UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

INGENIERO AGRONOMO CON ORIENTACION EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.

"Efecto de dos abonos orgánicos y tres dosis de fertilizante químico sobre el rendimiento y calidad de trigo (*Triticum aestivum L.*) en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala."

POR:

Yakelyn Amarilis Reyes Gómez

Previo a optar el título profesional que la acredita como:

Ingeniera Agrónoma con Orientación en Agricultura Sostenible en el grado de Licenciada en Ciencias Agrícolas

Asesora principal:

Ing. Agra. Jessica Raquel Moscoso Alfaro

Asesor adjunto:

Ing. Agr. Cristóbal Rene Navarro Velásquez

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"
San Marcos, Octubre del 2,025

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 DEL CONSEJO DIRECTIVO**
Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado	**REPRESENTANTE DEDOCENTES**
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 COORDINACION ACADEMICA

Ing. Agr. Rodolfo R. Carredano Romero	**COORDINADOR ACADÉMICO**
Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	**COORDINADOR CARRERAS TÉCNICO EN 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**
Lcda. Virginia de Jesús Cifuentes Rodríguez	**COORDINADORA 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 Mínchez	**COORDINADOR CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO**

Lic. Selvyn Aramis Sánchez Velásquez	**COORDINADOR PEDAGOGÍA EXTENSIÓN DE SAN MARCOS**
Lic. Byron Geovany Pérez Ramos	**COORDINADOR EXTENSIÓN DE MALACATÁN**
Licda. Karina Nineth Reyes Maldonado	**COORDINADORA EXTENSIÓN DE TEJUTLA**
Lic. Julio Augusto González Roblero	**COORDINADOR EXTENSIÓN DE TACANÁ**
Licda. Olga Amparo Urrutia Bartolón	**COORDINADORA DE ÁREA DE EXTENSIÓN**
Ing. Mario Rolando Luis López	**COORDINADOR CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**
Licda. Silvia Yanet Reyes Najarro	**COORDINADORA CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORÍA**
Lic. Clemente Raúl Matías Gabriel	**COORDINADOR CARRERA PROFESORADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA BILINGÜE INTERCULTURAL**
Lic. Sergio Enrique Cal Quiñonez	**COORDINADOR CARRERAS SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLÍTICAS Y RELACIONES INTERNACIONALES**

UNIVERSIDAD DE SAN ARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

TRIBUNAL EXAMINADOR

PhD. Edgar Ronaldo de León Cáceres	**DIRECTOR**
Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	**COORDINADOR CARRERAS TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**
Ing. Agra. Jessica Raquel Moscoso Alfaro	**ASESORA PRINCIPAL**
Ing. Agr. Cristóbal Rene Navarro Velásquez	**ASESOR ADJUNTO**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEBROS DE COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACION

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	**COORDINADOR**
Ing. Agr. Fredy Roberto Monzón	**SECRETARIO**
Licda. María de Lourdes Carrera Munguía	**VOCAL**

San Marcos, 15 de agosto del 2,025

Señores

Comisión de trabajo de graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible
Centro Universitario de San Marcos

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarle que he asesorado y revisado las correcciones del informe final de graduación titulado: Efecto de dos abonos orgánicos y tres dosis de fertilizante químico sobre el rendimiento y calidad de trigo (***Triticum aestivum L.***) en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala, la estudiante Yakelyn Amarilis Reyes Gómez, quién se identifica con el carnet: 200942597

El cual cumple con los requisitos metodológicos y académicos en base al normativo de trabajo de graduación de la carrera, por lo que emito OPINION FAVORABLE para ser APROBADA como trabajo de graduación previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

Deferentemente:

Inga. Agr. Jessica Moscoso Alfaro
Asesora Principal

Ing. Agr. Cristóbal Rene Navarro
Asesor Adjunto

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

Transc COACUSAM-562-2025
14 de noviembre 2025

ESTUDIANTE: YAKELYN AMARILIS REYES GÓMEZ
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.8) del Acta No. 021-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 05 de noviembre de 2025, que dice:

"QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.8) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-76-2025, de fecha 15 octubre de 2025, suscrita por el Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud de la estudiante: YAKELYN AMARILIS REYES GÓMEZ, Carné No. 200942597, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN** DE LA TESIS EFECTO DE DOS ABONOS ORGÁNICOS Y TRES DOSIS DE FERTILIZANTE QUÍMICO SOBRE EL RENDIMINETO Y CALIDAD DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM L.) EN DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA, previo a conferirsele 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** DE LA TESIS EFECTO DE DOS ABONOS ORGÁNICOS Y TRES DOSIS DE FERTILIZANTE QUÍMICO SOBRE EL RENDIMINETO Y CALIDAD DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM L.) EN DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA, la estudiante: YAKELYN AMARILIS REYES GÓMEZ, Carné No. 200942597, previo a conferirsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE."

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Rodolfo R. Cardona Romero
Coordinador Académico

c.c. Archivo
RRCR/ala

DEDICATORIA

A DIOS Fuente de vida, guía y fortaleza, por darme la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa de mi formación académica. Gracias por enseñarme a creer en mí misma y a confiar en que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A MIS HIJOS Ángel Alejandro Rodas Reyes y Dulce Alejandra Rodas Reyes quienes son la razón más grande de mi esfuerzo y mi motivación para seguir adelante. Cada paso en este camino lo he dado pensando en ustedes, en construir un mejor futuro y en ser un ejemplo de perseverancia.

A MIS PADRES Luis Alberto Reyes Castro y Horcilia Amarilis Reyes Gómez Por ser mi ejemplo de amor, sacrificio y constancia. Gracias por cada enseñanza, por su apoyo incondicional y por motivarme a seguir adelante incluso en los momentos de dificultad. Su fe en mí ha sido el pilar que me sostuvo en cada paso de este camino.

A MIS HERMANOS Otto David Santiago Gómez y Samuel Fernando Santiago Gómez por su compañía, comprensión y motivación constante. Cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo han hecho que este logro tenga un valor aún más profundo.

A MIS CATEDRATICOS Quienes compartieron su conocimiento y experiencia, motivándome a crecer no solo académicamente, sino también como persona. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo, la disciplina y la pasión por aprender.

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Alma Mater formadora de profesionales
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS	Agradecimiento por ser el forjado de crecimiento profesional.
CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO	Por la formación académica, moral y social que me brindaron durante el proceso de mi formación.
A MIS ASESORES	Inga. Agr. Jessica Raquel Moscoso Alfaro e Ing. Agr. Cristóbal Rene Navarro Velásquez.
A ICTA, LABOR OVALLE	Por abrirme las puertas, permitir el desarrollo del tema de investigación y construir conocimiento en pro de la agricultura guatemalteca.

Índice

1 Título:..... 1
2 Introducción 2
3 Definición del problema 4
4 Justificación 5
5 Marco teórico conceptual..... 7
5.1. Características generales del cultivo..... 7
5.1.1 Importancia económica..... 7
5.1.2 Importancia alimenticia 7
5.1.3 Inflorescencia..... 8
5.1.4 Frutos o granos 8
5.1.5 Ecología del cultivo 9
5.1.6 Preparación de suelo 10
5.1.7 Siembra..... 10
5.1.8 Preparación de suelo 11
5.1.9 Siembra..... 11
5.1.10 Carencia de nitrógeno, fósforo y potasio..... 13
5.1.11 Carencia de elementos secundarios 14
5.1.12 Toxicidad del aluminio..... 15
5.1.13 Escasez de agua 15
5.1.14 Calor excesivo 15
5.1.15. Cosecha..... 17
5.1.16. Cosecha manual..... 17
5.1.17. Postcosecha..... 17
5.1.18. Secado de grano..... 18
5.1.19. Limpieza y clasificación..... 18
5.1.20. Ensacado de la semilla..... 18
5.1.21. Variedad de semilla de trigo ICTA Don Vale 18
5.1.22. Requerimiento de absorción de nutrientes del trigo 19
5.2. Descubrimiento de los fertilizantes químicos: 20
5.2.1. Propiedades del fertilizante químico 20-20-0..... 21
5.2.2. Propiedades del fertilizante químico 15-15-15..... 21

5.2.3. Propiedades del fertilizante químico (21-17-3 + 4S) 22
5.3. Propiedades y formas de absorción, ... 23
5.4. Materia orgánica de origen animal: 23
5.4.1. Bovinaza 24
5.5. Aporte de nutrientes 25
5.5.1. Ovinaza 25
5.6. Efecto de los abonos orgánicos y fertilizantes químicos 26
5.7. Rendimiento y componentes asociados 27
6. Marco referencial 29
6.1. Descripción de la localidad l No. 1 29
6.1.1. Ubicación Geográfica 29
6.1.2. Vías de comunicación 29
6.1.3. Clima 29
6.1.3.6. Zona de vida. 30
6.1.4. Ubicación Geográfica 31
6.1.5. Vías de comunicación: 31
6.1.6. Clima 31
6.1.6.6. Zona de vida 33
6.1.6.7. Suelos 33
7. Objetivos 34
7.1. General 34
7.2. Específicos 34
8. Hipótesis 35
9 Materiales y métodos 36
9.1. Material experimental 36
9.1.1 Fertilizantes químicos 36
9.1.2. Fertilizante 21-17-3 + 1% MgO + 5% S + 0.1% Zn. 36
9.1.3. Abono orgánico 36
9.1.4. Materiales de campo 36
9.2 Método 37
9.3 Diseño Experimental 38
9.4 Modelo estadístico 39
9.4.1 Bloques completos al azar 39
9.5 Distribución en campo de los tratamientos 41

9.5.1 Dimensiones de las unidades experimentales y parcelas netas. 42
9.6 Variables de respuestas 42
9.6.1 Rendimiento en Kg/Ha. 42
9.6.2 Peso de mil granos de trigo 43
9.6.3 Humedad 43
9.6.4 Altura de planta 44
9.6.5 Peso hectolitrito 44
9.7 Manejo específico del experimento 45
9.7.1 Fase de campo 45
9.8 Post cosecha 48
9.8.1 Trilla 48
9.8.2 Limpieza de grano y secado 48
9.9 Tabulación de datos 48
9.9.1. Análisis económico 48
9.9.2. Clasificación de variables 52
10. Discusión de resultados 53
10.1. Resultados obtenidos en estación experimental ICTA, Labor Ovalle. 53
10.1.1. Variable rendimiento 54
10.1.2. Variable de peso de 1,000 granos/gr 62
10.1.3. Variable altura 65
10.1.4. Variable peso hectolitrico 68
10.1.5. Variable humedad 71
10.2. Resultados del área de investigación ubicada en el sector los Cifuentes de la Aldea Santa Rosa del municipio de San Lorenzo, del departamento de San Marcos. 76
10.2.1. Variable rendimiento 76
10.2.2. Variable peso hectolitrito 82
10.2.3. Variable humedad 84
10.2.4. Variable Peso de 1,000 granos/gr 88
10.2.5. Box Plot de peso de 1000 granos 90
10.2.6. Variable altura 91
10.3. Análisis de presupuestos parciales 94
10.3.1. Antecedentes 94
10.3.2. Aplicación del enfoque de presupuestos parciales 97
11. Conclusiones 108

12. Recomendaciones 112
13. Bibliografía 113
14. Anexos 118

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de diseño experimental 39
Tabla 2 Distribución de tratamientos 40
Tabla 3 Croquis de distribución de tratamientos en las dos áreas de investigación 41
Tabla 4 Dimensiones de unidades experimentales y parcelas netas 42
Tabla 5 Características de variables de rendimiento 45
Tabla 6 Variables dependientes e independientes 52
Tabla 7 Prueba de normalidad de datos de rendimiento en Tn/Ha. de Quetzaltenango 53
Tabla 8 Análisis de varianza de peso de rendimiento 54
Tabla 9 Prueba múltiple de medias para la variable de rendimiento 55
Tabla 10 Interpretación grafica de Box Plot de rendimiento Tn/Ha. de Quetzaltenango 59
Tabla 11 Análisis de varianza de la variable peso de 1,000 granos/gr 62
Tabla 12 Prueba de múltiple de medias peso de 1,000 granos/gr 63
Tabla 13 Análisis de varianza para la variable altura cms 65
Tabla 14 Prueba de múltiple de medias para variable de altura 66
Tabla 15 Análisis de varianza para variable de peso hectolitrico 68
Tabla 16 Prueba múltiple de medias según tratamientos de la variable peso hectolitrico 68
Tabla 17 Análisis de varianza de variable de humedad 71
Tabla 18 Prueba múltiple de medias para variable de humedad 72
Tabla 19 Prueba de normalidad de datos de rendimiento en Tn/Ha. de San Marcos 76
Tabla 20 Análisis de varianza de medias de la variable rendimiento 76
Tabla 21 Análisis de varianza para la variable de rendimiento 77
Tabla 22 Resumen descriptivo del rendimiento por tratamiento según análisis de box plot 81
Tabla 23 Análisis de varianza de peso hectolitrico 82
Tabla 24 Prueba múltiple de medias de la variable peso hectolitrico 83
Tabla 25 Análisis de varianza para la variable humedad 84
Tabla 26 Prueba múltiple de medias para la variable humedad 85
Tabla 27 Análisis de varianza para la variable pedo de 1,000 granos 88
Tabla 28 Análisis de varianza para la variable altura 91
Tabla 29 Prueba múltiple de medias de la variable altura 92
Tabla 30 Comparación múltiple de medias de rendimiento de tratamientos para mejor efecto con los dos abonos orgánicos y tres dosis de fertilizante químico en elrendimiento y calidad de trigo (Triticum aestivum L.) 96
Tabla 31 Costos que varían 97
Tabla 32 Rendimiento ajustado a la tasa del 15% 100
Tabla 33 Calculo de beneficio bruto 101
Tabla 34 Calculo del beneficio neto 102
Tabla 35 Análisis de dominancia 103
Tabla 36 Calculo de Tasa de Retorno Marginal 106
Tabla 37 Análisis de residuos 107

Índice de figuras

Figura 1 Comparación de rendimiento en Tonelada/Hectárea según tratamiento 56
Figura 2 Box Plot de rendimiento en Toneladas por Hectárea 58
Figura 3 Análisis de correspondencia de variable rendimiento en Tonelada/Hectárea 61
Figura 4 Comparación de variable peso de 1,000 granos 64
Figura 5 Comparación de la distribución de tratamientos 67
Figura 6 Comparación de medias según variables de peso hectolitrico 69
Figura 7 Comparación de variable humedad según tratamiento 74
Figura 8 Distribución de tratamientos para la variable rendimiento Tn/Ha. 79
Figura 9 Box Plot de rendimiento Tn/Ha de San Marcos 80
Figura 10 Distribución de tratamientos según variable de humedad 86
Figura 11 Comparación de variable peso de 1,000 granos según tratamiento 88
Figura 12 Box Plot de 1,000 granos, San Marcos 90
Figura 13 Comparación de variable altura según tratamiento 93

Índice de anexos

Anexo 1 Porcentaje de perdida por malezas 118
Anexo 2 Requerimientos nutricionales del trigo 118
Anexo 3 Características generales de los componentes del estiércol de bovinaza 119
Anexo 4 Nitrógeno liberado por los aportes del estiércol ovino 119
Anexo 5 Mapa referencial del área experimental No.1 120
Anexo 6 Mapa referencial del área experimental No.2 121
Anexo 7 Análisis de suelo del área de investigación No. 1 ubicación en Quetzaltenango 122
Anexo 8 Análisis de suelo del área de investigación No. 2 en San Marcos 123
Anexo 9 Análisis del abono de bovinaza 124
Anexo 10 Análisis del abono de ovinaza 125
Anexo 11 Análisis de suelo después de la cosecha en Sector los Cifuentes, Aldea Santa, Rosa, San Lorenzo, San Marcos 126
Anexo 12 Análisis de suelo después de la cosecha en ICTA Labor Ovalle, Olintepeque, Quetzaltenango 127
Anexo 13 Medición del terreno 128
Anexo 14 Trazo y barbecho del área de la investigación 128
Anexo 15 Control de malezas 129
Anexo 16 Siembra en áreas de investigación 129
Anexo 17 Variedad ICTA don Vale implementada en la investigación 130
Anexo 18 Toma de datos de la variable altura 130
Anexo 19 Toma de datos de la variable humedad 131
Anexo 20 Toma de datos de la variable peso hectolitrico 131
Anexo 21 Toma de datos de la variable peso de 1,000 granos 132
Anexo 22 Cosecha y trillado 132
Anexo 23 Diseño de boleta de toma de datos 133
Anexo 24 Datos recolectados en la investigación del sector los Cifuentes, de aldea Santa Rosa, San Lorenzo, San Marcos 134
Anexo 25 Datos recolectados en el área de investigación del ICTA, Olintepeque, Quetzaltenango 140

Acrónimos

Glosario

AO	Abono Orgánico
FQ	Fertilizante Químico
Rend.	Rendimiento
Cdg.	Calidad del Grano
Tto.	Tratamiento
Tn/Ha	Toneladas por Hectárea
P1000G	Peso de 1000 Granos
H%	Humedad del grano (%)
ANOVA	Análisis de Varianza
E.E.	Error Estándar
CV	Coeficiente de Variación
P-valor	Valor Probabilidad (estadístico)
D.E.	Desviación Estándar
N	Número de observaciones o repeticiones
CM	Cuadrado Medio
SC	Suma de Cuadrados
GL	Grados de Libertad
N	Numero de datos analizados
Ma	Media aritmética de la muestra (promedio)
D.E.	Desviación estándar de la muestra
W	Estadístico de la prueba de Shapiro- Wilk (una de las más usadas para verificar normalidad)
p (unilateral D)	Valor *p* de la prueba, en este caso con hipótesis unilateral al lado derecho (*p-value* que indica si se rechaza o no la hipótesis nula de normalidad).
Aj	Explicación ajustada a tamaño muestral y factores.
R	Qué tanto explica el modelo.
CV	Presicion o variabilidad relativa del experimento

Abono orgánico: Sustancia natural utilizada para mejorar la fertilidad del suelo. Proviene de materiales vegetales, animales o compuestos como compost o lombricomposta.

Altiplano occidental: Región montañosa del occidente de Guatemala caracterizada por suelos fértiles, altitudes elevadas y clima templado, favorable para cultivos como el trigo.

Altura de planta Medida morfológica que representa el crecimiento vertical de una planta. Es un indicador indirecto del vigor y salud del cultivo.

ANOVA Herramienta estadística utilizada para comparar las medias de diferentes tratamientos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos.

Biofertilizante Preparado que contiene microorganismos benéficos que promueven el crecimiento vegetal al mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Calidad del grano Conjunto de características físicas (peso, forma, tamaño) y químicas (contenido de proteína, humedad) que determinan el valor nutricional y comercial del trigo.

Dosis Cantidad de fertilizante (químico u orgánico) aplicada por unidad de superficie o planta.

Efectividad del tratamiento Capacidad de un tratamiento para producir un efecto significativo en las variables evaluadas (rendimiento, calidad, etc.).

Error estándar (E.E.)	Indica cuán precisa es una media estimada en un conjunto de datos. Cuanto menor es el error estándar, mayor es la confiabilidad del dato.
Fertilizante químico	Sustancia de origen sintético que aporta nutrientes esenciales al cultivo, como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
Grano lleno	Grano que ha alcanzado su tamaño y peso óptimos, lo que indica un adecuado proceso de llenado durante el desarrollo del cultivo.
Interacción	Efecto combinado de dos o más factores (por ejemplo, tipo de abono y dosis) que puede ser diferente al efecto individual de cada uno.
Medias con letras iguales	En pruebas de comparación de medias (como Tukey o LSD), indica que no hay diferencia estadísticamente significativa entre esos tratamientos.
Normalidad	Supuesto estadístico que establece que los datos siguen una distribución normal; condición necesaria para aplicar ANOVA de forma válida.
Peso de 1000 granos	Indicador del tamaño y llenado del grano. Se utiliza como criterio de calidad y rendimiento.
Rendimiento	Producción agrícola expresada en toneladas por hectárea (Tn/Ha), utilizada para comparar la eficiencia de los tratamientos.

Repetición (Rep)	Número de veces que se aplica cada tratamiento dentro del diseño experimental para asegurar la validez de los resultados.
Significancia estadística	Resultado de una prueba estadística que indica que la diferencia observada entre tratamientos no es producto del azar (generalmente si $p < 0.05$).
Tratamiento	Combinación específica de factores experimentales (tipo de abono y dosis de fertilizante) aplicada a un grupo de parcelas o unidades experimentales.
Variabilidad	Grado de dispersión de los valores de una variable. Puede reflejar la estabilidad o inestabilidad de un tratamiento.

Resumen

El trigo ***(Triticum aestivum L.)*** se constituye una de la materia prima importante para el alimento de las personas por su alto contenido nutricional en carbohidratos y aminoácidos esenciales que aporta al organismo y su alta demanda en el mercado, siendo base para la alimentación y economía de Guatemala.

El rendimiento y calidad del trigo depende entre uno de los factores principales del plan de manejo nutricional apropiado, considerando las condiciones edafoclimáticas del área de producción.

En Guatemala no se conoce con certeza planes de manejos nutricionales encaminados a mejorar el rendimiento y la calidad del trigo, por lo tanto, el desarrollo de la presente investigación se orientó a encontrar una alternativa sostenible alternando fertilizantes y abonos orgánicos en diferentes dosis, para tener una alternativa sostenible en la nutrición del cultivo.

Se uso triple quince (15-15-15) más Nitrato de Potasio (KNO_3) y una mezcla química con 21-17-3 + 4S como fertilizantes químicos, empleando porcentajes de 100%, 75%, 50%; entre los abonos orgánicos se utilizaron fuentes de bovinaza y ovinaza y como testigo se utilizó fertilizante químico al 100% sin utilizar fertilizante orgánico

La investigación se desarrolló en dos localidades, la primera se ubicó, sector los Cifuentes, Aldea Santa Rosa, San Lorenzo, San Marcos y la segunda en la estación del ICTA, Olintepeque, Quetzaltenango. Los tratamientos fueron 7 contando con 4 repeticiones

bajo el modelo estadístico de bloques completos al azar con 28 unidades experimentales distribuidas al azar.

Dentro de las diferencias significativas en rendimiento, el tratamiento T6 Fertilizante orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (50%) y el T2 Fertilizante orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (100%) presento un mejor rendimiento en las localidades, así mismo, los costos enmarcan una alternativa económica viable.

Summary

Wheat (Triticum aestivum L.) is one of the important raw materials for human food due to its high nutritional content in carbohydrates and essential amino acids that it provides to the human body, as well as its high market demand, being a staple for the diet and economy of Guatemala.

The yield and quality of wheat depend on one of the main factors of an appropriate nutritional management plan, considering the edaphoclimatic conditions of the production area.

In Guatemala, there are not known nutritional management plans aimed at improving the yield and quality of wheat; therefore, the development of this research was focused on finding a sustainable alternative by alternating fertilizers and organic manures in different doses, to have a sustainable option in the nutrition of the crop. Were use Triple fifteen (15-15-15) plus Potassium Nitrate (KNO_3) and a chemical mixture with 21-17-3 + 4S using percentages of 100%, 75%, 50%, 100% chemical fertilizer was used as a control without the use of organic fertilizer; among the organic fertilizers, sources of bovine and sheep were used.

The research was carried out in two locations, the first was in sector Los Cifuentes, village Santa Rosa, San Lorenzo, San Marcos and the second in the ICTA station, Olintepeque, Quetzaltenango. There were 7 treatments with 4 replications under the statistical model of randomized complete blocks with 28 experimental units randomly distributed.

