	Humedad
ICTA-TRI-01-2023	Media	1457.83	1.22	1.00	79.67	173.33	95.56	0.00	37.44	59.12	7.81
ICTA-TRI-02-2023	Media	1535.08	1.00	1.00	75.33	173.33	92.00	0.56	37.98	62.57	7.70
ICTA-TRI-03-2023	Media	1117.02	1.00	1.22	78.00	173.33	94.67	0.00	38.12	57.43	7.90
ICTA-TRI-04-2023	Media	1173.13	1.67	1.22	73.78	173.33	91.11	0.00	38.72	57.10	7.67
ICTA-TRI-05-2023	Media	875.89	1.22	3.44	79.67	173.33	98.44	0.00	31.53	64.32	7.24
ICTA-TRI-06-2023	Media	1689.66	1.44	1.67	73.89	173.33	83.67	0.00	38.24	65.46	7.83
ICTA-TRI-07-2023	Media	575.44	1.22	1.00	72.78	173.33	95.11	0.00	34.08	57.38	7.72
ICTA-TRI-08-2023	Media	1456.72	1.89	1.00	71.11	173.33	92.00	0.00	42.57	63.38	7.37
ICTA-TRI-09-2023	Media	1892.68	1.22	1.00	73.89	173.33	98.33	0.00	44.04	66.20	8.29
ICTA-TRI-10-2023	Media	1399.77	1.00	3.00	93.44	173.33	94.05	7.22	38.62	70.84	9.20

Nota: estos datos se emplearon para el análisis de estabilidad ambiental por medio del Modelo AMMI 2 en el software Infostat.

Anexo 2 Ubicación del experimento

Figura 17 Localización de la parcela 1

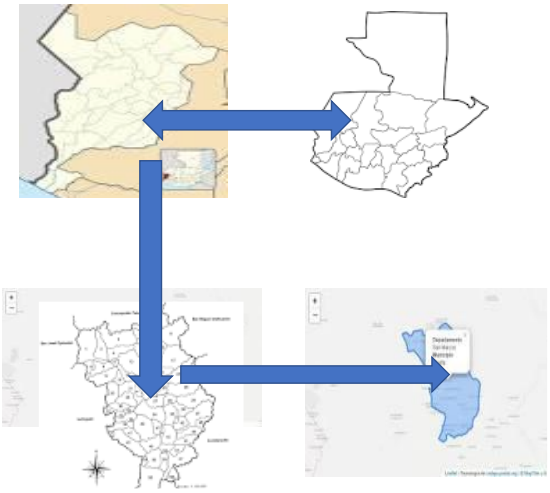
LOCALIZACION DE LA PARCELA EXPERIMENTAL
ALDEA LA CIENAGA DEL MUNICIPIO DE
SAN LORENZO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS



Nota: https//ww.google.com/com/url?sa=i&url=https%2F%2F%2Fmiblogchapin.wordpress.com

Figura 18 Localización de la parcela 2

LOCALIZACION DE LA PARCELA EXPERIMENTAL
ALDEA LOS CEREZOS DEL MUNICIPIO DE
TEJUTA DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS



Nota: https//ww.google.com/com/url?sa=i&url=https%2F%2F%2Fmiblogchapin.wordpress.c

Figura 19 Localización de la parcela 3

Nota: https//ww.google.com/com/url?sa=i&url=https%2F%2F%2Fmiblogchapin.wordpress.com

Anexo 3 Tablas de registro

Tabla 6 Registro de actividades

AREA DEL EXPERIMENTO: _____m²

Fecha	actividades realizadas	insumos	mano de obra	jornales

Nota. Pedro Ramírez, Tesista, 2024 de IAOAS, USAC-CUSAM, 2025.

Tabla 7 Libreta de Campo.

Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-

Centro Universitario de San Marcos –CUSAM-

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-

Programa de validación y transferencia de tecnología -pvtt-cepalo-

Libreta de campo

Actividad:

_____

_____

_____

_____

Departamento: San Marcos

Técnico responsable: Ing. Agr. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro.

Teléfono: 55520459

Asesor: Ing. Agr. Dany Francisco Fuentes de León

Teléfono: 33764132

Tesista: Pedro Gudilberto Ramírez Méndez.

Teléfono: 41102780

a. Información general
   Actividad:

_____

_____

Agricultor colaborador:

_____

Ubicación: _____

Coordenadas: n____ _____ _____ w____ ____ _____Altitud: _____

Fecha de siembra: _____Fecha de cosecha: _____

Pendiente: _____ Tipo de suelo: _____

Riego: si ____ no _____ Abono orgánico: si _____

No _____ Cantidad _____

b. Croquis de campo

Diseño: _____Distancia/surcos: _____

Distancia/postura _____ # De surcos por tratamiento _____

Observaciones:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Nota. Pedro Ramírez, Tesista, 2024 de IAOAS, USAC-CUSAM, 2025.

Tabla 8 Registro de Insumos que se estarán utilizando en los ensayos de trigo.

No.	Insumo	Cantidad utilizada	Costo unitario	Costo q /parcela

Nota. Pedro Ramírez, Tesista, 2024 de IAOAS, USAC-CUSAM, 2025

Tabla 9 Libro de campo.