Within the significant differences in performance, the treatment T6 Organic Fertilizer (Bovine Manure) + Chemical Fertilizer (50%) and T2 Organic Fertilizer (Bovine Manure) + Chemical Fertilizer (100%) presented a better performance in the locations, likewise, the costs frame a viable economic alternative.

1 Título:

Efecto de dos abonos orgánicos y tres dosis de fertilizante químico sobre el rendimiento y calidad de trigo (*Triticum aestivum l.*) en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala.

2 Introducción

La producción de trigo a nivel nacional se localiza en el altiplano occidental del país debido a las condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo. Según el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, (2018), los departamentos que tienen producción de trigo son: Huehuetenango con 19%, Quetzaltenango con 21%, Quiche con 14% y San Marcos con 27%, el porcentaje restante está distribuido en otros departamentos del país.

El trigo ha sido uno de los cultivos que complementa al maíz y frijol en la dieta alimenticia de los guatemaltecos, en las áreas rurales se destina para la transformación en tortilla, atoles, mientras en el área urbana la transformación es diferente siendo algunos productos de importancia como harinas, por lo tanto, la demanda cada vez mas va en aumento por el consumo ICTA (2,018)

El bajo rendimiento del trigo representa una problemática recurrente en las áreas productoras, lo que ha llevado a que este cultivo resulte poco atractivo para los agricultores. Por ello, el apoyo a los triticultores debe ser integral, promoviendo alternativas sostenibles que incrementen la productividad, reduzcan los costos y garanticen la sostenibilidad del sistema de producción como indica el Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas, (2018).

La investigación se realizó para generar información de la nutrición del cultivo alternando fertilizantes inorgánicos y abonos de diferente origen, en conjunto con el programa frijol/trigo ICTA-CEPALO, debido a que la producción triguera en Guatemala enfrenta nuevos retos como lo es la falta de incentivos sostenidos por la baja atracción al agricultor.

En la investigación se establecieron dos parcelas experimentales ubicadas en los departamentos d>Ie San Marcos y Quetzaltenango, permitiendo comparar el rendimiento obtenido con el uso de la semilla ICTA Don Vale, la cual es una semilla de alto rendimiento y certificada para la siembra. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas (2,010)

Se utilizó un modelo estadístico de bloques completamente al azar con siete tratamientos de fertilizantes de origen orgánico y con distinto porcentaje de fertilizante químico, se emplearon 7 tratamientos y 4 para utilizar un total de 28 unidades experimentales distribuidas al azar. Las variables de estudio estuvieron en función del rendimiento en qq/cuerda, peso del

grano, altura, número de macollas, número de espiga, número de granos y números de granos por espigas.

A través de este estudio se generó información en el manejo nutricional del cultivo del trigo en colaboración con el programa ICTA-CEPALO, mediante la aplicación combinada de fertilizantes químicos y abonos en diferentes dosis mostrando un comportamiento con una normalidad aceptable y variabilidad según la localidad

3 Definición del problema

El trigo en Guatemala ha sido históricamente uno de los cultivos con mayor demanda, debido a su importancia como parte de la dieta alimentaria de la población. Actualmente, su producción se concentra en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán y Quiché. Sin embargo, desde las décadas de los años 80 y 90, se ha registrado una disminución considerable en la producción, período en el cual los agricultores lograban abastecer los mercados locales. ICTA, (2018)

En el departamento de San Marcos, por ejemplo, el área cultivada pasó de 22.68 hectáreas con un rendimiento de 9,828 quintales en 2015, a solo 10.31 hectáreas con 4,428 quintales en 2016, reflejando una disminución significativa MINECO (2015-2016). De forma similar, en Quetzaltenango, el área sembrada se redujo de 10.31 manzanas en 2015, con un rendimiento de 4,428 quintales, a 5.94 hectáreas en 2016, alcanzando únicamente 3,444 quintales MINECO (2015-2016).

Esta disminución en la producción se atribuye principalmente al bajo rendimiento del cultivo, lo que ha desmotivado a los agricultores a continuar con la triticultura. Según Castro (2022), anteriormente los productores obtenían hasta 68 quintales por hectárea; sin embargo, el Instituto Nacional de Estadística (2004) reporta que el rendimiento promedio se ha reducido a 30.61 quintales por hectárea, lo cual es considerado insuficiente para una producción rentable.

¿Existirá un incremento en el rendimiento y calidad del trigo al aplicar una combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para incentivar a los productores y generar una fuente de información útil para la triticultura en Guatemala?

4 Justificación

El trigo es un cultivo de alta demanda en el mercado nacional guatemalteco, impulsado por su creciente consumo. No obstante, la producción interna no logra cubrir la demanda del país, lo que obliga a depender de las importaciones. En 2021, Guatemala importó 787,000 toneladas de trigo, con un valor de 212 millones de dólares, lo que posicionó al país como el importador número 54 a nivel mundial. En contraste, las exportaciones de trigo fueron casi nulas, con un valor de apenas 858 dólares, ubicando al producto en la posición 994 entre las exportaciones nacionales OCE (2021).

Durante el auge de la triticultura en Guatemala, la Gremial Nacional de Trigueros llegó a agrupar aproximadamente a 30,000 pequeños productores minifundistas, lo que generó un impacto positivo en cerca de 150,000 personas vinculadas directa o indirectamente al cultivo. Sin embargo, actualmente no existen registros estadísticos actualizados sobre el número de productores activos. La disminución de las áreas productivas ha afectado directamente el abastecimiento de trigo tanto a nivel local como nacional.

Esta situación se agrava debido a que el manejo del cultivo del trigo se realiza en su mayoría de manera empírica, basado en conocimientos transmitidos generacionalmente. Muchos triticultores carecen de información técnica sobre la nutrición adecuada del cultivo, y aunque algunos utilizan semilla certificada, no logran aprovechar su potencial genético, lo que repercute en bajos niveles de productividad según indica, Roballos (2012).

A pesar de esta problemática, actualmente no se cuenta con estudios científicos específicos que evalúen el manejo combinado de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para mejorar

los rendimientos del trigo. La implementación de planes de manejo nutricional adecuados podría representar una alternativa viable para mejorar la productividad, motivar a los agricultores a retomar el cultivo y, a su vez, contribuir a la seguridad alimentaria de las poblaciones que viven en condiciones de pobreza y extrema pobreza, cuya subsistencia depende de la agricultura.

En este sentido, el Programa Frijol/Trigo del ICTA-CEPALO, respaldado por el artículo 4 del Decreto 13-97, establece como uno de sus objetivos principales el desarrollo de investigaciones orientadas a mejorar la calidad y productividad del trigo en Guatemala. Esto incluye la promoción de nuevas técnicas de producción, el análisis de suelos agrícolas y la aplicación de tecnologías apropiadas para el rescate del cultivo, enfrentando así la problemática actual (ICTA, 2018)

El presente estudio se desarrolló en dos localidades la primera Quetzaltenango la segunda San Marcos, regiones que reúnen las condiciones edafoclimáticas necesarias para el óptimo desarrollo del cultivo. La investigación busca generar evidencia técnica sólida sobre el uso de fertilizantes orgánicos como complemento de la fertilización química, promoviendo una nutrición balanceada que favorezca la mejora significativa del rendimiento y la calidad del grano de trigo, sin comprometer la salud del suelo ni del medio ambiente. Esta propuesta representa una alternativa sostenible para mejorar la calidad y el rendimiento del grano, contribuyendo a aumentar la productividad y a obtener productos de mayor valor en el mercado.

5 Marco teórico conceptual

5.1. Características generales del cultivo:

5.1.1 Importancia económica:

Según Peláez (1,983), Indica que la importancia del trigo (***Triticum aestivum L.)*** es un cereal de gran demanda en la dieta del guatemalteco por el consumo de pan. Es vital para nuestro país, ya que de no producirlo tendríamos que importarlo todo; además, es fuente de trabajo para muchos guatemaltecos. En Guatemala se sembraron 23,167.04 ha. de trigo en 1981, con una producción de 41,700.00 toneladas métricas. Entre las variedades en la actualidad pueden mencionarse: Xelajú 66, Tóbari 66, Azteca 74, Xelapán 73, Chivito 77, Gloria 77, Ciano 74, Altense 73, Rijatzul 71, Maya 74, Nariño 59, y Cajeme.

También la FAO, (2021), hace mención que la producción mundial se proyecta a 7776,7 millones de toneladas, 7,2 millones de toneladas más que la cifra anterior de septiembre y a la par con la producción de 2020.

5.1.2 Importancia alimenticia:

En estudios de Naciones Unidas (2,015), hacen mención que el trigo cubre 19% de las calorías, de los seres humanos en forma de pan, pastas etc. Aproximadamente 2.5 mil millones de personas que viven con menos de dos dólares al día, dependen del trigo como alimento básico, por lo que, ante una posible contracción de la oferta, tendrían que enfrentar mayores precios con lo cual surgiría una crisis alimentaria mundial. El potencial de daño se estima en 50 millones de hectáreas de trigo o 25% del área destinada a ese cultivo a nivel mundial con una aportación de 19% de la producción global.

También Divito & García (2017), hace relevante que el trigo es una de las principales fuentes de energía alimenticia y la principal fuente de proteína de consumo humano. Junto con el maíz, la carne y la caña de azúcar constituyen más del 50% del consumo total de energía. Por otra parte, el trigo junto con la carne y el arroz totalizan el 50% del consumo total de proteínas del mundo. Comparado con otros cereales, el trigo tiene mayor concentración de proteína en el grano, la harina y en sus derivados que el arroz, el maíz y la cebada. El grano de centeno suele presentar mayor porcentaje de proteína que el de trigo, sin embargo, sus derivados no presentan ventaja.

Fase de inducción floral:

5.1.3 Inflorescencia:

En este estadio la planta empieza a mostrar sus s inflorescencia y según Miller (2,000), comenta que la inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodículos o glomélula.

5.1.4 Frutos o granos:

Se ha estimado que para existan granos de calidad, tiene que existir una precipitación constante y según Miller (2,000), dice que los granos son cariópsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados. El germen sobresale en uno de ellos y en el otro hay un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco): una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular

fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten.

Fase de polinización y fructificación:

Han estimado Garibaldi & L. Morales (2,012), que el 70% de los cultivos incrementa en mayor o menor medida su producción cuando sus flores son visitadas por polinizadores. Pero los cultivos de consumo masivo, como trigo, arroz, maíz y otros cereales, que representan en peso cerca del 70% de la producción agrícola mundial, no dependen de polinizadores, ya que es principalmente el viento el que transporta su polen.

5.1.5 Ecología del cultivo:

5.1.5.1 Clima:

Una de las condiciones atmosféricas que es necesaria y que hace mención Escobar (1,971), comenta que el trigo necesita de unas 1500 horas de sol aproximadamente para completar el ciclo. Cuando hay un déficit de horas la planta alarga su ciclo vegetativo y si esta deficiencia diaria es marcada, la planta permanece en “estado de hierba” sin alcanzar la floración, o si llega a florecer.

También hace mención Ospina (1,964), que es lo que ocurre en la mayoría de producción en tierras altas de clima frío, donde el trigo compite con la cebada, las papas, el maíz de consumo local, la lechería. Estas relaciones competitivas tendrán una fuerte influencia sobre el futuro de la producción de trigo.

Manejo del cultivo

5.1.6 Preparación de suelo:

De antemano se sabe que la preparación del terreno favorece a la infiltración del agua y que haya una buena aireación, y que esta sea una preparación profunda para que los nutrientes se encuentren en disposición y según Miller (2,000), recomienda que debe realizarse con la debida anticipación (en un periodo no menor a dos meses antes de la siembra), solo así podremos garantizar que exista una adecuada descomposición de malezas, residuos y abonos orgánico (estiércoles), a incorporarse al lote. Por otra parte, una buena remoción del suelo durante la preparación ayudara a controlar plagas que existan en el terreno.

5.1.7 Siembra:

De acuerdo a fechas los triticultores no tienen una fecha específica para realizar la siembra, sugiere Miller (2,000), Al momento de realizar la siembra, es indispensable que el suelo tenga una adecuada humedad (capacidad de campo), de esta forma garantizamos una buena germinación de la semilla. Los métodos utilizados para la siembra son, manual o al voleo La profundidad de la siembra es un aspecto muy importante a tomar en cuenta para garantizar una germinación buena y uniforme; no debe de ser ni muy profunda ni muy superficial. La profundidad de siembra no debe superar los 4 cm, para evitar ahogamiento y pérdida de la semilla.

Manejo del cultivo

5.1.8 Preparación de suelo:

De antemano se sabe que la preparación del terreno favorece a la infiltración del agua y que haya una buena aireación, y que esta sea una preparación profunda para que los nutrientes se encuentren en disposición y según Miller (2,000), recomienda que debe realizarse con la debida anticipación (en un periodo no menor a dos meses antes de la siembra), solo así podremos garantizar que exista una adecuada descomposición de malezas, residuos y abonos orgánico (estiércoles), a incorporarse al lote. Por otra parte, una buena remoción del suelo durante la preparación ayudara a controlar plagas que existan en el terreno.

5.1.9 Siembra:

De acuerdo a fechas los triticultores no tienen una fecha específica para realizar la siembra, sugiere Miller (2,000), Al momento de realizar la siembra, es indispensable que el suelo tenga una adecuada humedad (capacidad de campo), de esta forma garantizamos una buena germinación de la semilla. Los métodos utilizados para la siembra son, manual o al voleo La profundidad de la siembra es un aspecto muy importante a tomar en cuenta para garantizar una germinación buena y uniforme; no debe de ser ni muy profunda ni muy superficial. La profundidad de siembra no debe superar los 4 cm, para evitar ahogamiento y pérdida de la semilla.

5.6.1. Control de plagas y enfermedades:

5.1.9.1 Roya de la hoja, (Puccinia recóndita):

Se produce principalmente a través del movimiento de las esporas por el viento desde muy largas distancias. Según Prescott y otros (2,013), la describe como las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica, son más pequeñas que las de la roya del tallo, por lo general no

se aglutinan y contienen masas de uredosporas cuyo color fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado. Los sitios de infección se encuentran fundamentalmente en el anverso de las hojas y vainas y, en ocasiones, en el cuello y aristas.

5.1.9.2 Roya del tallo, (Puccinia graminis):

Es una especie de hongo que produce una enfermedad que afecta al trigo, Prescott y otros (2,013) describe los síntomas por lesiones ovales o alargadas, mente llamadas pústulas, de color marrón oscuro, con restos de epidermis en sus márgenes, que corresponden a las estructuras de fructificación del patógeno denominadas uredosoros. Las lesiones se producen más común mente sobre tallos y vainas foliares, pero también ocurren en hojas y espigas. La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de unos 25°C (con mínima y máxima de 2 y 30°C)

5.1.9.3 Roya estriada, (Puccinia striformis)

Aparece primeramente en las hojas basales afectando así a la planta atreves de su avance, Prescott y otros (2,013), define los síntomas que presenta la planta, se identifica porque las uredosoros aparecen en líneas amarillas angostas fundamentalmente en hojas y espiguillas. La temperatura óptima para el desarrollo de la roya estriada es menor que para las otras dos royas (11 °C, con mínimo y máximo de 0 y 23°C).

5.1.9.4 Septoria:

Esta es otra de las enfermedades que llegan a afectaren la producción, Prescott y otros (2,013), da a conocer los sitios de la infección inicial tienen una forma irregular, con manchas o lesiones cloróticas ovales o alargadas. A medida que se extienden, el centro de las lesiones se torna de color pajizo pálido y ligeramente necrótico, a menudo con numerosos puntitos negros.

5.1.9.5 Trips: (diversas especies)

Estos insectos llegan afectar al trigo ya que estos se alimentan de las hojas, según Prescott y otros (2,013), describen a los insectos que son pequeños (1 mm de largo) de color café o negro, con abdomen segmentado y cónico. Tienen aparato bucal perforador y succionador y, por lo general, dos pares de alas estrechas. Comúnmente se les encuentra bajo la vaina de la hoja bandera, alimentándose del tallo. No obstante, también pueden atacar las hojas, tallos y espigas. Las formas adultas y las ninfas producen daños y, cuando su número es grande, hacen que el tejido del cual se alimentan tome una coloración gris plateada.

5.1.9.6. Carencias nutricionales y condicionales ambientales desfavorables:

Prescott y otros (2,013), hacen mención que el desarrollo deficiente de las plantas a menudo puede atribuirse a que las cantidades de nutrientes esenciales que reciben son inadecuadas. La planta utiliza cantidades relativamente grandes de nitrógeno, fósforo y potasio y, por consiguiente, la carencia de estos nutrientes es la más frecuente. No obstante, también pueden presentarse carencias de micronutrientes. Muchos minerales que se encuentran en el suelo, incluidos los esenciales para la planta, pueden resultar tóxicos si la cantidad disponible en el suelo es demasiado elevada. La acumulación de sales en el suelo, la falta de agua, las temperaturas extremas y el uso incorrecto de insecticidas también pueden afectar el desarrollo y rendimiento de un cultivo.

5.1.10 Carencia de nitrógeno, fósforo y potasio:

Las plantas con carencia de nutrientes suelen parecer con síntomas de enfermedad, hay que ser muy perspicaces para saber identificarlas. El trigo necesita adquirir determinados nutrientes para que pueda tener un desarrollo y mejor rendimiento en la producción, es por ello que Prescott y otros (2,013), describe la sintomatología que el trigo cuando presenta carecer de

nitrógeno tiene un color verde pálido; las hojas inferiores se vuelven amarillentas por lo general desde el ápice hasta la vaina y, cuando la carencia persiste, sufren necrosis. La carencia del nitrógeno es la más frecuente y difundida entre los cereales de grano pequeño.

También hace mención Prescott y otros (2,013), cuando la carencia de fósforo es moderada, comúnmente provoca enanismo en las plantas, que tienen menos retoños. Si la carencia es grave, a menudo se observan hojas pálidas o de color amarillo rojizo, proceso que se inicia en las hojas inferiores y avanza desde el ápice hacia adentro. El tejido afectado toma un color café y finalmente muere. Las partes verdes de las hojas suelen tornarse azuladas y la base de los tallos se vuelve púrpura. Otro síntoma frecuente es el desarrollo de espigas pequeñas.

El potasio es el elemento que permite el aumento de tamaño y peso del grano de trigo, Prescott y otros (2,013), describe que la carencia de potasio puede ser difícil de detectar, pues se producen pérdidas del rendimiento mucho antes de que aparezcan síntomas visibles. La carencia grave provoca el acortamiento de los entrenudos, y los ápices y bordes de las hojas inferiores se ven secos y chamuscados.

5.1.11 Carencia de elementos secundarios:

A pesar de que el magnesio es uno de los micronutrientes en el trigo, es muy indispensable en el funcionamiento, la falta de este en la planta según Prescott y otros (2,013), y presenta los siguientes síntomas: causa la aparición de manchas o estrías grisáceas y necróticas en la porción basal de las hojas más nuevas. las manchas necróticas pueden extenderse por la hoja y la porción superior de la hoja se tuerce o ensortija. la carencia de manganeso se produce con mayor frecuencia en suelos calcáreos. en extremo arenosos o con un contenido elevado de materia orgánica. Los síntomas de la carencia de cobre incluyen la decoloración de los ápices

de las hojas jóvenes. seguida de la rotura y enroscamiento de las hojas. la planta también suele producir espigas descoloridas y estériles. A menudo la espiga no emerge apropiadamente del tallo.

5.1.12 Toxicidad del aluminio:

Este elemento es necesario en pequeñas cantidades, Prescott y otros (2,013), dice que las concentraciones elevadas de aluminio en primer término reducen el desarrollo de las raíces que se vuelven regordetas y a menudo de color café. Los síntomas típicos en las partes aéreas de la planta son las hojas pequeñas y los entrenudos más cortos y gruesos. También es frecuente que mueran los ápices de las hojas y que las hojas viejas se vuelvan amarillas y quebradizas.

5.1.13 Escasez de agua:

La humedad relativa que el cultivo de trigo debe de tener es del 70% ya que si este presenta escasez según Prescott y otros (2,013), menciona que la escasez de agua a comienzos del ciclo de desarrollo del cultivo produce enanismo y reduce el macollamiento y el desarrollo de las raíces. El enroscamiento de las hojas a mediodía también es un síntoma de la falta de agua. La humedad escasa durante el desarrollo de la espiga puede disminuir el número de espiguillas y florecillas y. cuando la falta de agua es grande. los granos se arrugan. Otros períodos críticos son el embuchamiento tardío y la formación de semillas. Una carencia grave de agua durante estos períodos puede provocar esterilidad parcial o total.

5.1.14 Calor excesivo:

Entre las condiciones climáticas que se afronta en la actualidad en los cultivares de trigo a nivel mundial, se sufren por las altas temperaturas la cual ha tenido mayor impacto en la productividad, teniendo así efectos secundarios en la planta. Según Prescott y otros (2,013), da

a conocer los efectos de las temperaturas elevadas a menudo se asocian con los efectos de la escasez de agua y es difícil distinguir los síntomas de ambos. Las temperaturas moderadamente elevadas aumentan el índice de desarrollo de la planta y reducen su ritmo de crecimiento. Disminuye el número y la formación de espiguillas y florecillas y el llenado de los granos y, por consiguiente, el rendimiento es menor. Las plantas son especialmente vulnerables durante las etapas de embuchamiento tardío y formación de semillas y, en muchas zonas, es más probable que se produzcan temperaturas altas durante esas últimas etapas de desarrollo. Las temperaturas excesivamente elevadas matan a las plantas al desnaturalizarse las proteínas.

Control de malezas:

En cualquier cultivo las malezas son difíciles de controlar ya sea por la época de siembra, porque no se ha realizado un barbecho adecuado de la misma, o en cualquier cultivo tienen aparición. El ICTA (1,976), comenta que los agriultores de Guatemala gastan aproximadaEmente al año,31 millones de quetzales para elementos de malas hierbas, de las cuales aproximadamente12 millones de quetzales corresponden a granos basicos, y 19 millones a cultivos economicos.

Por el control de malezas se tienen un determinado porcentaje que Robbins (1,969), explica las perdidas por las plagas insectos, enfermedades y maleza, se calcula que solo de orden del 44% o mas, de la produccion real de cosechas. Es importante considerar que mediante investigaciones realizadas en diferentes paises en bases a datos estadisticos de varios decenios, se ha llegado a la conclusion que de los tres grupos de pestes agropecuaria; insectos enfemedades y malezas; las malezas ocasionan perdidas cantables equivalentes casi a la suma del efecto de las otras dos.(ver anexo de cuadro No. 1)

5.1.15. Cosecha:

Esta se realiza cuando la planta ya tiene ciertas características que Meyer (2,000), describe cuando la planta cambia su color verde por el blanquecina o amarillento. La madurez empieza por el cuello de la planta y a medida que avanza hacia arriba, los materiales que ésta ha almacenado en el tallo y en las hojas, migran en dirección a la espiga, para depositarse en los granos. El grano ha llegado a la madurez cuando no se deja cortar transversalmente con la uña.

5.1.16. Cosecha manual:

Es uno de los sistemas que han predominado en la recolección de los granos según Meyer (2,000), hace mención que la siega o corte del trigo a mano, se hace con machete, es una operación en la que sólo debería emplearse en superficies pequeñas o terrenos accidentados donde no es posible la entrada de la máquina como colinas o terrenos con mucha pendiente, en todo caso, esta labor debe hacerse en el menor tiempo posible para evitar pérdidas de desgrane, por daño de pájaros y por inclemencias climáticas. A medida que se va segando el trigo, se van haciendo parvas o “manojos” que van quedando paradas en el terreno mismo.

5.1.17. Postcosecha:

Según Meyer (2,000), recomienda que la postcosecha, se lleva a cabo una vez terminado la siega del trigo, se recogieron los manojos de la parcela en un lugar limpio, previo a ello se limpia un área pequeña (16 m2) de la parcela, luego en esa área limpia se colocó una carpa, donde fueron depositado y aporreado (vareados) los manojos secos de trigo.

5.1.18. Secado de grano:

Es una de las etapas que requiere de atención ya que se tiene que tener un 11 a 14 porciento de humedad y Meyer (2,000), sugiere el secado del trigo se realice en una carpa expuesta al sol, de tal manera que el grano no superó el 13%de humedad exigido por el mercado y evitar daño en la semilla almacenada.

5.1.19. Limpieza y clasificación:

También Meyer (2,000), sugiere realizar posteriormente al aporreo, para seleccionar el grano y la semilla del trigo, se efectuó el despolvoreo (usando las corrientes del viento), luego se pasa por zarandas.

5.1.20. Ensacado de la semilla:

Según Meyer (2,000), sugiere que la semilla seca, limpia y clasificada fue colocada en sacos en buen estado y limpios.

Variedad de trigo:

5.1.21. Variedad de semilla de trigo ICTA Don Vale:

Esta variedad mejorada es resistente a royas y enfermedades que fue desarrollada por las necesidades de campo, CIMMYT (2,010), describe las características de esta variedad proveniente de CIMMYT de pedigree BOW" S" /PRL//AMB" S" /BUC" S" ha sido por varios años una excelente línea de trigo de una altura de más o menos 1.30 m de altura de grano blanco y con resistencia a enfermedades como roya de la hoja, *Puccinea recibduta,* roya del tallo *Puccinea graminis* y *Puccinea striiformis*. Presenta también resistencia a Fusarium y Helminthosporium. Su rendimiento oscila entre 2,5 a 3.75 t. ha^{-1}. Tiene 59 días a floración, 149

días a madurez fisiológica y una lectura de sanidad foliar de 6/5. La debilidad más grande de esta variedad es su altura que muchas veces presenta hasta un 15% de acame. Sin embargo, en años secos esta característica es una gran ventaja para obtener un excelente rendimiento. Fue nombrada en honor al Perito Agrónomo Valentín quien laboro por case 45 años en el Programa de Trigo y que fue coparticipe del desarrollo de muchísimas variedades de trigo para Guatemala.

5.1.22. Requerimiento de absorción de nutrientes del trigo.

En el anexo se detalla la cantidad de nutrientes que el cultivo de trigo requiere para producir 1 tonelada de grano, la proporción de lo absorbido que particiona a granos (índice de cosecha) y la extracción en dichos órganos.

Además, INTA (2,013) da los requerimientos totales, y comenta que es importante conocer la dinámica de absorción durante el ciclo del cultivo. El trigo, al igual que otros cultivos, se caracteriza por un adelantamiento de la absorción de los nutrientes respecto a la materia seca. De este modo, mientras que hasta antesis acumula cerca del 40-45% de la biomasa aérea total, la acumulación de N a floración representa el 70-75% del total a madurez fisiológica. En el caso del P, el cultivo absorbe hasta antesis entre el 75-85% del total acumulado a madurez. Para S, la acumulación representa alrededor del 50-60% del total de S total.

INTA (2,013) los requerimientos nutricionales (kg de nutrientes en planta para producir una tonelada de grano expresada a humedad comercial (14%)) y extracción (kg de nutrientes en una tonelada de grano). El índice de cosecha representa la proporción del total del nutriente absorbido por la planta que es destinado al grano. (ver anexo 2)

5.2. Descubrimiento de los fertilizantes químicos:

El uso de los abonos orgánicos tiene su origen desde que nació la agricultura. Los abuelos de nuestros abuelos los usaban pues todavía no existían los fertilizantes químicos, Navarro (2,014), menciona uno de los hechos más importantes de la historia de la humanidad es que el hombre comenzó a cultivar tierras hace miles de años. Pero la historia de la fertilización no va emparejada al inicio de las actividades agrícolas, sino que se inicia solamente cuando los primitivos agricultores se dan cuenta de que los suelos dejaban que proporcionar rendimientos aceptables si eran cultivados continuamente y que añadir estiércol o restos vegetales se restauraban la fertilidad.

También hace mención Navarro (2,014), de la aparición de los fertilizantes minerales en el presente siglo, la reposición de los elementos nutritivos perdidos prevenía básicamente de la muy lenta meteorización de los minerales primarios del suelo, de la fijación biológica de nitrógeno por parte de microorganismos y por el aporte de materiales orgánicos diversos. Sin embargo, la cantidad limitada de este producto hace imposible recuperar la capacidad productiva bajo agricultura intensiva.

Los fertilizantes químicos fueron creados por la misma necesidad de abastecer de alimentos a la población y para la recuperación de nutrientes del suelo los cuales son nutrientes elaborada de origen mineral o sintéticos. Según Navarro (2,014), hace ver que el desarrollo de la industria de los fertilizantes ha permitido restituir las pérdidas anuales de elementos nutritivos, sino la recuperación de los niveles de fertilizantes perdidos e incluso llegar a mejorar notablemente la fertilidad natural de los suelos. El reconocimiento de la gran contribución de

los fertilizantes en el incremento de las producciones agrícolas, y por lo tanto la producción de alimentos, contrasta con el carácter negativo de las informaciones que se vierten sobre la utilización de fertilizantes en las explotaciones agrarias por parte de amplios sectores de opinión pública. Muchas personas afirman que es peligroso el uso de fertilizantes en la agricultura, llegando incluso a tachar de inmortal su empleo.

5.2.1. Propiedades del fertilizante químico 20-20-0

Si se desea incorporar fertilizantes es necesario conocer las propiedades y según Diproagro (2,021), comenta que el fertilizante químico es un producto que aporta nitrógeno y fósforo al cultivo, posee una concentración de nutrientes ideal para la etapa reproductiva del cultivo. El nitrógeno es fundamental en las fases de activo crecimiento vegetativo, permitiendo al cultivo desarrollarse de buena manera. El fósforo es importante en la etapa de establecimiento del cultivo y en todos los procesos que requieran de energía. Favorece el desarrollo radicular y promoviendo el crecimiento vegetativo inicial.

Con base al análisis de suelos, la dosis del producto depende de los aportes del suelo, requerimientos nutricionales del cultivo y su etapa fenológica.

5.2.2. Propiedades del fertilizante químico 15-15-15

Otros de los fertilizantes que son utilizados dentro de una fertilización es la de tripe quince y según menciona las propiedades Diproagro (2,021), Es un fertilizante granulado, soluble de aplicación al suelo es especialmente recomendado para ser aplicado e incorporado al suelo al inicio del ciclo de los cultivos. Puede ser aplicado en pre siembra, al momento de siembra. La dosis adecuada de triple quince 15-15-15 está en función de las propiedades físicas y químicas

de los suelos y de los requerimientos nutricionales de los cultivos, para establecer la dosis exacta de triple quince 15-15-15 que permita obtener altos rendimientos en los cultivos, debemos conocer en primer lugar, la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. Para ello, se debe realizar análisis de suelo en segundo lugar, se debe conocer los requerimientos nutricionales de los diferentes cultivos, que permitan estimar las cantidades de fertilizantes necesarias para maximizar los rendimientos.

5.2.3. Propiedades del fertilizante químico (21-17-3 + 4S)

Fósforo de disponibilidad secuencial, ya que posee tres tipos de P de diferente disponibilidad en el tiempo (ortofosfato -polifosfato - fosfato di calcio), para acompañar el requerimiento del cultivo con la menor interacción con el suelo posible, logrando así la máxima eficiencia del uso, es un fertilizante que aporta azufre, potasio y magnesio. El azufre complementa al nitrógeno y al fósforo, logrando un aporte balanceado de nutrientes.

Posee Nitrógeno de inmediata disponibilidad, debido a que es el único fertilizante arrancador que contiene Nitrógeno como Nitrato (NO_3). De esta manera la plántula dispone de Nitrógeno de inmediata absorción, generando un crecimiento inicial mucho más vigoroso estimulando el desarrollo radicular, resultando ideal para siembras tempranas y/o con suelos fríos. Además, resulta menos fitotóxico.

Es un fertilizante complejo químico a diferencia de las mezclas físicas, cuyos componentes pueden separarse, dando como resultado una distribución heterogénea de los nutrientes, al aplicar un complejo químico, como , esto no ocurre, ya que cada gránulo o prill posee la misma proporción de nutrientes, logrando así una distribución homogénea y un crecimiento parejo del cultivo.

5.3. Propiedades y formas de absorción.

En el anexo se detalla la cantidad de nutrientes que el cultivo de trigo requiere para producir 1 tonelada de grano, la proporción de lo absorbido que particiona a granos (índice de la cosecha).

Mismo tiempo Vásquez (2,007), menciona que estos materiales permiten obtener fertilizantes eficaces y seguros si se preparan adecuadamente, incluso cuando se aprovechan desechos orgánicos se contribuye a la salud pública al evitar que se constituyan en fuente de contaminación. La incorporación del abono enriquece la capacidad del suelo para albergar una gran actividad biológica, la cual tiene varias implicancias favorables.

5.4. Materia orgánica de origen animal:

Una de las formas de cómo puede ser transformado las heces de los animales, es en abonos Según Zamora (2,009), comenta que los materiales orgánicos más frecuentes usados son el estiércol de animales y aves de corral. El estiércol se define como las deyecciones de los animales. En muchos casos puede estar mezclado con paja de cereales y orina de ganado. La gallinaza corresponde a una mezcla de estiércol de ave, viruta o aserrín y agua de lavado, además incluye restos de concentrado que se usa en su alimentación.

También otra forma de transformarlos en abonos es en purines y Cajamarca (2,012), redacta sobre los purines que son una mezcla de orina, estiércol y agua de lavado, se puede aplicar a través del riego por aspersión, o con estanques directos al potrero. Normalmente son menos concentrados en nutrientes, especialmente en fósforo, pero su contenido de nitrógeno y especialmente en potasio puede ser alto.

5.4.1. Bovinaza:

La bovinaza es la que mayor aplican para abonar distintos cultivares, comenta Cajamarca (2,012) y recomienda que la bovinaza no se recomienda aplicar directamente al suelo, debido a la alta concentración de nitrógeno en forma de amonio, que debe pasar un proceso de nitrificación. Por esta razón estos materiales deben ser sometidos a una etapa de descomposición.

Para Andrade (2,012), la aplicación de bovinaza, mejora la estructura del suelo debido a la formación de agregados, que permite una gran retención de agua en el suelo, reduce la plasticidad y cohesión de suelos arcillosos, como de la misma forma activa los nutrientes en el suelo para ser asimilados por las plantas. (ver anexo de cuadro No.3)

5.4.2. Composición nutricional del estiércol de bovinaza

Menciona Iglesias (2,005) que son muy variados los factores que influyen en la cantidad producida y en el contenido de nutrientes del estiércol, pero entre ellos Iglesias destaca:

Tipo de ganado: Tanto la cantidad como los nutrientes presentes en el estiércol varían tanto con la especie como dentro de ésta con el tipo de ganado.

Condiciones ambientales: Hay que considerar factores tales como la adición de agua bien de lluvia o de limpieza, si se compacta o no y si contiene desperdicios.

Duración y condiciones de almacenado: E1 almacenamiento es básico, sobre todo para evitar las posibles pérdidas de nutrientes.

El estiércol: desde que se produce hasta que es utilizado, puede sufrir una serie de pérdidas en el contenido de nutrientes vegetales, que se pueden clasificar en tres tipos:

Pérdidas gaseosas: El estiércol contiene elementos que pueden volatilizarse y que si no se almacena de una forma adecuada se pierden. Estas pérdidas pueden suponer un 10 por 100 del nitrógeno.

Pérdidas por lavado: El estiércol suele almacenarse al aire libre y, por lo tanto, al llover, el agua puede arrastrar los componentes nutritivos. Por esta vía se puede perder un 20 por 100 del nitrógeno, un 5 por 100 del fósforo y más del 35 por 100 del potasio.

Perdidas por filtración: Estas pérdidas se producen cuando los líquidos del interior de la pila de estiércol pasan al suelo.

Para que no se produzcan estas pérdidas, se sugiere que el estiércol se almacene sobre una superficie de hormigón, que se compacte y que se cubra para evitar el lavado por la lluvia.

5.5. Aporte de nutrientes

Teniendo en cuenta todo lo anterior, no es fácil determinar el nitrógeno, fósforo y potasio que se aplica a una tierra cuando se esparce el estiércol. Para resolver este problema se ha propuesto transformar el contenido de los distintos nutrientes a unidades standard de ganado. (ver anexo 4)

5.5.1. Ovinaza:

El abono de ovinaza en nuestro medio no es tan utilizado como el abono de bovinaza, pero este dándole el debido tratamiento aporta riqueza de nutrientes al suelo de los cuales no existen diversidad de información. Según Abonos Orgánicos (2,010) también hace mención El estiércol es la base del compost o también llamado mantillo en la agricultura ecológica. Así mismo indica sobre la ovinaza que este es uno de los abonos más activos. Es más seco y más

caliente que el otro lo que lo hace ventajoso a los suelos fuertes y fríos, los que adelgaza y favorece desecándolos. Los trigales abonados con estiércol de oveja castrado son muy propensos a viciarse.

5.6. Efecto de los abonos orgánicos y fertilizantes químicos:

Según Murray, y otros, (2,011), Hace mención que los abonos orgánicos tienden a influir de manera favorable sobre la fertilidad física del suelo, sobre su estructura, aireación, porosidad, estabilidad de 14 agregados, infiltración, conductividad hidráulica y sobre la capacidad de retención de agua.

También hace Murray, y otros, (2,011), hacen mención que es equivalente también que los abonos orgánicos incrementan la capacidad de retención de humedad del suelo; la materia orgánica, debido a su alta porosidad, es capaz de retener una cantidad de agua. a 20 veces su peso. Mejora la porosidad del suelo, lo cual facilita la circulación del agua y del aire a través del perfil del suelo;

Se le atribuye un efecto importante según Murray, y otros, (2,011), sobre el aumento en la porosidad, lo cual repercutía positivamente en el suelo por el aumento de retención del agua, lo que a su vez va a incrementar de manera simultánea la velocidad de infiltración del agua.

Según Ansorena y Merino (2014) mencionan que los abonos orgánicos estimulan el desarrollo radicular de las plantas. A mayor contenido de materia orgánica mayor desarrollo radicular permitiendo a las plantas explorar un mayor volumen de suelo para satisfacer sus necesidades de nutrientes y agua. Mejora la estructura del suelo, dándole una mayor resistencia contra la erosión y una mejor permeabilidad, aireación y capacidad para almacenar y suministrar

agua a las plantas. Da color oscuro al suelo aumentando la temperatura y las reacciones bioquímicas que allí se desarrollan.

Los estudios actualmente en cursi sobre la incidencai de los fertilizantes en el medio nutritivo y de su absorcion por la planta esn permitiendo la obtencion de nuevos produtos y formas de aplicación. Son la mejora en la fabricacion de abonos artificiales a partir de la paja, tratamientos de turbas para mejorar sus propiedades, aprovechaiento de basuras urbanas, fertilizaciones microbianas, fertilizaantes de accion gradual, abonos complejos, etc.

5.7. Rendimiento y componentes asociados

Argumenta Fischer (2011), que el rendimiento potencial se define como el rendimiento alcanzado por un cultivar adaptado en ausencia de estreses bióticos y abióticos manejables, en particular la falta de agua, y en presencia de una base representativa de recursos naturales del clima y el suelo. Si bien el desarrollo físico proporciona el marco temporal dentro del cual se desenvuelve el cultivo, las restricciones del clima y del sistema de cultivo, junto con la selección empírica, generalmente han optimizado las fechas de siembra.

Según Solís-Moya et al. (2007), mencionan que “de los componentes que generan el número de granos por unidad de superficie granos-espiga es afectado en mayor medida, por mayor severidad de roya después del espigamiento, etapa del establecimiento de espigas fértiles”

Huanca et al., (s.f.), mencionan que: Las variables relacionadas con componentes de productividad, se observa que, número de macollos por planta, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga, peso de mil granos y 6 rendimiento en grano, está relacionado a la naturaleza del suelo y condiciones ambientales; siendo las variables de número

de granos por espiga y peso de mil granos, son los caracteres más correlacionados con el rendimiento.

Hewstone (2001), reportan que: El rendimiento se basa en la reducción de la cuantificación de granos m-2 x peso del grano, lo más adecuado sería enfocarse en acrecentar número de granos m-2, ya que generalmente el primero tiene mayor implicancia respecto a las fluctuaciones del rendimiento. Según el mejorador y de rediseño de los componentes de rendimiento, se sugiere como posible cambio la integración del carácter ramificado a la espiga y los que condicionan su expresión como los factores ambientales.

6. Marco referencial

6.1.Descripción de la localidad l No. 1

6.1.1. Ubicación Geográfica:

La estación experimental "Labor Ovalle" del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), se encuentra ubicada en el municipio de Olintepeque, departamento de Quetzaltenango a 203.5 km. de la ciudad Capital, a 3.5 km. Del

departamento de Quetzaltenango y a 2 km. de la cabecera municipal de Olintepeque. Se encuentra localizada en las coordenadas siguientes: Latitud Norte: 14°52´16" y Longitud Oeste: 91°30´52". (Ver anexo 5)

6.1.2. Vías de comunicación:

Labor Ovalle cuenta con una vía de acceso, que la conduce al municipio de Olintepeque, siendo esta la carretera Interamericana, que va también al municipio de San Carlos Sija. Esta vía de acceso se encuentra en buenas condiciones ya que es una carretera asfaltada la cual puede ser transitada sin ningún problema tanto en época seca como en época lluviosa.

6.1.3. Clima:

6.1.3.1.Altitud:

Según la estación meteorológica Labor Ovalle, la estación experimental ICTA "Labor Ovalle" se encuentra a una altura de 2,380 metros sobre el nivel del mar, factor de vital importancia en el clima, teniendo predominancia de viento y baja temperatura en la época seca del año principalmente en los meses de noviembre y diciembre

6.1.3.2.Temperatura:

La temperatura de la región varía, dependiendo de la época del año, presentando una temperatura máxima de 22.2°C, una temperatura media anual de 13.7 °C. y una temperatura mínima de 6.8°C.

6.1.3.3.Precipitación pluvial:

La precipitación pluvial anual registrada en la región varía de 1,042 mm distribuidos generalmente en los meses de abril a octubre.

6.1.3.4.Humedad relativa:

El rango de humedad relativa que se encuentra en la región de la estación experimental "Labor Ovalle", es de 70 a 75%.

6.1.3.5.Vientos:

Generalmente se presentan en dirección de norte a este con una velocidad promedio de 9.5 kilómetros / hora, siendo de moderados a fuertes.

***6.1.3.6.* Zona de vida.**

Según Holdridge la zona de vida de la región se clasifica como Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical.

Descripción de la localidad No.2

6.1.4. Ubicación Geográfica:

El área de investigación fue ubicada en el sector los Cifuentes de la Aldea Santa Rosa del municipio de San Lorenzo este se encuentra ubicado a 23 km. De la cabecera departamental de San Marcos y a una distancia de la ciudad capital de 138 km se encuentra localizada en las coordenadas siguientes: Latitud Norte: 15°1´25” y Longitud Oeste: 91°46´42”. (Ver anexo 6)

6.1.5. Vías de comunicación:

El sector los Cifuentes cuenta con dos vías de acceso para poder llegar al municipio de San Lorenzo siendo esta la carretera que lleva a la cabecera departamental de San Marcos al Municipio de San Lorenzo, la cual puede ser transitada sin ningún problema tanto en época seca como en época lluviosa. La otra vía de acceso se encuentra ubicada en el centro de la aldea Santa Rosa esta cuenta con empedrado hasta llegar al área experimental.

6.1.6. Clima:

6.1.6.1.Altitud:

Según la estación meteorológica se encuentra a una altura de 2,877 metros sobre el nivel del mar, factor de vital importancia en el clima, teniendo predominancia de viento y baja temperatura en la época seca del año principalmente en los meses de noviembre y diciembre

6.1.6.2.Temperatura:

La temperatura de la región varía, dependiendo de la época del año, presentando una temperatura máxima de 19°C, y una temperatura mínima de 6°C.

6.1.6.3.Precipitación pluvial:

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en San Lorenzo varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 5.8 meses, de 10 de mayo a 3 de noviembre, con una probabilidad de más del 36 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en San Lorenzo es septiembre, con un promedio de 20.3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 6.2 meses, del 3 de noviembre al 10 de mayo. El mes con menos días mojados en San Lorenzo es enero, con un promedio de 0.8 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

6.1.6.4. Humedad relativa:

El rango de humedad relativa que se encuentra en la región de la estación experimental "Labor Ovalle", es de 70 a 75%.

6.1.6.5. Vientos:

La velocidad promedio del viento por hora en San Lorenzo tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 5.8 meses, del 13 de enero al 6 de julio, con velocidades promedio del viento de más de 6.6 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en San Lorenzo es marzo, con vientos a una velocidad promedio de 7.4 kilómetros por hora.

6.1.6.6.Zona de vida:

Según Holdridge la topografía de esta formación es de montañosa a escarpada. Su vegetación se conserva inalterada. Se observa en ciertas áreas el pastoreo, a pesar que por su alta humedad y baja temperatura es impropia para labores agropecuarias.

***6.1.6.7.*Suelos:**

San Lorenzo, se encuentra localizado en el tipo de II. Suelos de la Altiplanicie Central. Por sus características incluyen pendientes escarpadas, por suelos profundos y erosionados, que está densamente poblados y que ha sido continuamente cultivados, los rendimientos agrícolas son bajos, el estudio de suelos realizado por Charles Simmons, clasifica los suelos de San Lorenzo de la siguiente manera: Suelos pastito: son profundos, drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica en un clima húmedo seco y ocupan terrenos severamente erosionados que colindan con las montañas altas.

7. Objetivos

7.1. General:

1. Evaluar dos abonos orgánicos en combinación con tres dosis de fertilizante químico sobre el rendimiento y calidad del grano en el cultivo del trigo ***(Triticum aestivum L.***) en ICTA, Labor Ovalle, Olintepeque, Quetzaltenango y sector los Cifuentes, San Lorenzo, San Marcos.

7.2. Específicos:

1. Identificar la interacción de abono orgánico y químico que mejor rendimiento presente a la variedad ICTA Don Vale bajo las condiciones climáticas de las localidades.
2. Conocer el efecto de los diferentes abonos orgánicos con dosis de fertilizante químico sobre componentes del peso en el grano del trigo ICTA Don Vale.
3. Realizar un análisis económico de los abonos orgánicos con su utilización ante el uso tradicional de fertilizantes.

8. Hipótesis

H_{o1}. La aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos no genera diferencias significativas en el rendimiento total del cultivo de trigo (Tn/ha).

H_{o2}. El uso combinado de abonos orgánicos e inorgánicos no influye significativamente en el peso de 1000 granos de trigo, respecto a los tratamientos

H_{o3}. No existen diferencias estadísticas significativas en el peso hectolítrico del grano de trigo entre tratamiento.

H_{o4}. Los tratamientos con diferentes combinaciones de abono orgánico no afectan significativamente el contenido de humedad afectando la calidad del grano.

H_{o5}. No existen diferencias significativas en la altura de la planta de trigo **(*Triticum aestivum* L.)** entre los tratamientos aplicados con diferentes combinaciones de abonos orgánicos y dosis de fertilizante químico.

9 Materiales y métodos

9.1. Material experimental:

9.1.1 Fertilizantes químicos

Fertilizante trie 15-15-15 lo que significa que contiene:

15% de nitrógeno

15% de fósforo y

15% de potasio.