Libro de Campo

Localidad: _____ Fecha Siembra: _____

Responsable: _____ Fecha de Cosecha: _____

	Rep.	C0d. EF	DF	Fus	Roy	MF	Otras	Altura	%Acama	Peso 1000 gr	Peso Hectolitrico	Humedad	Peso	Observaciones
1	1	ICTA-TRI-08-2023												
2	1	ICTA-TRI-02-2023												
3	1	ICTA-TRI-09-2023												
4	1	ICTA-TRI-10-2023												
5	1	ICTA-TRI-01-2023												
6	1	ICTA-TRI-03-2023												
7	1	ICTA-TRI-04-2023												
8	1	ICTA-TRI-05-2023												
9	1	ICTA-TRI-06-2023												
19	1	ICTA-TRI-07-2023												
11	2	ICTA-TRI-07-2023												
12	2	ICTA-TRI-06-2023												
13	2	ICTA-TRI-03-2023												
14	2	ICTA-TRI-02-2023												
15	2	ICTA-TRI-04-2023												
16	2	ICTA-TRI-10-2023												
17	2	ICTA-TRI-05-2023												
18	2	ICTA-TRI-08-2023												
19	2	ICTA-TRI-01-2023												
20	2	ICTA-TRI-09-2023												
21	3	ICTA-TRI-09-2023												
22	3	ICTA-TRI-07-2023												
23	3	ICTA-TRI-06-2023												
24	3	ICTA-TRI-08-2023												
25	3	ICTA-TRI-04-2023												
26	3	ICTA-TRI-05-2023												
27	3	ICTA-TRI-01-2023												
28	3	ICTA-TRI-10-2023												
29	3	ICTA-TRI-02-2023												
30	3	ICTA-TRI-03-2023												

Nota. Pedro Ramírez, Tesista, 2024 de IAOAS, USAC-CUSAM, 2025

Nota. Pedro Ramírez, Tesista, 2024 de IAOAS, USAC-CUSAM, 2025.

Anexo 4 Fase de campo de la evaluación

Figura 20 Preparación de surcos para la siembra de la parcela.

Figura 21 Siembra de las líneas a evaluar de acuerdo a la aleatorización.

Figura 22 Fertilización química de la parcela.

Figura 23 Monitoreo y medición de altura de la planta.

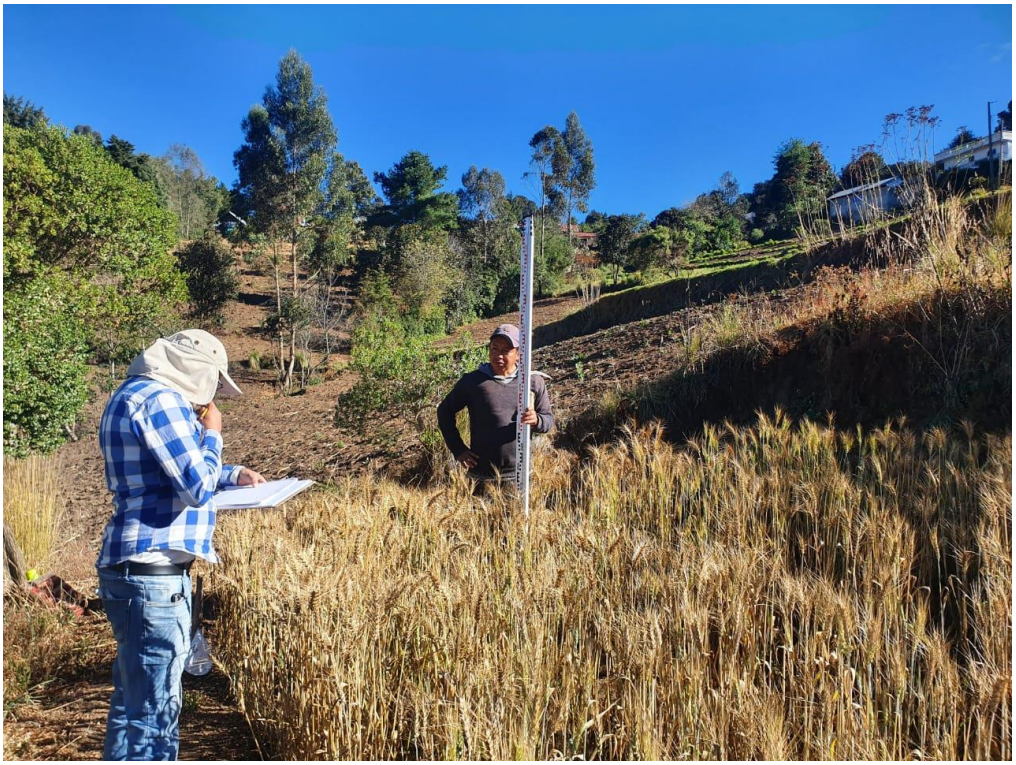


Figura 24 Medición de severidad de enfermedades.

Figura 25 Proceso de cosecha del cultivo de trigo.

Figura 26 Proceso de trillado de las parcelas experimentales.

Anexo 5 Medición de datos de rendimiento.

Figura 27 Calibración de medidora para peso hectolitrico.

Figura 28 Medición peso hectolítrico.

Figura 29 Medición peso de mil granos.

Figura 30 Registro de datos de rendimiento.