9.1.2. Fertilizante 21-17-3 + 1% MgO + 5% S + 0.1% Zn.

Esto significa que contiene:

21% de nitrógeno (N)

17% de fósforo (P_2O_5)

3% de potasio (K_2O)

5% de azufre (S)

1% de magnesio (MgO)

0.15% de zinc (Zn)

9.1.3. Abono orgánico

Abono orgánico (Bovinaza)

Abono orgánico (Ovinaza)

9.1.4. Materiales de campo

- Lote de terreno
- Cinta métrica

- Herramientas manuales (azadones, rastrillos, machete, etc.)
- Estacas de madera
- pita para trazado de parcelas
- Bomba fumigación
- Balanza
- Cámara fotográfica.

9.2 Método

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y empleó un diseño experimental de campo, con el objetivo de evaluar el efecto de la combinación de dos tipos de abonos orgánicos y tres dosis de fertilizante químico sobre el rendimiento y la calidad del cultivo de trigo ***(Triticum aestivum L.).***

Para la aplicación del experimento, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, adecuado para reducir la variabilidad del terreno y obtener resultados más confiables. Este diseño permitió distribuir los tratamientos de forma aleatoria dentro de cada bloque, asegurando condiciones similares en cuanto a factores no controlables como textura del suelo, pendiente o exposición solar.

El estudio se llevó a cabo en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala, seleccionadas por su representatividad agroclimática en la producción de trigo. En cada localidad se estableció el mismo diseño experimental, conformado por siete tratamientos, implementando dos tipos de abonos orgánicos bovinaza y ovinaza con tres dosis distintas de fertilizante químico (50 %, 75 % y 100 %).

Los tratamientos fueron replicados cuatro veces por localidad, conformando un total de 28 unidades experimentales por sitio. Cada unidad experimental consistió en una parcela de área definida, manejada de forma homogénea en cuanto a siembra, riego y control de plagas.

Durante el ciclo del cultivo, se registraron variables agronómicas y de calidad, tales como: rendimiento por hectárea (kg/ha), peso de 1000 granos (g), peso hectolítrico (kg/hl), contenido de humedad del grano (%) y altura de planta (cm).

Al finalizar la cosecha, los datos fueron organizados y sometidos a un análisis estadístico mediante análisis de varianza, para detectar diferencias significativas entre tratamientos. En los casos donde se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar cuáles tratamientos presentaban efectos diferentes. El análisis fue realizado utilizando el software estadístico InfoStat.

9.3 Diseño Experimental

Para el desarrollo de la presente investigación, se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial 7×4 y 4 repeticiones. Este tipo de diseño permite evaluar no solo el efecto individual de cada uno de los factores considerados, sino también su posible interacción sobre la variable de respuesta. La inclusión de bloques busca controlar la variabilidad no deseada en las condiciones experimentales.

Tabla 1

Descripción de diseño experimental

DESCRIPCION	LOCALIDAD No. 1	LOCALIDAD No. 2
Tratamientos	7	7
Repeticiones	4	4
Unidades experimentales	28	28

Fuente: Elaborado por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

9.4 Modelo estadístico:

9.4.1 Bloques completos al azar:

Se utilizó este modelo estadístico para reducir y controlar la varianza del error experimental, para tener mayor precisión y para que los resultados puedan ser relativamente homogéneas con respecto a los factores que pueden afectar la variable de respuesta.

El modelo es el siguiente: $Yijk = \mu + Bi + S\,j + Eij(a) + VK + (SV)\,jk + Eijk\,(b)$

Yijk = es la observación de la variedad k, en el sistema de labranza j, en el bloque i.
μ = es la media verdadera general.
Bi = es el efecto del bloque i
Sj= es el efecto del sistema j
Eij(a)= es el error experimental en parcelas grandes.
Vk= es el efecto de la variedad k
SVjk= es el efecto de la interacción del sistema j variedad k
Eijk (b) =es el error experimental de las subparcelas.

Tabla 2

Distribución de Tratamientos

No.	Tratamientos	Cantidad de 15-15-15	Cantidad de KNO_3	Cantidad de (21-17-3 + 1% MgO + 5% S + 0,1% Zn)	Cantidad abono orgánico
T1	Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (100%)	91Kg/Ha.	185 Kg/Ha.	114 Kg/Ha	117 Kg/Ha.
T2	Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (100%)	91 Kg/Ha.	185 kg/Ha.	114 Kg/Ha	117 Kg/Ha
T3	Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (75%)	60Kg/Ha.	136 Kg/Ha.	85 Kg /Ha.	117 Kg/Ha
T4	Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (75%)	60Kg/Ha.	136 Kg/Ha.	85 Kg /Ha.	117 Kg/Ha
T5	Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (50%)	44 Kg/Ha.	91Kg/Ha.	57Kg/Ha.	117 Kg/Ha
T6	Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico (50%)	44 Kg/Ha.	91Kg/Ha.	57Kg/Ha.	117 Kg/Ha
T7	Químico (Testigo)	91 Kg/Ha.	185 Kg/Ha.	114 Kg/Ha	00 Kg/Ha.

Fuente: Elaborado por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Tabla 3

Croquis de distribución de tratamientos en las dos áreas de investigación

1 m Espalda

Bloque I	T7 **Químico**	T3 **Ovinaza +20-20-0 (75%)**	T2 **Bovinaza +20-20-0 (100%)**	T1 **Ovinaza+ 20-20-0 (100%)**	T6 **Bovinaza + 20-20-0 (50%)**	**T4** **Bovinaza +20-20-0 (75%)**	T5 **Ovinaza + 20-20-0 (50%)**

1 m Calle

Bloque II	T5 **Ovinaza + 20-20-0 (50%)**	T2 **Bovinaza +20-20-0 (100%)**	T3 **Bovinaza +20-20-0 (100%)**	T7 **Químico**	T4 **Bovinaza +20-20-0 (75%)**	T6 **Bovinaza + 20-20-0 (50%)**	T1 **Ovinaza+ 20-20-0 (100%)**

1 m Calle

Bloque III	T4 **Bovinaza +20-20-0 (75%)**	T5 **Ovinaza + 20-20-0 (50%)**	T7 **Químico**	T6 **Bovinaza + 20-20-0 (50%)**	T2 **Bovinaza +20-20-0 (100%)**	T1 **Ovinaza+ 20-20-0 (100%)**	T3 **Bovinaza +20-20-0 (100%)**

1 m Calle

Bloque IV	T5 **Ovinaza + 20-20-0 (50%)**	T2 **Bovinaza +20-20-0 (100%)**	T3 **Ovinaza +20-20-0 (75%)**	T7 **Químico**	T4 **Bovinaza +20-20-0 (75%)**	T6 **Bovinaza + 20-20-0 (50%)**	T1 **Ovinaza+ 20-20-0 (100%)**

1 Metro entre tratamientos

Fuente: Elaborado por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

9.4.2 Dimensiones de las unidades experimentales y parcelas netas.

Tabla 4

Dimensiones de unidades experimentales y parcelas netas

Descripción	Localidad No. 1	Localidad No.2
Área de unidad experimental	16 m^2	16 m^2
Área total del ensayo incluye caminos	672 m^2	672 m^2
Área neta ensayo sin caminos	560 m^2	560 m^2
Total, de parcelas del ensayo	28	28
Distancia entre bloques	1 m.	1 m.
Distancia entre parcelas	1m.	1m.
Distancia entre repeticiones	1m.	1m.

Fuente: Elaborado por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

9.5 Variables de respuestas

9.5.1 Rendimiento en Kg/Ha.

El rendimiento (kg/ha), fue calculado tomando referencia el rendimiento en g/parcela obtenida de cada una de las unidades experimentales, y utilizando la siguiente relación matemática.

$$Rc = Pc = \frac{1000}{Anc} * \frac{100 - HC}{100 - HE}$$

Donde:

Rc = Rendimiento en kg/ha

Pc = Peso de campo o peso de rendimiento fresco en kg

Anc = Área neta cosechada en m2

HC = Humedad de cosecha

HE= Humedad estándar

9.5.2 Peso de mil granos de trigo

El peso de mil granos es una medida utilizada para evaluar el tamaño y densidad de los granos. En esta investigación se ha determinado pesando una muestra de mil granos secos y limpios, y se expresa en gramos. Este indicador está directamente relacionado con el potencial de rendimiento y la calidad del grano, ya que refleja el llenado del grano durante el desarrollo del cultivo.

Se recolectó una muestra representativa de granos secos y limpios, y se contaron mil unidades para ser pesadas en una balanza analítica con precisión de 0.01 g. Este parámetro refleja el llenado del grano y la eficiencia de la planta en el uso de fotosintatos, siendo un componente directo del rendimiento. (Ver Anexo 17)

9.5.3 Humedad

La humedad hace referencia al contenido de agua presente en el suelo, el aire o los tejidos de la planta. La humedad relativa del grano al momento de la cosecha es un factor crítico, ya que influye en la conservación, el peso y la calidad del producto. También puede referirse a la humedad del suelo, la cual afecta la disponibilidad de agua para el cultivo.

Se utilizó un medidor de humedad y se colocó la mmuestra de grano en el vaso posteriormente se encendió el medidor, se colocó la muestra del grano en la cámara de

medición se presionó el botón de lectura y presento el porcentaje de humedad (Ver Anexo 15)

9.5.4 Altura de planta

La altura de planta fue determinada midiendo desde la base del tallo hasta el extremo superior de la espiga, excluyendo las aristas, en un área de un metro cuadrado por repetición, dentro de cada unidad experimental. Esta variable morfológica es un indicador clave del desarrollo vegetativo del cultivo, ya que está directamente relacionada con la capacidad de intercepción de luz, acumulación de biomasa aérea, y en ciertos casos, con la susceptibilidad al acame (caída de las plantas), fenómeno que puede comprometer el rendimiento final del cultivo.

9.5.5 Peso hectolitrito

El peso hectolítrico es una medida de la densidad del grano a granel, expresada en kilogramos por hectolitro (kg/hl). Se determina llenando un volumen estándar (un hectolitro) con grano y pesándolo.

Se utilizó un recipiente estándar de volumen conocido (1 hectolitro) y una balanza de precisión. El grano fue vertido por gravedad en el recipiente sin compactarlo manualmente. Esta medición permite estimar la densidad aparente del grano, un atributo asociado a su calidad comercial e industrial. (Ver anexo 20)

Tabla 5

Características evaluadas de variables de rendimiento

COMPONENTES DE RENDIMIENTO	CARACTERISTICAS CUALITATIVAS	RENDIMIENTO POTENCIAL
Peso hectolitrico	Altura de planta	Rendimiento de grano (t. ha-1)
Humedad %		
Peso de mil granos		

Nota. Esta tabla muestra variables asociadas al rendimiento agrícola según distintos enfoques fisiológicos y productivos.

9.6 Manejo específico del experimento

9.6.1 Fase de campo

9.6.1.1 Análisis de suelo

Se tomó muestras de suelo y se enviaron para su análisis en el Laboratorio del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA) ubicada en el Km. 21.5 Carretera CA-9, Villa Nueva, Guatemala. Con la finalidad de determinar el nivel de nutrientes disponibles para el cultivo. También se envió una muestra de cada abono orgánico a ser utilizado, para su respectivo análisis. (ver anexo 8,9,10,11,12)

9.6.1.2 Preparación del suelo

La preparación del suelo para la siembra consistió en realizar un barbecho profundo aproximadamente de 40 cms. realizándolo un mes antes de la siembra. También ayuda para exponer microorganismos, plagas que se encuentren.

Previo al trazado de parcelas se trabajó con rastrillos en la nivelación del suelo en el área establecida, para evitar los surcos que deja la rastra de discos. (Ver anexo 14)

9.6.1.3 Trazado de parcelas

Posterior a la preparación de suelo se trazaron y delimitaron las parcelas con la ayuda de estacas y pita para el trazo del croquis del diseño, previamente establecido. Las medidas de cada parcela serán de 4 metro cuadrados.

9.6.1.4 Manejo nutricional orgánico

Se adicionó el abono orgánico en las parcelas correspondientes al manejo, la cantidad de 5 kg por parcela, en este caso equivalente a un Kg/m2 es decir una dosis de 10 T/ha. Esta dosis fue previamente establecida considerando los requerimientos medios del cultivo de trigo.

9.6.1.5 Abonos orgánicos:

Los tratamientos que se implementarán en las áreas experimentales fueron:

Ovinaza: en cada área experimental se utilizó 68.18 Kg. de abono de oveja ya tratado haciendo un total de 3 quintales para aplicar a las dos áreas experimentales

Bovinaza: dentro de cada área experimenta se utilizó 68.18 Kg. de abono orgánico ya tratado, haciendo un total de 3 quintales para aplicar a las dos áreas experimentales

9.6.1.6 Siembra

Se utilizó un rayador, trazando cada surco a 30 cms. Para posteriormente depositar la semilla. En cada tratamiento salieron 13 surcos por 16 metros cuadrados, utilizando 14 libra

de semilla en cada localidad. Para la siembra, se cuidó que las semillas quedaran uniformemente distribuidas en toda la hilera, luego se cubrieron las semillas, procurando que quedaron a profundidad máxima de 2 cm y con el suelo provisto de suficiente humedad para facilitar el proceso de germinación-emergencia. (Ver anexo 16)

9.6.1.7 Variedad mejorada de trigo:

La variedad de trigo evaluada en las áreas experiméntales es ICTA don Vale, cada tratamiento tendrá 4 metros cuadrados y 13 surcos para siembra, en cada surco se utilizó 15 gramos de semilla, haciendo un total de 225 gramos por cada tratamiento, multiplicado por los 28 tratamientos nos hace un total de 6,300 gramos utilizando aproximadamente 14 libras en la siembra de solo un área experimental. (Ver Anexo17)

9.6.1.8 Control de malezas:

Se realizaron aplicaciones de 2, 4 D (Hedanol) a razón de 2 l/ha a los 35 DDS, posteriormente el control de malezas de hoja ancha y el control de malezas de hoja angosta será manual aproximadamente a los 50 días después de la siembra y en forma escalonada. (Ver anexo 15)

9.6.1.9 Manejo nutricional químico

Tomando en cuenta los análisis de suelo, las necesidades del cultivo, en las parcelas correspondientes al manejo nutricional químico al momento de la siembra, se aplicó una cantidad por tratamiento. Los cálculos y el análisis para la dosificación del fertilizante químicos en el manejo nutricional químico se podrán observar en el cuadro de tratamientos

9.6.1.10 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual y se colocó en sacos etiquetados correspondientes a cada tratamiento para su posterioridad ser trillarlo. (Ver anexo 22)

9.7 Post cosecha

9.7.1 Trilla

Para la trilla del material cosechado se utilizó una máquina cosechadora en cada grano trillado se colocó en saquillos de lienzo correctamente etiquetado. (Ver anexo 22)

9.7.2 Limpieza de grano y secado

Para la limpieza y secado del grano se utilizó un ventilador de granos para parcelas experimentales con motor eléctrico y las instalaciones de un invernadero de secado.

9.8 Tabulación de datos

9.9.1. Análisis económico

Para este análisis económico, se utilizó la metodología de CIMMYT, Presupuestos parciales.

El análisis de presupuesto parcial es una herramienta económica que permite comparar diferentes tratamientos agrícolas a partir de los costos e ingresos que realmente cambian entre ellos. Se enfoca en evaluar si la adopción de una tecnología (como una fertilización diferente) genera un beneficio económico para el productor. A continuación, se describe paso a paso cómo se aplica esta metodología.

9.8.2.1 Determinación del ingreso bruto (valor de producción)

Se calculó multiplicando el rendimiento obtenido por tratamiento (por ejemplo, en toneladas por hectárea) por el precio de venta del producto. La fórmula que se utilizó fue:

$$Ingreso\ bruto = Rendimiento\left(\frac{t}{ha}\right) * precio\ unitario\ (\frac{Q}{t})$$

El ingreso bruto representa el beneficio total que el productor obtendría de la venta del producto, antes de restar cualquier costo. Es el punto de partida para evaluar la rentabilidad.

9.8.2.2 Identificación de los costos que varían

Se incluyeron únicamente los costos que son diferentes entre tratamientos. Estos pueden ser:

Fertilizantes químicos y abonos orgánicos.

Mano de obra (jornales)

Semilla mejorada

Aplicación de productos (herbicidas)

El presupuesto parcial excluye costos comunes o fijos (como renta de la tierra o labranza inicial), porque no afectan la comparación entre tratamientos. Esto hace el análisis más enfocado y útil para la toma de decisiones.

9.8.2.3 Cálculo del margen neto

El margen neto se obtiene restando los costos que varían al ingreso bruto:

$$\text{Margen neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costos variables}$$

El margen neto indica cuánto beneficio real genera cada tratamiento. Es la base para decidir cuál opción es más rentable.

9.9.1.4. Análisis de dominancia

Se ordeno los tratamientos de menor a mayor costo variable. Si un tratamiento cuesta más pero no genera mayor margen neto, se considera dominado y se elimina del análisis. Esto permite descartar tratamientos ineficientes, que requieren mayor inversión sin justificarlo con una ganancia mayor. Ayuda a concentrarse en las opciones realmente viables.

9.9.1.5.Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR)

Se comparó el cambio en ganancia respecto al cambio en costos entre los tratamientos consecutivos no dominados:

La TMR permitió evaluar si el beneficio adicional justifica la inversión extra. Se compara con una TMR mínima aceptable, que suele ser entre 50% y 100% dependiendo del contexto del agricultor.

9.9.1.6. Análisis estadísticos:

El análisis estadístico se realizó utilizando el software InfoStat, el cual permite aplicar métodos estadísticos robustos para evaluar diferencias entre tratamientos experimentales.

9.9.1.7.Ingreso y organización de datos

Los datos experimentales recolectados en campo fueron, peso de mil granos, humedad del grano, altura, peso hectolitrico, y de planta fueron ingresados en InfoStat, organizados en columnas por variable y filas por unidad experimental

9.9.1.8.Análisis de varianza (ANOVA)

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para cada variable evaluada.

9.9.1.9.Prueba de comparación de medias

Cuando el ANOVA resultó significativo ($p \leq 0.05$), se aplicó una prueba de comparación de medias para identificar diferencias específicas entre tratamientos. La prueba utilizada fue la de Tukey. Esta prueba ayudo a identificar cuáles tratamientos eran diferentes entre sí, manteniendo el control del error tipo.

9.9.1.10. Representación gráfica

Se elaboraron gráficos de barras con letras significativas sobre cada tratamiento, usando el módulo de gráficos de InfoStat. Esto permitió visualizar de manera clara las diferencias en las variables medidas entre tratamientos.

9.9.1.11. Supuestos del ANOVA

Se verificaron los supuestos de normalidad prueba de Shapiro-Wilk.

9.9.2. Clasificación de variables

Tabla 6

Variables dependientes e independientes

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES
Peso hectolitrico Kg/Hl. Altura Cms. Peso de mil granos gramos. Humedad %	Aplicación de fertilizante orgánico y fertilizante químico.

Fuente: Elaborado por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

10. Discusión de resultados

10.1. **Resultados obtenidos en el área de investigación No.1 ubicada en la estación experimental Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Labor Ovalle, (ICTA) Olintepeque, Quetzaltenango.**

Resultados de la estación experimental "Labor Ovalle" del Instituto de Ciencia Y Tecnología Agrícolas (ICTA), se ubica en el municipio de Olintepeque, Departamento de Quetzaltenango. Se muestran los resultados de los tratamientos según variables evaluadas durante la investigación.

Tabla 7

Prueba de normalidad de datos de rendimiento en Tn/Ha. De Quetzaltenango.

Variable		Ma	D.E.	W	p (Unilat D)
Tn/Ha.	28	0.97	0.34	0.93	0.227

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El estadístico W = 0.93 indica el grado de ajuste entre la distribución de los datos observados y una distribución normal teórica. Sin embargo, el valor más relevante para la toma de decisiones es el valor p ($p = 0.2271$).

Este valor es mayor al umbral comúnmente utilizado de significancia ($\alpha = 0.05$), lo que implica que no se rechaza la hipótesis nula (H_0) del test de Shapiro-Wilk. Es decir, no se encontraron evidencias estadísticas suficientes para afirmar que los datos se desvían significativamente de una distribución normal.

Desde una perspectiva estadística, esto permite asumir la normalidad de los datos de rendimiento (Tn/Ha.) en la muestra evaluada, condición fundamental para la aplicación de

procedimientos paramétricos como el Análisis de Varianza, pruebas t, y modelos lineales generales, entre otros.

10.1.1. Variable rendimiento

Tabla 8

Análisis de varianza de peso de rendimiento

Variable	N	R	Aj	CV
Tn/Ha	28	0,52	0,28	20

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	1,62	9	0,18		
				2,14	0,0805
No. De Orden	0,85	3	0,28		
				3,36	0,0416
Tratamiento.	0,77	6	0,13		0,2235
				1,53	
Error	1,51	18	0,08		
Total	3,13	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

En la tabla anterior se detallan los datos del rendimiento de trigo expresados en Toneladas por hectárea. Los tratamientos no presentaron diferencia significa alguna debido a que el F valor es mayor al p-valor, por lo que el rendimiento en base al análisis de varianza no existe alguno que se diferencie ante los demás.

Sin embargo, en base a las medias de cada tratamiento, se procedió a realizar una prueba de múltiple de medias para conocer el rendimiento promedio de cada tratamiento. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9

Prueba múltiple de medias para variable de rendimiento

Tratamientos	Medias (Tn/ha)	n	E.E.	
T6	1,21	4	0,14	A
T4	1,14	4	0,14	A
T2	1,06	4	0,14	A
T1	0,94	4	0,14	A
T7	0,9	4	0,14	A
T5	0,76	4	0,14	A
T3	0,74	4	0,14	A

Nota: El cuadro muestra las medias según tratamiento de datos obtenidos en campo 2024.

En base a la prueba de medias realizada se obtuvo que en cada tratamiento no hay diferencia estadística, no obstante, se puede observar que el tratamiento 6 (Abono orgánico (bovinaza) + fertilizante químico (50%) presentó una media de 1,21 Tn/Ha siendo las más alta en relación a las demás, seguidamente el tratamiento 4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (75%)), presentó una media de 1,14 Tn/HA, y el tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (100%)) tuvo un rendimiento de 1.06 TN/HA, siendo los tratamiento que tuvieron mayor ante los demás. El tratamiento T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%) fue el que tuvo el rendimiento más bajo siendo de 0,74.

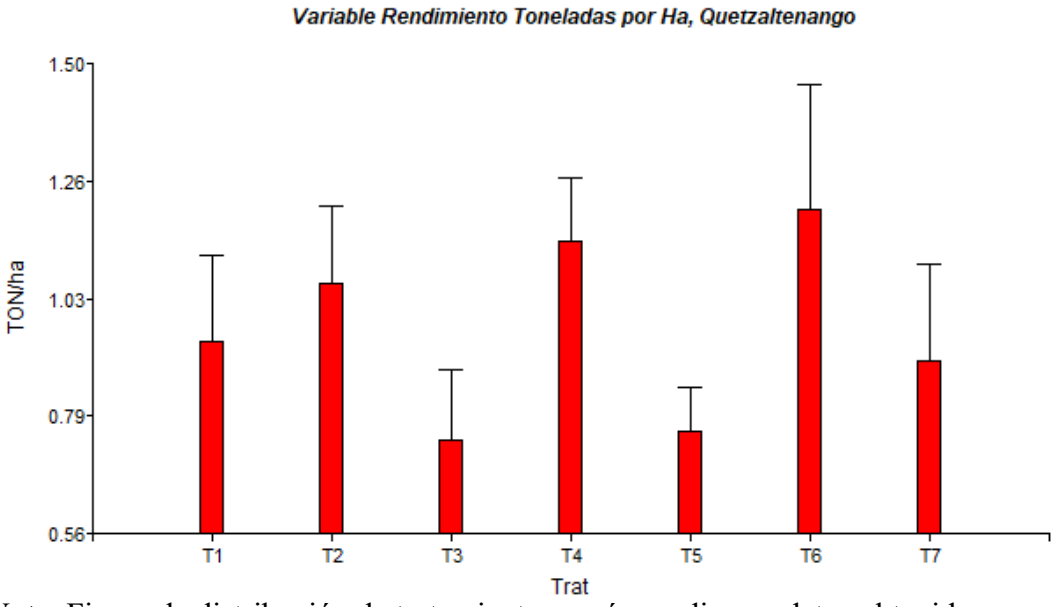
Los resultados anteriores muestran que los rendimientos obtenidos por cada tratamiento fueron superior al rendimiento promedio del trigo Guatemala de 0.47 Tn/Ha (MAGA, 2021). El rendimiento promedio en el país se considera bajo, por lo tanto, los tratamientos evaluados durante la investigación están sobre lo que la media establecida en el país.

Algunos factores que diferenciaron a los tratamientos fueron los porcentajes utilizados por los productos químicos, se puede establecer que la diferencia se debe a la ley de Justus Von Liebig, donde el factor de crecimiento es deficiente, el crecimiento de la planta está limitado incluso si el resto de los elementos en la planta son los adecuados. La limitación se revertirá reestableciendo niveles adecuados del elemento limitante.

En la siguiente figura se muestra la distribución de medias según cada tratamiento.

Figura 1

Comparación de rendimiento en Tonelada /Hectárea según tratamiento



***Nota**:* Figura de distribución de tratamientos según media con datos obtenidos en campo 2024.

La figura de rendimiento muestra que el Tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ fertilizante químico 50% obtuvo el mayor rendimiento con 1.3 Tn/Ha, lo cual resalta el potencial de esta combinación para mejorar significativamente el rendimiento del trigo. Este resultado puede explicarse por el efecto sinérgico entre el fertilizante químico, que proporciona nutrientes de rápida disponibilidad, y la bovinaza, que aporta materia orgánica

y nutrientes de liberación progresiva, mejorando la retención de agua, la aireación del suelo y la actividad microbiológica.

Por el contrario, los tratamientos T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%) y T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) presentaron los rendimientos más bajos (0.7–0.8 Tn/Ha).

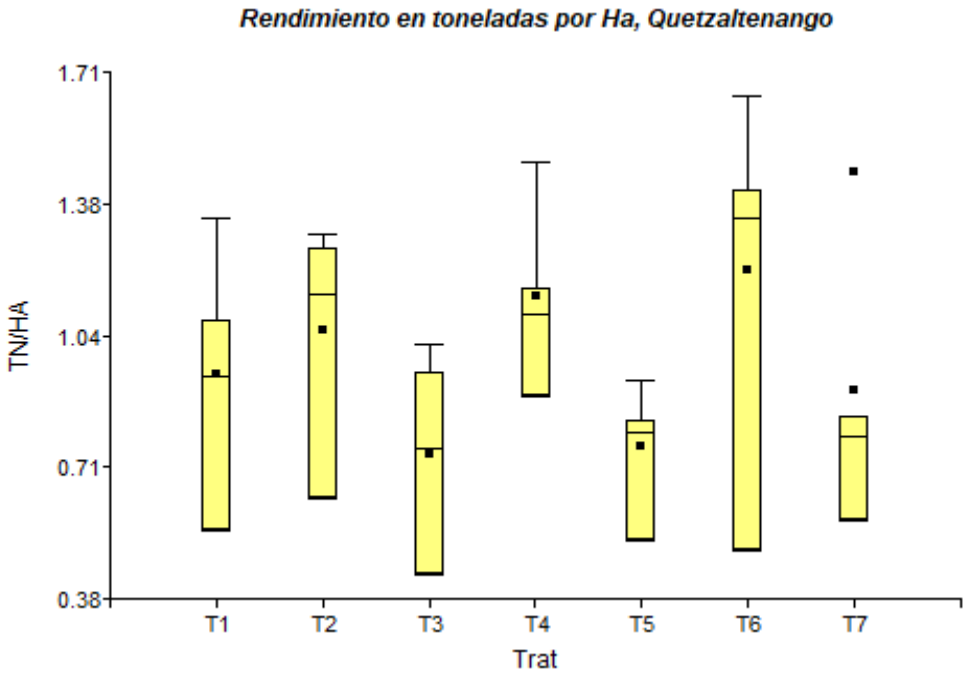
Respecto a los tratamientos que utilizaron bovinaza (cuyo análisis físico-químico fue proporcionado), se observa lo siguiente:

T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) y T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) registraron rendimientos estables entre 1.0 y 1.1 ton/ha. Esto concuerda con el análisis del abono bovino, el cual mostró un contenido adecuado de: Nitrógeno (1.73%), importante para el desarrollo foliar, potasio (0.70%), que favorece la floración y el llenado del grano, calcio (1.08%) y magnesio (0.17%), que fortalecen la estructura celular y la fotosíntesis. Además, una alta materia orgánica (81.6%) y una relación de 27.4, que indica liberación moderada de nitrógeno, útil para sostener el cultivo a lo largo de su ciclo.

Estos valores explican en parte el buen comportamiento productivo de los tratamientos con bovinaza, especialmente cuando se combina con dosis bajas de fertilizante químico.

Figura 2

Box plot de Rendimiento en Toneladas por Hectaria



***Nota**:* Figura de distribución de tratamientos según media con datos obtenidos en campo 2024.

En el gráfico de InfoStat, el box plot fue útil para observar que el Tratamiento 4 ofrece un rendimiento alto y estable, mientras que T6, aunque muy productivo en algunos casos, es variable y menos predecible. En la siguiente tabla se da la interpretación de la gráfica anterior.

Tabla 10

Interpretación de grafica de Box Plot de rendimiento Tn/Ha. de Quetzaltenango

Tratamiento	Mediana aprox.	Promedio (cuadrado)	Rango	Observaciones
T1	~1.00	Ligeramente > 1.00	Amplio	Variabilidad alta
T2	~1.20	~1.05	Amplio	Buen rendimiento, algo disperso
T3	~0.71	Similar a la mediana	Menor rango	Rendimiento bajo, menor dispersión
T4	~1.15	~1.15	Estrecho	Rendimiento alto y estable
T5	~0.65	~0.75	Estrecho	Bajo rendimiento
T6	~1.30	~1.00	Muy amplio	Alta variabilidad, valores extremos
T7	~0.70	~0.80	Muy estrecho	Tiene valores atípicos

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El análisis del rendimiento en toneladas por hectárea Tn/Ha para los siete tratamientos evaluados en la localidad de Quetzaltenango revela diferencias significativas tanto en el nivel de producción como en la estabilidad de los resultados obtenidos.

El Tratamiento T4 se destaca como el más equilibrado y confiable. Presenta una mediana elevada, una caja intercuartílica estrecha y ausencia de valores atípicos, lo cual indica alta productividad con baja variabilidad entre repeticiones. Este tratamiento ofrece una opción segura y consistente para maximizar el rendimiento bajo condiciones controladas o comerciales.

El Tratamiento T6 presenta la mediana más alta entre todos los tratamientos, lo que indica un alto potencial productivo. Sin embargo, muestra una elevada variabilidad, con una amplia dispersión de los datos y presencia de valores atípicos. Esto sugiere que, aunque puede

alcanzar rendimientos superiores, su comportamiento es menos predecible, y su desempeño depende en gran medida de factores externos o condiciones específicas.

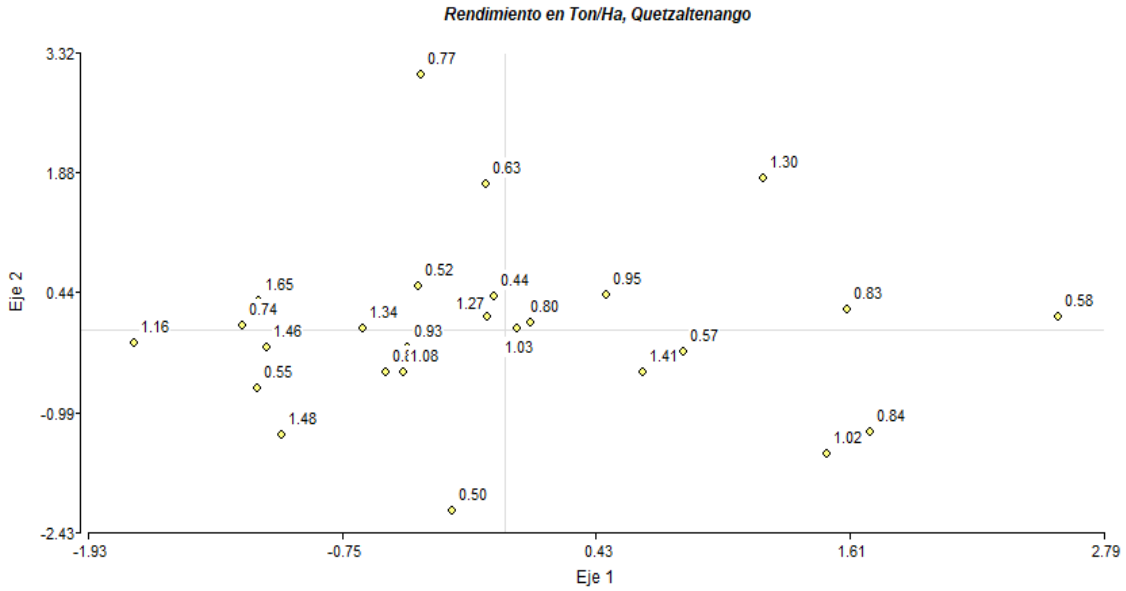
Los tratamientos T1 y T2 presentan rendimientos intermedios con variabilidad moderada. En el caso de T2, se observa un rendimiento relativamente alto con dispersión considerable, lo que podría representar una opción aceptable si se tolera cierta inestabilidad. T1, por su parte, muestra una variabilidad alta y un rendimiento medio, por lo que no resulta ideal para asegurar una producción homogénea.

T3 y T5 se ubican entre los tratamientos con menores niveles de rendimiento. Aunque presentan cajas estrechas que indican consistencia, sus medianas son bajas, lo que sugiere que son menos eficientes en términos productivos, incluso si su comportamiento es estable.

Finalmente, T7 es uno de los tratamientos con menor rendimiento y presencia de valores atípicos, lo cual indica tanto baja productividad como comportamiento irregular, reduciendo su viabilidad como tratamiento recomendado.

Figura 3

Análisis de correspondencia de variable rendimiento en Tonelada/Hectárea



Nota: Distribución de datos según análisis de correspondencia con datos de campo 2024.

En la figura anterior se observan valores de rendimiento numéricos junto a algunos puntos, que representar el rendimiento en Tn/Ha, en base a los datos tomados en el área de investigación de Olintepeque, Quetzaltenango.

Algunos puntos tienen valores más altos, como 1.65 Ton/Ha, 1.30 Tn/Ha y 1.41 Ton/Ha, lo que sugiere rendimientos superiores en esas ubicaciones.

Otros puntos tienen valores más bajos, como 0.50 Tn/Ha, 0.55 Tn/Ha y 0.57 Tn/Ha, lo que indica zonas con menor rendimiento. La gráfica de correspondencias nos indica que si existió variabilidad en relación a los rendimientos.

10.1.2. Variable de peso de 1,000 granos/gr

Tabla 11

Análisis de varianza de la variable peso de 1,000 granos/gr.

Variable	N	R	Aj	CV
Peso 1,000 granos	28	0,32	0	8,83

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	88,13	9	9,79	0,92	0,5292
No de Orden	42,09	3	14,03	1,32	0,2987
Tratamiento.	46,04	6	7,67	0,72	0,6373
Error	191,26	18	10,63		
Total	279,38	27			

Nota: Análisis de varianza para variable de 1000 granos en base a datos de campo 2024.

En la tabla de peso de 1,000 granos podemos observar que el F valor es mayor al p-valor por lo que no hay diferencia significativa, entre tratamientos, por lo que el análisis de varianza indica que se diferencie de los demás tratamientos.

Esta variable es fundamental desde el punto de vista de la producción de semillas la variable de peso de 1,000 granos es una característica utilizada como parámetro fundamental para seleccionar variedades con buena calidad física y fisiológica (Velásquez, 2,008).

Tabla 12

Prueba de múltiples de medias de peso de 1,000 granos/gr

Tratamientos	Medias(gramos)	N	E.E.	
T7	38,73	4	1,63	A
T2	38,6	4	1,63	A
T1	37,18	4	1,63	A
T6	36,9	4	1,63	A
T5	36,33	4	1,63	A
T3	35,55	4	1,63	A
T4	35,15	4	1,63	A

Nota: Prueba múltiple de medias para la variable de peso de 100 granos en base a datos de campo 2,024.

Según la tabla anterior el tratamiento T7 (Testigo) tiene una media de 38.73 gramos siendo la más alta seguidamente el tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) donde la media es de 38.6 gramos y la media del tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) es la que tiene la media más baja de todos los tratamientos siendo de 35.15 gramo. Según (Velásquez, 2,008) hace mención la importancia del peso de mil semillas es parámetro fundamental para seleccionar variedades con buena calidad física y fisiológica, no así el peso hectolitrito.

Variedades con mayor peso y tamaño de semilla tienden a acumular mayor cantidad de materia seca en las primeras etapas de desarrollo de la planta, mientras que variedades con menor peso de mil semillas tienden a presentar menor longitud de coleóptilo y mayor velocidad de emergencia.

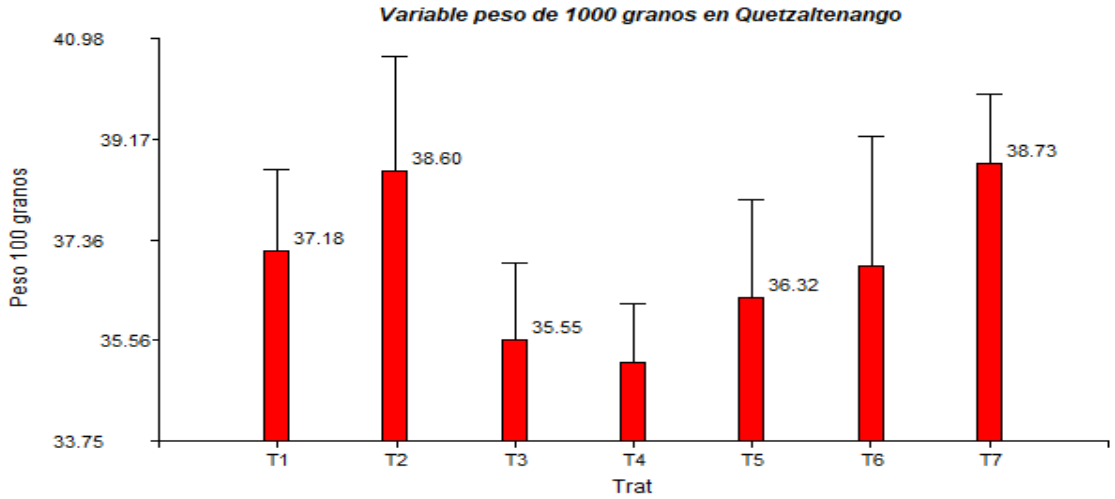
Para Hewstone, (1,998) el peso del grano es un importante componente del rendimiento, pero muy dependiente de las condiciones ambientales en fase de llenado de

gran. Estos resultados pueden estar relacionados a una mejor condición climática en la fase de llenado corroborado con los datos de que no haya existido diferencia significativa entre los tratamientos.

Aunque el tratamiento T7 obtuvo el mayor valor promedio (38.73 g) y el T4 el menor (35.15 g), las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas según la prueba de comparación múltiple (todos agrupados en el grupo "A"). Esto indica que ningún tratamiento superó significativamente a los demás bajo las condiciones del experimento, por lo que cualquier elección entre ellos debe considerar otros factores agronómicos, económicos o de manejo.

Figura 4

Comparación de variable peso de 1,000 granos



Nota: Gráfica de distribución de tratamientos según media con datos obtenidos en campo 2024.

El tratamiento que obtuvo el mayor peso de 1.000 granos fue el tratamiento tratamiento T6 (Abonos orgánico (Bovinaza)+fertilizante químico 50%) tiene una media de 38.73 gramos y el tratamiento que obtuvo un menor peso es el tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) es la que tiene la media más baja de todos

los tratamientos siendo de 35.15 gramo el peso de mil semillas es parámetro fundamental para seleccionar variedades con buena calidad física y fisiológica, no así el peso hectolitrito.

10.1.3. Variable altura

Tabla 13

Análisis de varianza para la variable altura cms.

Variable	N	R	R	Aj	CV
Altura	28	0,35		0,02	7,13

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	0,04	9	4,80-03	1,07	0,4257
No. De Orden	0,02	3	0,01	1,13	0,3642
Tratamiento.	0,03	6	4,70-03	1,05	0,4282
Error	0,08	18	4,50-03		
Total	0,12	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la altura de las plantas. Aunque el experimento fue preciso (CV bajo), El número de orden (posiblemente asociado a la repetición o bloque) no tiene un efecto significativo ($p = 0.3642$). Esto sugiere que la posición o secuencia experimental no influyó notablemente en la altura. Es por ello que se realizó la prueba múltiple de medias.

Tabla. 14

Prueba de múltiple de medias para variable de altura

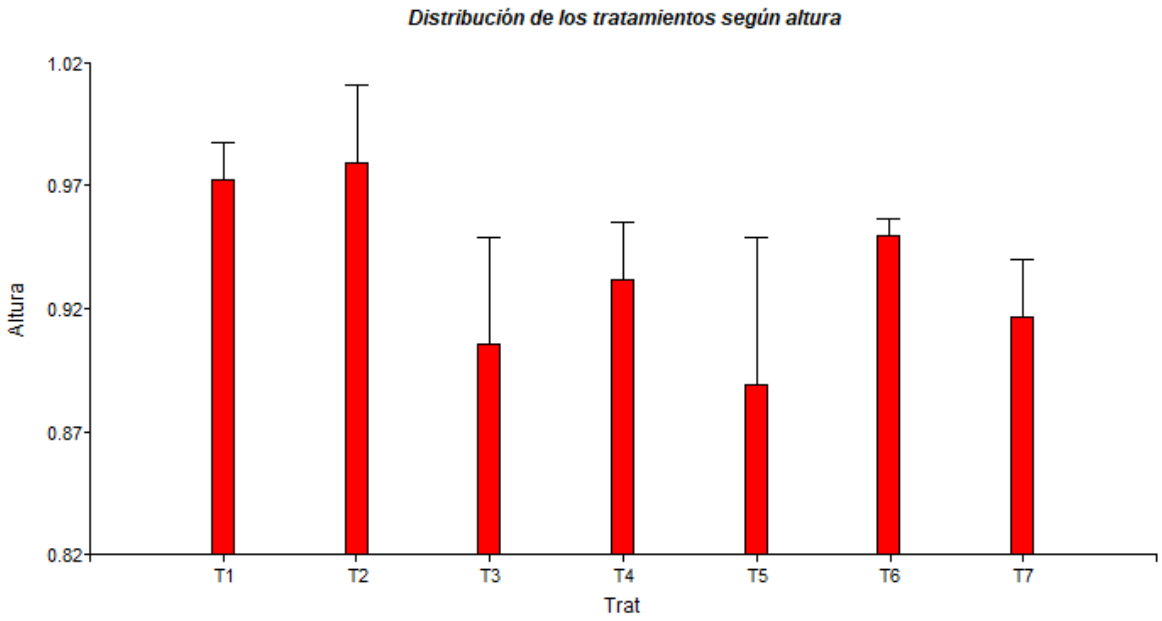
Tratamientos	Medias (cm)	N	E.E.	
T2	0,98	4	0,03	A
T1	0,98	4	0,03	A
T6	0,95	4	0,03	A
T4	0,94	4	0,03	A
T7	0,92	4	0,03	A
T3	0,91	4	0,03	A
T5	0.35	4	0,03	A

Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

La tabla anterior muestra que las medias del tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) fue la que gano mayor altura quedando T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) en el mismo rango de medias con 0.98 centímetros y el tratamiento T5 (Abono orgánico Ovinaza + Fertilizante químico 50%) fue el que obtuvo una media de 0.35 centímetros siendo el tratamiento que menor altura obtuvo, según el CIMMYT la variedad ICTA don Vale a una altura de NSM de en donde esta variedad alcanzó una altura de la planta, la altura es una característica varietal que se ve potencializada por la fertilización de nitrógeno. La variable de crecimiento elevado por lo general presenta problemas de acame

Figura 5

Comparación de la distribución de tratamientos



Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) es el que obtuvo mayor altura está siendo de 0.98 centímetros seguidamente del T1 en donde también tiene 0.98 centímetros de altura igualando así al T2 (Abono orgánico Bovinaza + Fertilizante químico 100%), seguidamente del tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) el cual se encuentra con una altura de 0.95 centímetros y el tratamiento T4 (Abono orgánico Bovinaza + Fertilizante químico 75%) teniendo 0.94 centímetros de altura el tratamiento T7 Químico (Testigo) con 0.92 centímetros, T3 (Abono orgánico (Ovinaza)+ Fertilizante químico 75%)con 0.91 centímetros y el tratamiento T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) con 0.35 centímetros siendo uno de los tratamientos con menor altura

10.1.4. Variable peso hectolitrico

Tabla 15

Análisis de varianza para variable de peso hectolitrico

Variable	N	R	R	Aj	CV
Peso Hectolitrico	28	0,45		0,17	25,88

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	4198,57	9	466,51	1,63	0,1818
No. De Orden	2077,79	3	692,6	2,41	0,1003
Tratamiento.	2120,78	6	353,46	1,32(NS)	0,3363
Error	5166,64	18	287,04		
Total	9365,21	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El cuadro de análisis de varianza presenta el peso hectolitrico del trigo, según el F valor calculado se observa que es mayor al p-valor por lo que no existe diferencia significativa entre cada tratamiento. El peso hectolitrito es una variable que se usó para medir la calidad del grano harinero para poder elaborar productos como panadería.

Tabla 16

Prueba múltiple de medias según tratamientos de la variable peso hectolitrico

Tratamientos	Medias (gr/hl)	N	E.E.	
T7	72,51	4	8,47	A
T1	72,03	4	8,47	A
T6	70,81	4	8,47	A
T4	70,72	4	8,47	A
T5	68,44	4	8,47	A
T2	52,69	4	8,47	A
T3	51	4	8,47	A

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

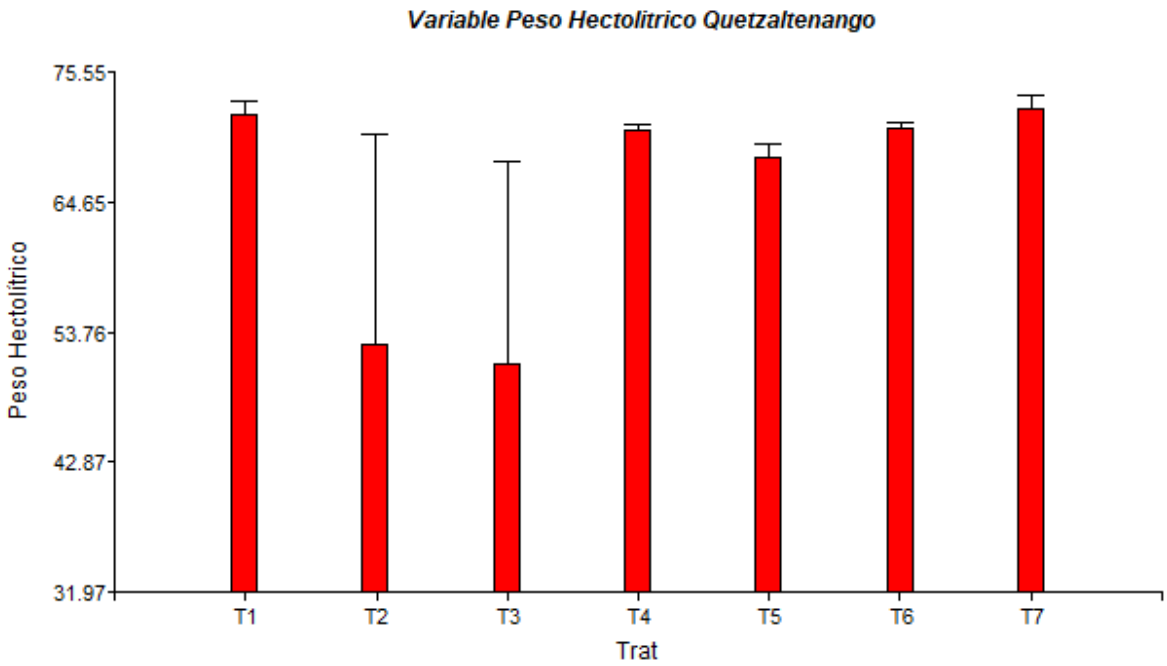
El tratamiento que mayor peso hectolitrico presentó fue el T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) siendo el tratamiento de bovinaza +químico al 50% con 72,51 Gr/Hl, el tratamiento T1 bovinaza +químico al 50% presento 72, 03 gr/hl, el

tratamiento T7 Químico (Testigo)siendo químico obtuvo el 70.81 peso y el tratamiento T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + químico al 50%) se obtuvo el 70,72 gr/hl, estos parámetros están en el rango adecuado según se establece para la calidad harinera.

El peso relacionado arriba del 70 gr/hl son granos utilizados para el proceso en productos de panadería, ya que esta variable nos sirve para evaluar para determinar los rendimientos de harina de trigo de la variedad de ICTA don Vale según el (CIMMYT, 2,010)

Figura 6

Comparación de medias según variable de peso hectolitrico



Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolecta de campo 2024.

El peso hectolitrico (Kg/hl) en esta investigación es un indicador de la densidad y calidad física del grano, ya que refleja el grado de llenado, la uniformidad, y la proporción de granos bien formados. Valores más altos suelen asociarse a granos de mejor calidad comercial y tecnológica, mientras que valores bajos indican granos pequeños, arrugados o inmaduros, En la investigación en la localidad No. 1 tratamiento que tiene mayor peso

hectolitrico es el tratamiento T7 Químico (Testigo) teniendo un peso de 72.51 Kg/hl Al ser el tratamiento con fertilizante químico completo (100%), se garantiza rápida disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fósforo durante todo el ciclo, lo cual favorece el buen llenado del grano, mayor tamaño y peso específico. seguidamente del tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) con un peso de 72.03 kg/hl Prácticamente igual al testigo químico, lo que indica que la combinación de fertilizante orgánico + químico en dosis completas es muy efectiva para mantener la densidad y calidad del grano. La ovinaza, con su contenido orgánico, posiblemente mejora la retención de humedad y la estructura del suelo, complementando los nutrientes del químico.

El tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) tiene un peso de 70.81 Kg/hl, el tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) tiene un peso de 70.72 Kg/hl, presentan un buen peso hectolítrico, aunque ligeramente menor que T1 y T7. Esto puede deberse a una liberación más lenta de nutrientes por parte de la bovinaza y una reducción del fertilizante químico, que podría afectar ligeramente el llenado del grano, especialmente si el nitrógeno es limitado en fases clave.

Sin embargo, estos tratamientos mantienen un equilibrio adecuado para lograr buena calidad del grano con menor insumo químico.

y el tratamiento T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) tiene un peso de 65.44 Kg/hl, La reducción significativa del fertilizante químico, combinada con una fuente orgánica que libera nutrientes lentamente, puede haber causado una deficiencia nutricional en etapas de llenado de grano, reduciendo la densidad y calidad física del mismo. El tratamiento

T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) tiene un peso de 52.69 Kg/hl, A pesar de tener fertilizante químico completo, este valor es sorprendentemente bajo. Podría deberse a:

Una interacción negativa del abono bovino (con C/N alto) que inmoviliza el nitrógeno si no se incorpora bien.

el tratamiento T3 (Abono orgánico (Ovinaza)+ Fertilizante químico 75%) tiene el menor peso hectolitrico de 51.50 Kg/hl. Es el tratamiento con el peso hectolítrico más bajo, lo que sugiere una nutrición deficiente durante el llenado del grano. La dosis de fertilizante puede haber sido insuficiente, y la ovinaza no compensó esa carencia en el corto plazo.

10.1.5. Variable humedad

Tabla 17

Análisis de varianza de variable de humedad

Variable	N	R	R	Aj	CV
Peso Humedad	28	0,28		0	5,67

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	3,13	9	0,35	0,76	0,6499
No. De Orden	1,76	3	0,59	1,28	0,31
Tratamiento.	1,38	6	0,23	0,5	0,7973
Error	8,2	18	0,46		
Total	11,33	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

La tabla anterior nos indica que la F calculada de 0.76 es mayor al p-valor por lo que el modelo no es estadísticamente significativo, por lo tanto, las variables incluidas en el análisis de humedad no influyen de manera significativa la variabilidad en la humedad del

trigo. Los tratamientos no presentan alguna diferencia en relacionada en cuanto a la humedad en la semilla.

Los tratamientos no afectan significativamente la humedad del trigo, el p-valor alto (0.7973) indica que no hay evidencia para afirmar que alguno de los tratamientos modifique significativamente el contenido de humedad en el trigo. El modelo tiene un R^2 bajo (0.28), por lo que solo explica el 28% de la variabilidad en la humedad, por lo que es probable que otros factores externos, como condiciones ambientales o manejo postcosecha, tengan un impacto más importante en la humedad del trigo.

El coeficiente de variación (5.67%) es bajo, lo que indica que los datos son consistentes, esto indica que la humedad del trigo no varió drásticamente en las mediciones.

Se procedió a realizar un análisis de prueba de múltiple de medias para conocer la variación entre medias según tratamiento.

Tabla 18

Prueba múltiple de medias para variable de humedad

Tratamientos	Medias (%)	N	E.E.	
T6	12,25	4	0,34	A
T2	12,1	4	0,34	A
T7	12,05	4	0,34	A
T4	11,85	4	0,34	A
T1	11,7	4	0,34	A
T5	11,7	4	0,34	A
T3	11,62	4	0,34	A

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

La tabla anterior indica que ninguno de los tratamientos presentad diferencia significativa a la humedad del trigo, debido a que todos los tratamientos se ubicaron en un

mismo grupo (A). El rango de humedad es estrecho (11.62%-12.25%), lo que indica estabilidad en las mediciones.

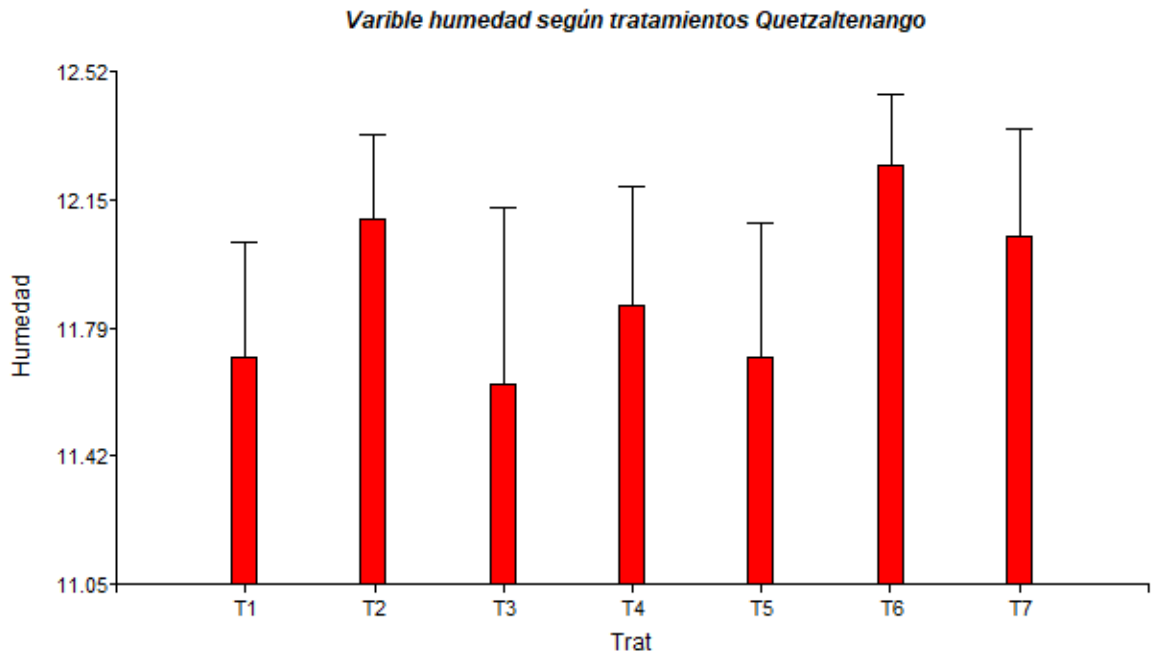
Esto sugiere que ninguno de los tratamientos evaluados (T1 al T7) presentó una ventaja significativa sobre los demás en cuanto a la variable analizada. El tratamiento T6 obtuvo la media más alta (12,25%), seguido muy de cerca por T2 (12,1%) y T7 (12,05%); sin embargo, estas diferencias no fueron suficientes para considerarlas estadísticamente superiores respecto al resto.

El valor constante del error estándar (0,34) en todos los tratamientos indica que hubo uniformidad en la variabilidad de los datos, lo cual otorga confiabilidad a las medias observadas. Asimismo, el tamaño de muestra utilizado (n = 4 repeticiones por tratamiento) es adecuado para este tipo de comparación, aunque podría considerarse el aumento del número de repeticiones en futuras investigaciones para mejorar la sensibilidad del análisis estadístico.

En resumen, bajo las condiciones del presente estudio, se concluye que todos los tratamientos evaluados mostraron un comportamiento estadísticamente similar, por lo que la elección de un tratamiento sobre otro podría depender de otros factores como el costo, la disponibilidad, o la facilidad de aplicación, más que de una diferencia en la eficacia medible en la variable de interés.

Figura 7

Comparación de variable humedad según tratamiento



Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

La gráfica presenta los valores promedio de humedad (%) obtenidos bajo siete tratamientos (T1 al T7) en la localidad de Quetzaltenango. La variable humedad es un indicador clave de calidad, ya que niveles elevados pueden favorecer el deterioro por microorganismos, mientras que niveles demasiado bajos pueden afectar textura, peso y aceptabilidad del producto final.

En este contexto, los tratamientos T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%), T2 (Abono orgánico Bovinaza + Fertilizante químico 100%), el tratamiento T7 Químico (Testigo) mostraron los valores de humedad más altos (alrededor de 12.1% a 12.25%), mientras que T3 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) con 12.10 % de humedad, el tratamiento presentó el valor más bajo (11.62%). Sin embargo, a

pesar de estas variaciones numéricas, las barras de error se superponen ampliamente, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de humedad.

Esto sugiere que todos los tratamientos mantienen un nivel de humedad similar, y por tanto, una calidad equivalente desde el punto de vista de esta variable. Dado que la humedad está dentro de un rango aceptable y controlado (entre aproximadamente 11.6% y 12.3%), puede considerarse que ninguno de los tratamientos compromete la calidad del producto final por exceso o déficit de humedad.

10.2. Resultados del área de investigación ubicada en el sector los Cifuentes de la Aldea Santa Rosa del municipio de San Lorenzo, del departamento de San Marcos.

Los resultados obtenidos en el área experimental se muestran a continuación.

Tabla 19

Prueba de normalidad de datos de rendimiento en Tn/Ha. de San Marcos.

Variable	n	Media	D.E.	W	P(Unilateral D)
Tn/Ha	28	0.51	0.23	0.92	0.1028

Nota: Los valores se trabajaron en el software INFOSTAT con datos recolectados en campo 2024.

Dado a que p = 0.1028 > 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Esto significa que no hay evidencia estadística suficiente para afirmar que los datos no son normales. Los datos se distribuyen normalmente, por lo tanto, los datos son confiables para realización de análisis de Varianza

10.2.1. Variable rendimiento

Tabla 20

Análisis de varianza de medias de la variable rendimiento

Variable	N	R	R	Aj	CV
TN/Ha	28	0,3		0	16,53

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	0,43	9	0,05	0,85	0,5798
No. De Orden	0,18	3	0,06	1,11	0,3717
Tratamiento	0,24	6	0,04	0,73	0,6341
Error	1	18	0,06		
Total	1,43	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla evalúa el rendimiento del trigo en toneladas por hectárea (Tn/Ha) San Marcos**.** El p-valor para tratamientos (0.6341) es mayor que 0.05, lo que indica que no hay diferencias significativas en el rendimiento del trigo entre los tratamientos evaluados. El F (0.73) es bajo, lo que refuerza que las diferencias entre tratamientos no son estadísticamente relevantes.

Existió una variabilidad moderada en los datos, ya que el CV fue de 16.53%, lo que indica una dispersión moderada de los datos respecto a la media del rendimiento.

Se procedió a realizar una prueba de múltiple de medias en base a los datos de cada tratamiento, a pesar de que estadísticamente ninguno de los tratamientos evaluados no tuvo un efecto significativo en el rendimiento. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente

Tabla 21

Análisis de varianza para la variable de rendimiento

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
T2	0,61	4	0,12	A
T6	0,6	4	0,12	A
T4	0,59	4	0,12	A
T5	0,55	4	0,12	A
T1	0,43	4	0,12	A
T7	0,39	4	0,12	A
T3	0,39	4	0,12	A

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

De acuerdo con los datos obtenidos en el presente estudio, ninguno de los tratamientos evaluados mostró diferencias estadísticas significativas en cuanto a la variable de rendimiento (Tn/Ha), según el análisis de comparación de medias. Aunque los valores medios oscilaron entre 0.39 y 0.61 Tn/Ha, todos los tratamientos fueron agrupados en la

misma categoría estadística ("A"), lo cual indica que las diferencias numéricas entre ellos no son significativas desde el punto de vista estadístico.

Sin embargo, al contrastar estos resultados con el rendimiento promedio nacional reportado por el MAGA (2,021) para el cultivo de trigo en Guatemala (0.41 Tn/Ha), se observa que la mayoría de los tratamientos del presente estudio superaron dicho promedio, especialmente los tratamientos T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) (0.61 Tn/Ha), T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) con 0.60 Tn/Ha, (T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) 0.59 Tn/Ha y T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) 0.55 Tn/Ha. Este hallazgo es relevante, ya que, aunque no hay diferencias estadísticas entre tratamientos, sí se evidencia un rendimiento superior al estándar nacional, lo que demuestra el potencial agronómico de las condiciones.

Asimismo, este resultado sugiere que las prácticas aplicadas en el experimento ya sea el manejo del suelo, la variedad utilizada, el control de plagas o el uso de fertilizantes podrían mejorar significativamente la productividad del trigo en Guatemala si se implementan a escala comercial o en programas de extensión agrícola.

Por otro lado, los tratamientos T1(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (100%) con 0.43 Tn/Ha), T3(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%)

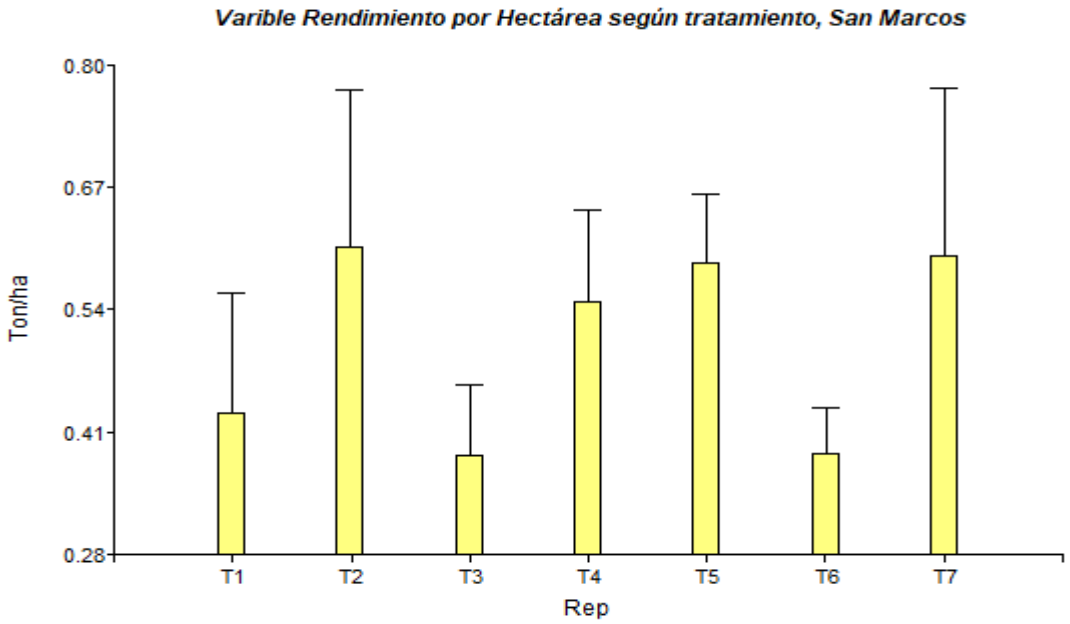
con 0.39 Tn/Ha y T7 Químico (Testigo) con 0.39 Tn/Ha se acercan o igualan el promedio nacional, por lo que no representarían una mejora tangible en términos de rendimiento si se comparan con las condiciones convencionales del país.

En conclusión, aunque estadísticamente todos los tratamientos se comportaron de manera similar, desde una perspectiva agronómica y productiva, varios tratamientos

demostraron rendimientos superiores al promedio nacional, lo que los posiciona como alternativas prometedoras para elevar la productividad del trigo en Guatemala. Se recomienda profundizar el estudio mediante evaluaciones en distintas localidades y ciclos agrícolas, para confirmar la estabilidad y replicabilidad de estos resultados

Figura 8

Distribución de los tratamientos para la variable rendimiento Tn/Ha.



Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

T2 (Abono orgánico Bovinaza + Fertilizante químico 100%) y T7 Químico (Testigo) presentan los rendimientos promedio más altos, con valores cercanos a 0.60–0.65 Ton/Ha, lo que los posiciona como los tratamientos más prometedores, mientras T1 (Abono orgánico Ovinaza + Fertilizante químico 100%), T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%) y T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) muestran los valores más bajos, con medias cercanas a 0.35–0.40 Ton/Ha, por debajo del promedio nacional reportado por el MAGA (2021)

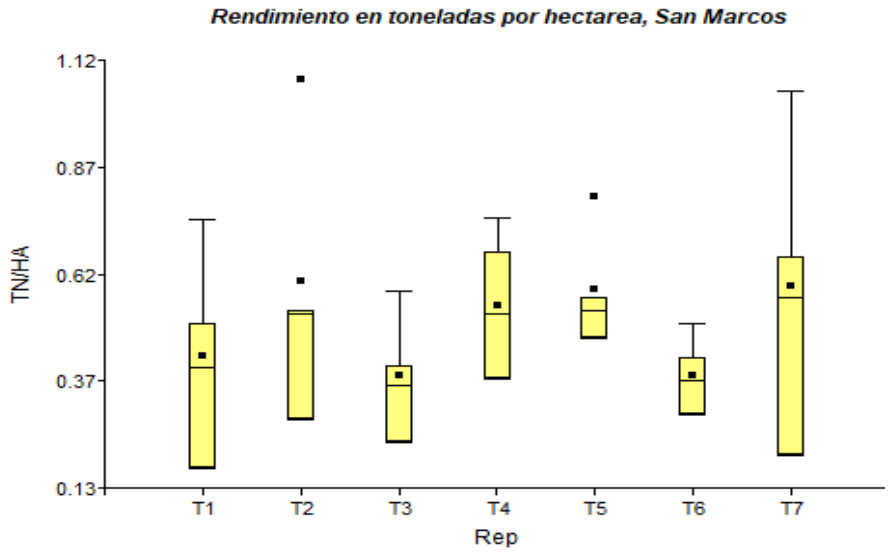
T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) y T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) también presentan valores superiores al promedio nacional, situándose entre 0.52 y 0.57 Ton/Ha, pero con menor variabilidad

Las barras de error son amplias en todos los tratamientos, especialmente en T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) y T7 Químico (Testigo), lo cual indica alta variabilidad en los datos o posibles diferencias entre repeticiones.

Rendimientos por encima del promedio nacional (0.41 Tn/ha según el MAGA) se observaron en T2, T4, T5 y T7. Esto sugiere que algunos tratamientos tienen potencial agronómico para mejorar la productividad del trigo en San Marcos. A pesar de las diferencias numéricas, la superposición de las barras de error sugiere que estas diferencias pueden no ser estadísticamente significativas.

Figura 9

Box Plot de Rendimiento Tn/Ha. de San Marcos.



Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024

El análisis del rendimiento en toneladas por hectárea del trigo ***(Triticum aestivum L.)*** en el área experimental de San Marcos revela diferencias notables en la respuesta de los tratamientos. El tratamiento T7 presentó el mayor rendimiento máximo observado, aunque acompañado de una alta variabilidad, lo cual indica un potencial agronómico significativo que requiere estabilización. En contraste, el tratamiento T5 demostró ser el más consistente y estable, con un rendimiento medio elevado y sin valores extremos, lo que lo posiciona como una opción agronómicamente confiable. Otros tratamientos, como T3 y T6, registraron rendimientos bajos y estables, lo cual sugiere una menor eficiencia productiva bajo las condiciones evaluadas. La presencia de valores atípicos en algunos tratamientos refleja la influencia de factores ambientales o de manejo que podrían optimizarse en futuras investigaciones.

Tabla 22

Resumen descriptivo del rendimiento por tratamiento según análisis de box plot

TRATAMIENTOS	MEDIANA (APROX)	RANGO DE DATOS	VALORES ATIPICOS	INTERPRETACION
T1	0.37 Tn/Ha.	Alto (0.13 – 0.75)	Sí	Rendimiento moderado con alta variabilidad. Un valor atípico alto sugiere posible efecto puntual positivo.
T2	0.50 Tn/Ha	Medio (0.25 – 0.62)	Sí	Buen rendimiento promedio, pero con presencia de valores atípicos que eleva la media. Variabilidad moderada.
T3	0.31 Tn/Ha	Bajo (0.25 – 0.56)	No	Rendimiento bajo y homogéneo. Estabilidad sin valores extremos, pero poco prometedor.
T4	0.50 Tn/Ha	Alto (0.37 – 0.87)	No	Buen rendimiento y amplia dispersión. Puede tener potencial si se controla la variabilidad.

T5	0.56 Tn/Ha	Muy bajo (0.50 – 0.62)	No	Tratamiento más **estable y consistente**. Buen rendimiento sin valores extremos. Muy recomendable.
T6	0.31 Tn/Ha	Bajo (0.25 – 0.43)	No	Bajo rendimiento y poca dispersión. Menos favorable.
T7	0.62Tn/Ha	Muy alto (0.13 – 1.12)	No	Mayor rendimiento máximo, pero con alta variabilidad. Potencial prometedor si se mejora su estabilidad.

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

El tratamiento T7 muestra el mayor rendimiento máximo, pero con alta variabilidad y T5 es el tratamiento más consistente y estable, con un rendimiento relativamente alto y sin valores extremos, así también los tratamientos T2 y T4 también son tratamientos promisorios, aunque presentan valores atípicos o dispersión. T3 y T6 muestran rendimientos bajos y homogéneos, lo que los hace menos favorables en términos productivos.

10.2.2. Variable peso hectolitrico

Tabla 23

Análisis de varianza de peso hectolitrico

Variable	N	R	R	Aj	CV
Peso Hectolitrito	28	0,34		0,01	19,84

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	1644,32	9	182,7	1,02	0,4616
No. De Orden	521,03	3	173,68	0,97	0,4392
Tratamiento.	1123,29	6	353,46	1,32	0,3363
Error	3228,11	18	179,34		
Total	4872,43	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

Este análisis de varianza (ANOVA) evalúa la influencia de diferentes tratamientos en el peso hectolitrito del trigo. El peso hectolitrito es un parámetro importante en la calidad del grano, ya que mide la densidad del trigo en kg/hl.

En base a la tabla todos los valores p son mayores a 0.05, lo que indica que ninguno de los factores analizados tiene un efecto estadísticamente significativo en el peso hectolitrico del trigo**.** Esto sugiere que los tratamientos aplicados no generan diferencias relevantes en la densidad del grano**.**

No se obtuvo ningún tipo de diferencia significativa, sin embargo, para comparar los datos obtenidos entre tratamientos se procedió a realizar por medio de una prueba de medias.

Tabla 24

Prueba múltiple de medias de la variable peso hectolitrico

Tratamientos	Medias	72,48	E.E.	
T7	72,48	4	6,7	A
T6	71,00	4	6,7	A
T1	70,88	4	6,7	A
T4	70	4	6,7	A
T5	68,14	4	6,7	A
T3	67,61	4	6,7	A
T2	52,48	4	6,7	A

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

Se puede contrastar que el tratamiento T7 tiene el mayor peso hectolitrico (72.48 kg/hl), lo que podría indicar un mejor llenado del grano, a diferencia del tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) el cual**,** tiene menor peso hectolitrito (52.48 kg/hl), lo que podría reflejar deficiencias en el tratamiento para el llenado del grano.

La diferencia entre el tratamiento T7 Químico (Testigo)y el tratamiento 2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) es de 20 kg/hl, lo cual es relevante en términos de calidad del grano. A pesar de que hay diferencias en los promedios del peso hectolitrico entre tratamientos, estas no son estadísticamente significativas. Esto podría deberse a la variabilidad dentro del tratamiento.

10.2.3. Variable humedad

Tabla 25

Análisis de varianza para la variable humedad

Variable	**N**	**R**	**R**	**Aj**	**CV**
Humedad	28	0,37		0,05	16,26
F.V.	**SC**	**Gl**	**CM**	**F**	**p-valor < 0.05**
Modelo	190,56	9	21,17	1,17	0,3698
No. De orden	80,72	3	36,91	0,97	0,2521
Tratamiento.	109,84	6	18,31	1,01	0,449
Error	326	18	18,11		
Total	515,56	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

Este análisis de varianza evalúa la influencia de diferentes factores sobre la humedad del trigo, una variable crucial en la calidad y conservación del grano. El valor obtenido en la F de tabla fue de 1.01 superior al p-valor 0.449 por lo que difiere que no existen diferencia significativa en la humedad del grano en ninguno de los tratamientos.

El coeficiente de variación (16.26%) es aceptable, lo que señala una homogeneidad en los datos para la variable humedad.

Los tratamientos evaluados no afectan significativamente la humedad del trigo, sin embargo, se procedió a efectuar una prueba de medias para contrastar los tratamientos.

Tabla 26

Prueba múltiple de medias para variable humedad

Tratamientos	Medias	72,48	E.E.	
T4	11,3	4	2,13	A
T6	11,25	4	2,13	A
T5	11,15	4	2,13	A
T3	8,4	4	2,13	A
T7	8,35	4	2,13	A
T2	8,35	4	2,13	A
T1	5,6	4	2,13	A

Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

En esta tabla se observa que la prueba multiple de medias los tratamientos con mayor humedad fueron el tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) 11.3%, Tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) 11.25% y tratamiento T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) 11.15%, lo cual indica que estos tratamientos favorecen la retención de humedad en el grano de trigo garantizando asi la calidad del grano.

Los tratamientos con menor humedad tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) 5.6% muestra el valor más bajo de humedad, lo que podría deberse a diferencias en las condiciones de cultivo o manejo postcosecha. Los tratamientos 2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) y T7 Químico (Testigo) tienen valores similares (8.35%), lo que indica que estos tratamientos no favorecen la retención de humedad.

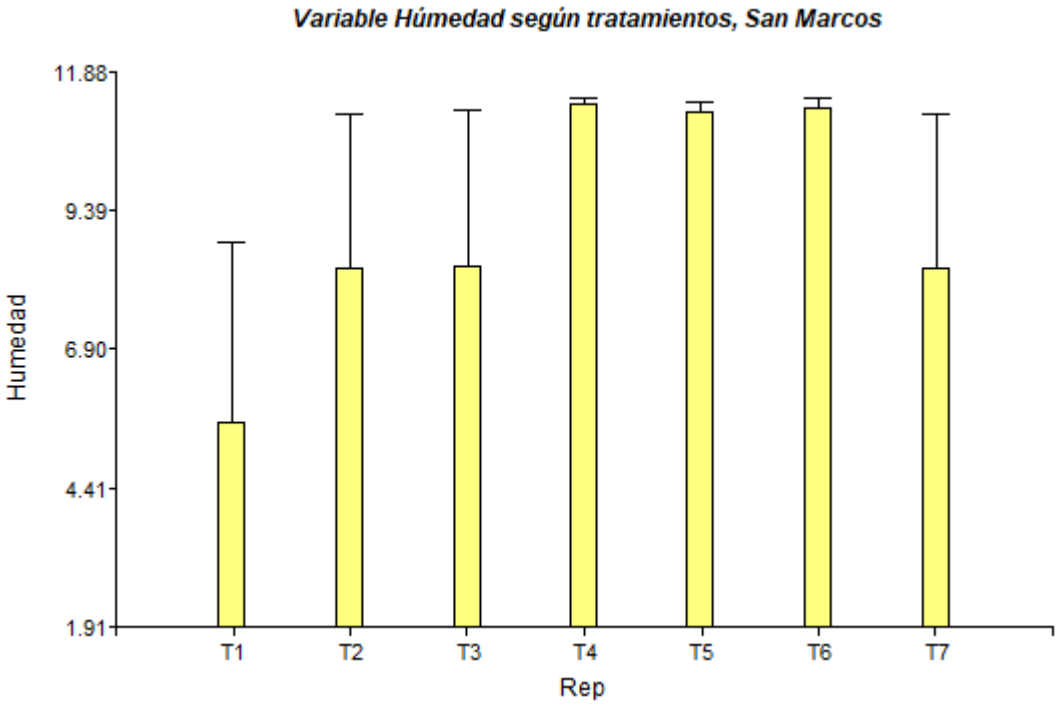
Todos los tratamientos están agrupados bajo la misma letra (“A”), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos, lo que indica que pertenecen al

mismo grupo estadístico, sin embargo, todos los tratamientos poseen menos del 13% siendo aceptable según FAO, (2021).

El error estándar común (E.E.) = 2.13 sugiere que las comparaciones entre tratamientos tienen una variación moderada, pero no suficiente para evidenciar diferencias significativas entre cada tratamiento.

Figura 10

Distribución de tratamiento según variable de humedad



Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

En esta gráfica se observa que la a humedad promedio de los tratamientos varía aproximadamente entre 5.6% y 11.88%. Los tratamientos con mayor humedad son T4 (Abono (orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%), T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) y T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%),

con valores cercanos al 11.88%. El tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) tiene la menor humedad, aproximadamente 5.6%. Los tratamientos presentaron una humedad menor del 14% por lo tanto, puede favorecer a la correcta preservación del grano, no obstante, el valor del tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) puede implicar riesgos en su deterioro.

La variable humedad es un parámetro clave en la evaluación de la calidad del grano, ya que influye directamente en su almacenamiento, conservación y valor comercial. Un contenido de humedad adecuado garantiza menor riesgo de deterioro por hongos o fermentación, y mejora las condiciones para el secado y transporte.

En el presente estudio, se observaron diferencias visibles entre tratamientos, siendo T4, T5 y T6 los que presentaron mayores niveles de humedad con menor variabilidad, lo cual indica mayor uniformidad y mejor conservación del grano al momento de la cosecha. En contraste, el tratamiento T1 mostró el nivel de humedad más bajo y alta dispersión, lo cual podría comprometer la calidad y vida útil del producto.

Por lo tanto, los tratamientos T4, T5 y T6 pueden considerarse superiores en términos de calidad postcosecha, al mantener una humedad más estable y favorable. Este comportamiento puede ser un criterio útil para seleccionar tratamientos más convenientes desde una perspectiva de calidad final del grano.

10.2.4. Variable Peso de 1,000 granos/gr

Tabla 27

Análisis de varianza para variable peso de 1000 granos

Variable	N	R	R	Aj	CV
Peso de 1000 granos	28	0,5		0,25	6,12

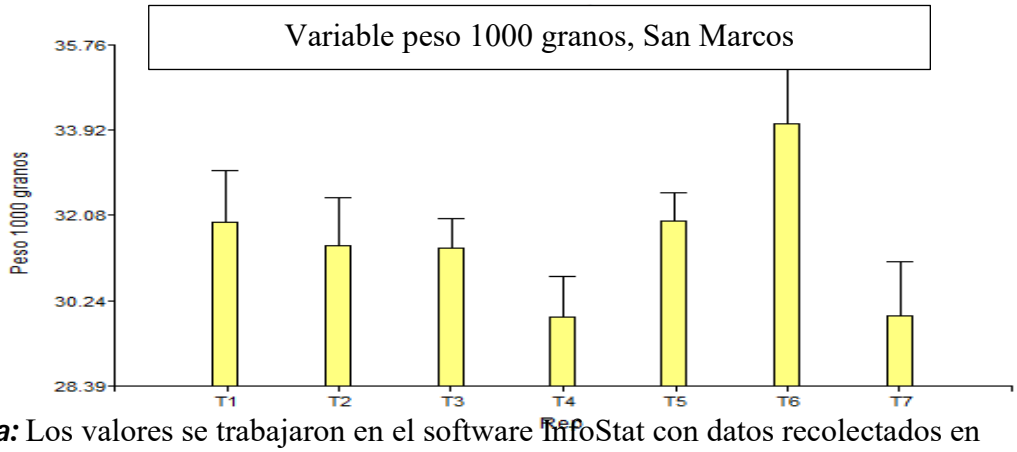
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor < 0.05
Modelo	67,25	9	7,47	2,01	0,099
No. De Orden	18,82	3	6,27	1,69	0,2051
Tratamiento.	48,42	6	8,07	2,17	0,0945
Error	66,89	18	3,72		
Total	134,14	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El análisis de varianza presenta datos relacionados a los valores calculados según la fuente de variación, se obtuvo que la F calculada fue de 2.17 la cual fue mayor al p-valor de 0.0945, lo cual sugiere que los tratamientos no tienen un efecto significativo al 5%, no existe diferencia entre ninguno de los tratamientos.

Figura 11

Comparación de variable peso de 1000 gramos según tratamiento



Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

El gráfico de barras muestra la variable peso de 1000 granos en función de los distintos tratamientos (T1-T7) en la localidad de San Marcos. Cada barra representa la media del peso con su respectiva desviación estándar. El tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) presenta el mayor peso de 1000 granos, con un valor cercano a 34.5 g y una variabilidad más alta que los demás tratamientos, seguidamente los tratamientos T1 (Abono (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) , T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%), T3 (Abono orgánico (Ovinaza)+ Fertilizante químico 75%) y T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) muestran valores similares, entre aproximadamente 30.5 g y 32.5 g. Los tratamientos T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) y T7 Químico (Testigo) tienen los valores más bajos, cercanos a 29 gramos.

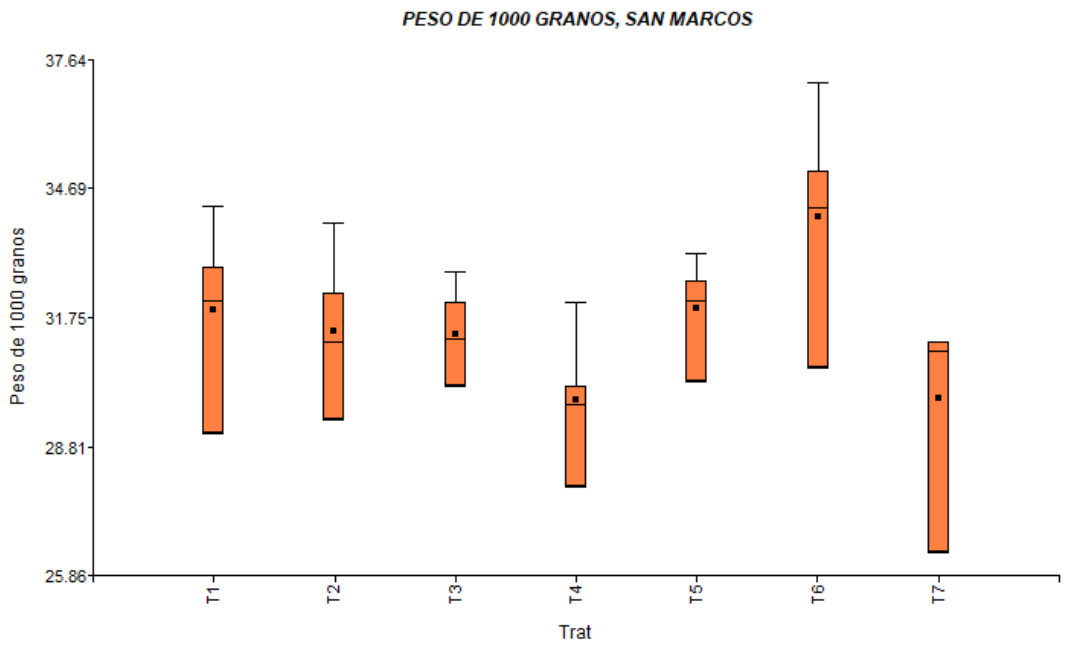
El tratamiento T6 parece ser el más efectivo en cuanto al aumento del peso de 1000 granos, lo cual podría indicar mejor rendimiento en términos de tamaño o llenado del grano.

No obstante, su alta variabilidad sugiere que no siempre garantiza ese resultado. Tratamientos T4 y T7 parecen ser los menos efectivos, los tratamientos intermedios (T1-T5) tienen un rendimiento moderado y más estable.

10.2.5. Box Plot de peso de 1000 granos

Figura 12

Box Plot peso de 1000 granos, San Marcos



Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.
,

La figura presentada es un box plot (diagrama de cajas) que representa el peso de 1000 granos de trigo evaluado bajo diferentes tratamientos (T1 a T7) en la localidad de San Marcos**.** El objetivo del estudio fue analizar el efecto de diversos fertilizantes orgánicos y químicos sobre esta variable agronómica, crucial en la determinación del rendimiento y calidad del grano.

Desde el punto de vista técnico, se observa que el tratamiento T6 presentó la mayor mediana y también el mayor rango de variación, lo cual podría estar asociado al uso de abono

orgánico fertilizante químico con mayor capacidad de influencia en el peso del grano. En contraste, el tratamiento T4 mostró la mediana más baja y una menor dispersión, lo cual sugiere un menor efecto positivo en la acumulación de peso del grano. Por otro lado, T1, T2 y T3 presentan medianas similares, con rangos intercuartílicos moderados, lo que podría indicar una respuesta estable pero no sobresaliente frente al fertilizante aplicado.

Este análisis es clave para determinar cuáles tratamientos tienen un impacto significativo en el desarrollo del grano de trigo. Tratamientos como T6 es considerado como promisorio para futuras recomendaciones agronómicas, la interacción entre el tipo de abono orgánico y fertilizante químico es la respuesta que refleja los valores del peso de 1000 granos, siendo este un indicador relevante para optimizar el manejo agronómico del trigo en San Marcos.

10.2.6. Variable altura

Tabla 28

Análisis de varianza para variable de altura

Variable	N	R	R	Aj	CV
Altura	28	0,21		0	11,75
F.V.	**SC**	**Gl**	**CM**	**F**	**p-valor** < 0.05
Modelo	0,05	9	0,01	0,52	0,8427
No. De Orden	0,04	3	0,01	1,15	0,356
Tratamiento	0,01	6	2,3-0,3	0,2	0,717
Error	0,2	18	0,01		
Total	0,25	27			

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

En la tabla anterior se muestra los valores obtenidos según el ANOVA, para la variable altura de las plantas, se obtuvo una F de 0,2 siendo menor al p-valor de 0,09717, por lo que se considera no significativo, lo que indica que las diferencias entre tratamientos no afectan significativamente la altura de las plantas.

El coeficiente de variación obtenido del 11.75% indica una variabilidad modera en la altura de la planta dentro de los tratamientos, siendo así que ningún tratamiento presenta algún tipo de diferencia significativa para la variable altura, sin embargo, se realizó una prueba de medias para corroborar la información.

Tabla 29

Prueba múltiple de medias de la variable altura

TRATAMIENTOS	MEDIAS	72,48	E.E.	
T4	0,93	4	0,05	A
T5	0,92	4	0,05	A
T7	0,9	4	0,05	A
T3	0,9	4	0,05	A
T2	0,9	4	0,05	A
T6	0,88	4	0,05	A
T1	0,86	4	0,05	A

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

En este cuadro se muestra la comparacion donde la altura de la planta en los diferentes tratamientos. Los valores de las medias varían entre 0,86 T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) y 0,93 T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%), lo que indica una diferencia mínima entre tratamientos. El tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) tiene la media más alta (0,93), mientras

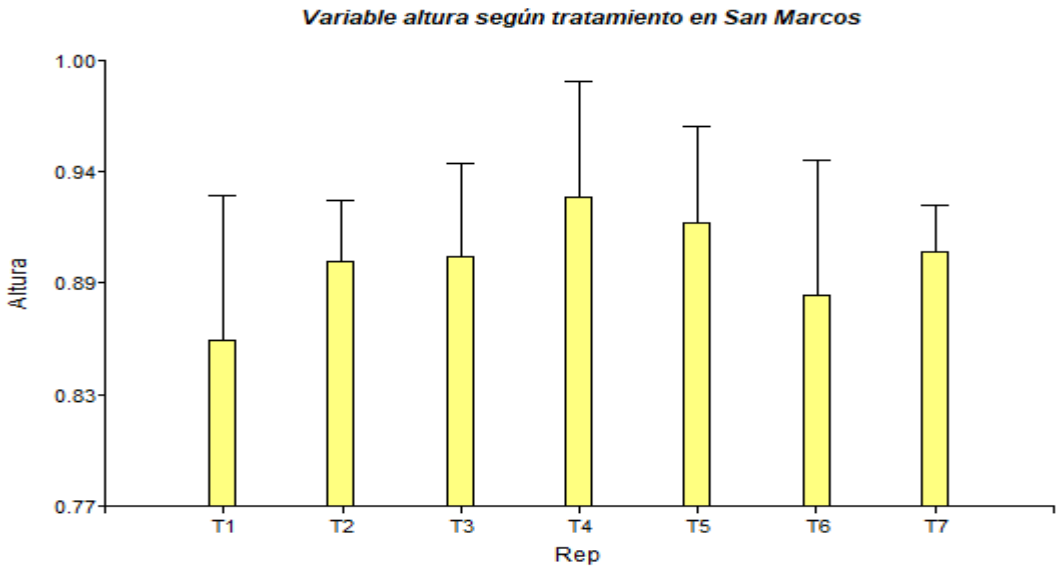
que T1(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) tiene la más baja (0,86), pero la diferencia es pequeña.

Todos los tratamientos pertenecen al mismo grupo estadístico **(**A), lo que significa que no hay diferencias significativas entre ellos. La prueba de comparación de medias no encontró un tratamiento que se destaque significativamente sobre los demás.

El peso de 1000 granos es un indicador directo del llenado del grano, asociado al rendimiento final del cultivo. Aunque T6 presenta un valor alto, su alta variabilidad compromete su confiabilidad. Por el contrario, tratamientos como T2 y T7 muestran un balance más favorable entre peso y estabilidad.

Figura 13

Comparación de variable altura según tratamiento



Nota: Los valores se trabajaron en el programa InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

La figura muestra la altura promedio del trigo en diferentes tratamientos (T1-T7) en San Marcos, con sus respectivas barras de error. Las alturas oscilan entre aproximadamente 0.77 y 1.00. El tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) muestra la mayor altura promedio, mientras que T1(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) presenta la menor.

Los datos sugieren que T4 es el tratamiento más favorable para aumentar la altura de las plantas, El tratamiento T1 podría descartarse si se busca maximizar el crecimiento en altura, mientras que T4, T5 y T3 serían opciones preferibles para promover mayor desarrollo vegetativo.

00La variabilidad dentro de cada tratamiento es considerable, lo que podría indicar que otros factores (como condiciones ambientales o genéticas) influyen en la altura del trigo.

10.3. Análisis de presupuestos parciales

10.3.1. Antecedentes

El financiamiento en costo directos, para ejecutar (Fertilizante orgánico Ovinaza + Fertilizante químico 100%) para la investigación en ambas localidades fueron proporcionados por el programa frijol/trigo ICTA CEPALO del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Quetzaltenango, los costos indirectos fueron sufragados por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

El propósito de esta investigación es dejar como recomendación el tratamiento que presento mejor efecto con los dos fertilizantes orgánicos y tres dosis de fertilizante químico sobre el rendimiento y calidad de trigo ***(Triticum aestivum L.)*** en las dos áreas en donde se

estableció la investigación, una de ellas se realizó en la estación experimental "Labor Ovalle" del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), se encuentra ubicada en el municipio de Olintepeque, Departamento de Quetzaltenango, la segunda área experimental de la investigación fue ubicada en el sector los Cifuentes de la Aldea Santa Rosa del municipio de San Lorenzo, del departamento de San Marcos. Los tratamientos que se establecieron en ambas investigaciones fueron:

T1= **Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (100%)**

T2 = **Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (100%)**

T3= **Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (75%)**

T4= **Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico (75%)**

T5= **Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico (50%)**

T6= **Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico (50%)**

T7= **Químico (Testigo 100% quimico)**

El experimento se condujo con un diseño de bloques completamente al azar. En el análisis de varianza se determinó que uno de los tratamientos presento mayor media a comparación del resto de tratamientos según la prueba de Tukey.

Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y los beneficios de los tratamientos alternativos, entonces el paso inicial al efectuar un análisis económico de los tratamientos en campo, es calcular los costos fijos y los costos de las variables.

Los rendimientos fueron ajustados al 15%en Tn/Ha., debido a que los rendimientos de algunos tratamientos tienen un beneficio bruto similar esto debido a que se multiplico el precio del producto del producto por el promedio del rendimiento de los tratamientos estadísticamente fueron iguales el Beneficio Bruto se multiplicado por el precio del producto,

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis de presupuesto parcial en el experimento. Se observa que los mayores costos variables por hectárea se obtuvieron en los tratamientos T7 (Químico Testigo), T3 (Abono orgánico Ovinaza+ Fertilizante químico 75%), T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%), T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%), T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) teniendo así un CV de Q. 11,525.00, mientras los tratamientos T5 (Abono orgánico Ovinaza + Químico (Testigo)Fertilizante químico 50%) con Q. 11275.00 y T1 Q. 11400.00 por hectárea.

Tabla 30

Comparación múltiple de medias de rendimiento de tratamientos para mejor efecto con los dos abonos orgánicos y tres dosis de fertilizante químico en el rendimiento y calidad de trigo (Triticum aestivum L.)

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Comparación de Tukey al 5%
T6	24.2	4	0,14	A
T4	22.8	4	0,14	A
2	21.2	4	0,14	A
T1	18.8	4	0,14	A
T7	18	4	0,14	A
T5	15.2	4	0,14	A
T3	14.8	4	0,14	A

Nota: Los valores se trabajaron en el software InfoStat con datos recolectados en campo 2024.

10.3.2. Aplicación del enfoque de presupuestos parciales

Dentro de los costos relevantes se encuentran el rubro de mano de obra empleada en fertilizaciones, limpias, toma de datos siembra, costo de alquiler de terreno, cosecha, secado y transporte.

La estimación de los costos que varían en esta investigación son los jornales de la mano de obra los cuales se mencionaron en el punto 2.1. estos se multiplicaron por el salario Q125.00 por el número de jornales realizados

Tabla 31

Costos que varían

TRATAMIENTO	NUMERO DE JORNALES	COSTO DE JORNAL	COSTOS QUE VARIAN
T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%)	43	Q125.00	Q11,275.00
T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)	45	Q125.00	Q11,400.00
T7 Químico (Testigo)	46	Q125.00	Q11,525.00
T3 (Abono orgánico (Ovinaza) +	46	Q125.00	Q11525.00

Fertilizante químico 75%)			
T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%)	46	Q125.00	Q11,525.00
T4 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 75%)	46	Q125.00	Q11,525.00
T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%)	46	Q125.00	Q11,525.00

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

El precio estimado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)establecido en el mercado el precio de trigo (*Triticum aestivum L.*) es de Q402.00 por quintal, siendo así que la tonelada de tiene un costo de Q8,040.00.

Estimación de los rendimientos ajustados: Antes de ajustar los rendimientos experimentales se obtuvo los rendimientos corregidos, los cuales resultan de promediar los rendimientos de las medias determinadas con la prueba de comparación de medias. De

acuerdo con la prueba de Tukey realizada por García Gonzales (1996), Los tratamientos utilizados en el área de investigación son los siguientes posicionándose en primer lugar el T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) con un rendimiento de 24.2 qq/Ha., el T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) con un rendimiento de 22.8 qq/Ha., T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) con un rendimiento de 21.2 qq/Ha., definiéndose como los tres con más alto rendimiento seguidamente con el T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)con 18.8 qq/Ha., ocupando el quinto lugar el T7 (Químico Testigo) siendo el testigo de la investigación con un rendimiento de 18 qq/Ha., el T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) obtuvo un rendimiento de 15.2 qq/Ha. Y por último en la posición fue el T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%) con un rendimiento de 14.8 qq/Ha.

Con los rendimientos experimentales corregidos se obtuvieron los rendimientos ajustados la cual se utilizó una taza de ajuste del 15%

Tabla 32

Rendimiento ajustado a la tasa del 15%

TRATAMIENTO	MEDIAS TEST Tukey (qq/ha)	TASA DE AJUSTE DEL 15%	MULTIPLICACION	RENDIMIEN-TO AJUSTADO
T6	24,2	0,15	24,2*0,15	3,63
T4	22,8	0,15	22,8*0,15	3,42
T2	21,2	0,15	21,2*0,15	3,18
T1	18,8	0,15	18,8*0,15	2,82
T7	18	0,15	18*0,15	2,7
T5	15,2	0,15	15,2*0,15	2,28
T3	14,8	0,15	14,8*0,15	2,22

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

10.3.3. Beneficios Brutos y Beneficios Netos:

Se obtuvieron multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de campo del producto (Q8,040.00), para obtener el beneficio bruto y luego sustrayendo de este ultimo los costos que varían se obtuvo el beneficio neto.

Tabla 33

Cálculo de beneficio bruto

TRATAMIENTO	Rendimiento Ajustado	Costo de Campo	Beneficio Bruto
T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%)	3,63	Q8,040.00	Q 29,185.2
T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%)	3,42	Q 8,040.00	Q 27,496.8
T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%)	3,18	Q8,040.00	Q 2,5567.2
T1(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)	2,82	Q8,040.00	Q22672.8
T7 Químico (Testigo)	2,7	Q8,040.00	Q21,708.00
T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%)	2,2	Q8,040.00	Q17,688.00
T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%)	2,22	Q8,040.00	Q17848,8

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

Tabla 34

Cálculo del beneficio neto

TRATAMIENTO	BENEFICIO BRUTO	COSTOS QUE VARIAN	BENEFICIO NETO
T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%)	Q17,688.00	Q11,275.00	Q7,056.20
T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)	Q22,672,8	Q11,400.00	Q11,272.80
T7 Químico (Testigo)	Q21,708.00	Q11,525.00	Q10,183.00
T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%)	Q17,848.8	Q11,525.00	Q6,323.80
T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%)	Q29,185.2	Q11,525.00	Q17,660.20
T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%)	Q27,496.8	Q11,525.00	Q15,971.80
T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%)	Q25,567,2	Q11,525.00	Q14,042,20

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

10.3.4. Análisis de dominancia: de acuerdo con la metodología del CIMMYT

Para el análisis de dominancia, encontramos que un tratamiento es denominando por otro tratamiento es dominado por otro tratamiento cuando tiene mayores costos variables y beneficios netos mayores o igual al tratamiento en comparación. El análisis de dominancia se utiliza para seleccionar los tratamientos que en términos de ganancia ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores. El cuadro que a continuación se muestra con el análisis de dominancia de los experimentos, se observó que hay tres tratamientos DOMINANTES los cuales fueron T1(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%), T7 (Químico Testigo) T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) por lo que a manera generalizada en cuanto a reducción de costos.

Tabla 35

Análisis de dominancia

TRATAMIENTO	RENDI-MIENTO AJUS-TADO	BENEFICIO BRUTO	COSTOS QUE VARIAN	BENEFICIO NETO	OBSERVACI-ON DE CAMBIO DE TRATAMIENTO	CONCLUSION DE OBSERVA-CION
T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%)	2,28	Q18,331.2	Q11,275.0	Q7,056.2	de T5 a T1	No dominante
T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)	2,82	Q22,672.8	Q11,400.0	Q11,272.8	de T1 a T7	Dominante
T7 Químico (Testigo)	2,7	Q21,708.0	Q11,525.0	Q10,183.0	de T7 a T3	Dominante
T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%)	2,22	Q17,848.8	Q11,525.0	Q6,323.8	de T3 a T6	No dominante
T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%)	3,63	Q29,185.2	Q11,525.0	Q17,660.2	de T6 a T4	Dominante
T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%)	3,42	Q27,496.8	Q11,525.0	Q15,971.8	de T4 a T2	No dominante
T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%)	3,18	Q25,567.2	Q11,525.0	Q14,042.2		No dominante

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

10.3.5. Cálculo de Tasa Retorno Marginal (TRM):

El análisis marginal realizado a los tratamientos no dominados se presentan en el siguiente cuadro, el resultado muestra que al cambiar de tratamiento el resultado muestra que del tratamiento T7 (Químico Testigo) tiene una tasa de retorno Marginal de 872% y el tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) cuenta con una Tasa de Retorno Marginal de 3,323% haciendo mención que la tasa mínima de Retorno (TAMIR) fue del 60% producto de la sumatoria de la tasa de interés del mercado y el retorno mínimo exigido financiero informal del Altiplano Occidental (20%) y al retorno mínimo exigido en la agricultura (40%), vemos que los tratamientos anteriores presenta una TRM el cual cumple con la condición TRM >TAMIR, por lo que fue económicamente factible la utilización del tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) con los tratamientos no dominados se calculan los incrementos en los costos que varían y beneficios netos derivados del cambio de un tratamiento de costo variable menor a uno de costo mayor.

Luego se calculó la TRM.

El hecho de invertir Q. 11,525.00 en el tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) en el tratamiento T4 Q11,525.00 se obtiene una ganancia de Q1.53 por cada quetzal invertido y en el tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) se obtiene Q 1.38 por cada quetzal invertido, y por invertir en el tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) se obtiene una ganancia de Q 0.98 por cada quetzal invertido.

Los resultados muestran que desde el punto de vista económico son convenientes los tratamientos T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) ya que la inversión de Q11,525.00es recuperada con el beneficio neto de Q17,660.2 respectivamente está en el caso de reducir costos, pero si lo que quiere es obtener mejores ingresos económicos la mayor inversión económica es la del tratamiento T6 (Fertilizante orgánico Bovinaza+ Fertilizante químico 50%) y T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%) ya que la inversión de ambos tratamientos es de Q 11,525.00 correspondientemente es recuperada con el beneficio neto de Q17,660.00 el tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%)y con el tratamiento T4 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 75%)es recuperado con un beneficio neto de Q 15,971.8 pero realizando una tasa de retorno marginal en los dos tratamientos, es mínima, ya que por cada quetzal invertido se obtiene de ganancia de Q 1.53 en tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) y Q 1.38 en el T4 de manera que aumentan los costos de producción aumenta el beneficio. El análisis es relativo, pero se obtiene una mejor ganancia en la tasa de retorno marginal en los tratamientos.

Los tratamientos T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) y T1(Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) no se incluye en la tabla de costos marginales, pero si vemos el beneficio neto que cada uno brinda y los costos de los mismos se puede observar que son dos alternativas para realizar en este caso es necesario mencionar que el análisis económico es relativo. Sobre el resto de tecnologías evaluadas que se situaron por debajo de los tratamientos anteriormente mencionados fueron los tratamientos T7 (Químico Testigo), T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%), T3 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 75%) de tal manera que para obtener

mejores resultados económicos, como es de esperar, hay que realizar una determinada inversión que pueda generar mayores beneficios.

Cabe mencionar que, si el agricultor es productor de su mismo fertilizante orgánico de bovinaza u ovinaza los costos reducirán, y en efecto el beneficio neto aumentara, otro punto a resaltar es el beneficio a largo plazo que brinda el fertilizante orgánico

Tabla 36

Cálculo de Tasa de Retorno Marginal

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO	COSTOS QUE VARIAN	ABN (e)	ACV (f)	TRM (%) [(e/f)100]
T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)	Q11,273.0	Q11,400.00			
T7 Químico (Testigo)	Q10,183.0	Q11,525.00	Q1,090.00	Q125.00	Q872.00
T6 (Abono orgánico(Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%)	Q17660	Q11,750.00	Q7,477.00	Q225.00	Q3,323.00

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

10.3.6. Selección del tratamiento más rentable:

Usando el criterio de optimalidad "el tratamiento más rentable es el que cumple la condición de TMR >TAMIR se analiza que el T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) cumple, por lo tanto, el tratamiento más rentable y que se le puede recomendar al triticultor.

10.3.7. Análisis de residuos

Sustrayendo de los beneficios netos el costo de oportunidad de los costos variables, se tienen los residuos. Con lo cual se corrobora que el tratamiento T6 (Abono orgánico (ovinaza)+ Fertilizante químico 50%) es el más viable.

Tabla 37

Análisis de residuos

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO	COSTOS QUE VARIAN	ABN (e)	ACV (f)	TRM (%) [(e/f)100]
T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%)	Q11,273.00	Q11,400.00			
T7 Químico (Testigo)	Q10,183.00	Q11,525.00	Q1,090	Q125.00	Q872.00
T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%)	Q17,660.00	Q11,750.00	Q7,477.00	Q225.00	Q3,323.00

Nota: Elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

11. Conclusiones

La investigación establecida en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) ubicada en el kilómetro 3.5 de la carretera a Olintepeque, Quetzaltenango y la investigación que se estableció en el Sector los Cifuentes, de aldea Santa Rosa del municipio de San Lorenzo, San Marcos de acuerdo con los resultados, análisis y discusión se concluyó lo siguiente:

En el área de experimentación No.1 en los tratamientos de rendimiento Tn/Ha. se estableció que no existió diferencia estadística significativa en el rendimiento de los tratamientos evaluados, en donde el tratamiento T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 50%) con 1.21 Tn/ Ha., T4 (Abono orgánico (Bovinaza)+ Fertilizante químico 75%) con 1.14 Tn/ Ha., T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) con 1.06 Tn/ Ha.

En el área de experimentación No.2 el tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) con 0.61 Tn/Ha., seguido por el T7 con una media de 0.60 Tn/ Ha. Seguido del T5 con 0.59 Tn/Ha., por lo que en ambas áreas experimentales se acepta la primera Ho1 planteada.

Los tratamientos de peso de 1,000 granos en el área experimental No.1 indica que los tratamientos que obtuvieron mayor peso son: Tratamiento T7 (Químico Testigo) tiene un peso de 38.73 gramos el segundo tratamiento es el T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%) con 38.60 gramos el tercer tratamiento es el T1 (Abono orgánico

(Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) con 37.18 gramos en estos tratamientos no existe diferencia de los demás tratamientos.

En el área experimental No.2 los tratamientos que obtuvieron mayor peso fueron los tratamientos T6 (Abono orgánico (Bovinaza)+fertilizante químico (50%) con 34.05 gramos el tratamiento T5 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 50%) con 31.95 gramos y el tercer tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) tiene 31.93 gramos con el mayor peso, para la selección de una buena calidad de semilla es necesario la implementación de la variable peso de 1,000 granos siendo las aplicaciones de Abono orgánicos en combinación con las dosis de fertilizantes químicos las cuales no produjeron diferencia significativa en el peso de 1,000 granos aceptando la Ho_2.

La variable peso hectolitrico del trigo en el área experimental No. 1. Obtuvo como mejores tratamientos el tratamiento T7 (Abono Orgánico Bovinaza) +químico al 50%) con 72,51 Gr/Hl, el segundo tratamiento T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) obtuvo 72.03 Gr/Hl, el tercer tratamiento. En el área de investigación No.2 el peso hectolitrico del primer tratamiento con mayor peso fue el T7 (Químico Testigo) con 72.48 Gr/Hl, el segundo tratamiento fue el T6 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 50%) con 71.00 Gr/Hl, y el tercer tratamiento es el T1 (Abono orgánico (Ovinaza) + Fertilizante químico 100%) con 70.88 Gr/Hl, los anteriores tratamientos obtuvieron un rango adecuado obtuvo así un rango adecuado según como establece la calidad harinera. El CIMMYT establece que el peso arriba de 70 gr/Hl son utilizados para productos de panadería por lo tanto los tratamientos no presentan diferencia significativa entre la calidad del peso hectolitrico para la calidad harinera, aceptando así la Ho_3

Los tratamientos evaluados no afectan significativamente la humedad del trigo, sin embargo, los tratamientos en ambas áreas experimentales no afectan significativamente en la variable humedad en la semilla debido a que todos no presentaron diferencia significativa entre el porcentaje de humedad por lo tanto la Ho_4 es aceptada.

La variable altura es parte del rendimiento con mayor índice de estabilidad genética de la variedad ICTA Don Vale el comportamiento de los tratamientos en el área experimental No. 1 los tratamientos que obtuvieron mayor altura fue el tratamiento T2 (Abono orgánico (Bovinaza) + Fertilizante químico 100%)

Los resultados obtenidos demostraron que, si bien hubo variaciones numéricas entre tratamientos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables analizadas: rendimiento (Tn/ha), peso hectolítrico, peso de 1,000 granos, humedad y altura de planta. Estas observaciones respaldan la aceptación de las hipótesis nulas (Ho1 a la Ho5), indicando que las combinaciones de tratamientos no ejercieron un efecto diferencial significativo en ninguna de las variables evaluadas.

Respecto a la variable humedad, los valores se mantuvieron dentro de un rango estrecho y adecuado (11.62% - 12.25%), lo que indica una buena estabilidad en la cosecha y calidad del grano. Finalmente, la variable altura de planta no mostró diferencias significativas, pero reflejó un comportamiento genéticamente estable de la variedad ICTA Don Vale en ambas localidades.

En conjunto, los resultados obtenidos indican que el uso de abonos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos permite mantener un rendimiento y calidad estables, lo que representa una alternativa viable para triticultores que deseen reducir el uso de insumos

químicos sin comprometer la calidad del grano. Asi se confirma la aceptación de de las hipótesis nulas planteadas (Ho1–Ho5), aunque con implicaciones prácticas de gran valor. La coherencia entre los resultados evidencia que el uso de abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos permite mantener rendimientos y calidad estables, ofreciendo una alternativa viable para productores que buscan reducir la dependencia exclusiva de insumos químicos. Las contradicciones encontradas, como el mejor peso hectolítrico en el tratamiento químico testigo o los rendimientos similares entre manejos integrados y químicos, sugieren que los beneficios de la combinación dependen de la dosis aplicada y de las condiciones agroecológicas específicas. Por lo tanto, se recomienda ampliar la investigación en diferentes ciclos agrícolas y localidades, con el fin de confirmar la estabilidad y replicabilidad de los resultados obtenidos.

12. Recomendaciones

Se sugiere ampliar el mapa de evaluación del comportamiento agronómico del trigo **(*Triticum aestivum L.*)** hacia otros departamentos del altiplano occidental de Guatemala. Esto permitirá generar información precisa sobre el rendimiento, desarrollo y adaptación del cultivo en función de las características edafoclimáticas locales, facilitando la toma de decisiones por región.

Se recomienda fomentar entre los triticultores el uso progresivo de abonos orgánicos como alternativa complementaria a la fertilización química convencional. Esto podría contribuir a una agricultura más sostenible, mejorando la salud del suelo y reduciendo la dependencia exclusiva de insumos sintéticos, especialmente en áreas de cultivos repetitivos del altiplano.

Con base en los resultados obtenidos, el uso de bovinaza y ovinaza mostraron beneficios agronómicos en rendimiento y calidad del grano de trigo por lo que se recomienda, realizar replicas en otras utilizando estas fuentes de abonos para conocer el comportamiento.

En base a los resultados obtenidos, los tratamientos T6 (bovinaza + fertilizante químico 50% y T2 (Bovinaza + fertilizante químico 100%), presentaron rendimientos promedios y mayores al testigo, por lo que recomienda la validación de los mismos.

13. Bibliografía

1. Andrade, E. (2012). Efectos de la aplicación de tres niveles de fertilización en la producción de cilantro en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Yumpu. Disponible en: https://www.yumpu.com/es/document/view/14512290/tesis-final-utbpdf-universidadtecnica-de-babahoyo

2. Ansorena, J., & Merino, E. (2014). Google Académico. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55956789/pdf_000304-with-cover-page-v2.pdf.

3. Baudilio, & Juscafresa. (1,993). *Desarrollo Forestal Campesina en la Region Andina. Desarrollo Forestal Campesina en la Region Andina.* Lima, Peru.

4. Bejarano, E., Barvo, M., Huaman, M., Huapaya, C., Roca, A., & Rojas, E. (2,002). Composicion de Alimentos. *Composicion de Alimentos*. Lima, Peru.

5. Bejarano, E., Bravp, M., Huaman, M., Huapaya, C., Roca, A., & Rojas, E. (n.d.). Ministerio de Sal.

6. Campbell, D. S. (2000). *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu.

7. Chee, C., Hernández, L., Santoyo, R., Tovar, G., Torres, M., & Rodríguez, C. (2011). *Calidad microbiológica de abonos orgánicos*. *Cuadernos de Agroecología*.

8. CultiBTA. (s.f.). *Composición química*. Disponible en:https://www.cultiba.com/es/cual-es-la-composicion-nutricional-del-trigo

9. Diproagro. (2021). *Fertilizantes N-P-K*. Disponible en: https://diproagro.com/triple15

10. Divito, G. A., & García, F. O. (2017). *Manual del trigo*. Argentina: Edición del autor.

11. Oficina de Economía. (2021). *Exportaciones del cultivo de trigo*. Disponible en: https://oec.world/es/profile/bilateral-product/wheat/reporter/gtm

12. Escobar, R. (1971). *El cultivo de trigo y su relación con el clima*. Quito, Ecuador: [Editorial no especificada].

13. FAO. (2021). *Composición y características de los suelos*. Disponible en: https://www.fao.org/4/x5027s/x5027S03.htm

14. Fischer, R. (2011). Wheat physiology: A review of recent developments. *Crop & Pasture Science, 62*(2), 95–114. https://doi.org/10.1071/CP10344.

15. **Geribaldi, L. A., & Morales, C. L.** (2012). *Los polinizadores de la agricultura* (pp. 2–10).

16. Gonzales, L., Sosa, N., & Arriata, H. L. (2015). *Evaluación de microorganismos eficientes y Trichoderma harzianum en la producción de posturas de cebolla*.

17. **Grijalva, R.** (2016, octubre). Nitrógeno en trigo y su efecto en rendimientos. *Acta Universitaria*. Disponible en: https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/963/pdf_172.

18. Hernández, E. C. (2010). *Metodología de investigación*. México: [Editorial no especificada].

19. Hewstone, C. (1988). Explorando altos rendimientos de trigo. En C. Hewstone (Ed.), *Explorando altos rendimientos de trigo* (pp. 21–46). Uruguay: Agropecuaria Hemisferio Sur.

20. **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo** ; Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). (s.f.). *Estrategias utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario*. Disponible en : http://www.revistasbolivianas.org.bo/.

21. Hoseney, R. C. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Zaragoza, España: Acribia.

22. Huanca, N., Quispe, G., & Marza, F. (s.f.). Evaluación de 15 genotipos de trigo harinero (Triticum aestivum L.) a través de análisis de estabilidad. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Dirección Nacional de Investigación. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rciii/v1n8/v1n8_a09.pdf

23. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (1976). *Informe anual del programa de trigo*. Guatemala: Mimeografiado.

24. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (2018). *Diagnóstico agrosocioeconómico del cultivo de trigo*. Guatemala.

25. Instituto Nacional de Estadística (2004). *IV censo agropecuario, tomo II*. Recuperado de https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/16/gDIQ8yuwJXGHFb2yHVk4oMlOhYLBCtp5.pdf.

26. Instituto Nacional de Estadística (INE). (2014). *IV censo agropecuario, tomo II*. Recuperado de https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/16/gDIQ8yuwJXGHFb2yHVk4oMlOhYLBCtp5.pdf.

27. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2013). *La nutrición del cultivo de trigo*. Argentina.

28. Estación Experimental Agropecuaria (2004). *Información técnica de trigo: criterios empleados para la toma de decisiones en el uso de fungicidas en trigo*. Santa Fe, Argentina.

29. Instituto de Obras Médicas del Estado (2003). *Trabajando por el desarrollo sostenible de la región*. Perú.

30. Jackson, M. L. (1964). *Análisis químico de suelos: una importante contribución al estudio de la química del suelo*. Barcelona, España.

31. Liñán, C. (1993). *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Madrid, España: Ediciones Agrotécnicas.

32. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2021). *El agro en cifras 2021*. Disponible en: https://precios.maga.gob.gt/archivos/agro-en-cifras/El%20Agro%20En%20Cifras%20-%202021.pdf.

33. Martínez, I. (1995). *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Madrid, España.

Meyer, M. (2000). *Elaboración de productos agrícolas*. En M. Meyer, *Elaboración de productos agrícolas*. México: Trillas.

34. Miller, T. (2000). *Caracterización agronómica del trigo (Triticum aestivum)*. Texas, Estados Unidos.

35. Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., M., O., García, J., Gómez, R., & Aguirre, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit. *Biociencias*, 27–35.

36. Nachit, M., CIHEAM, ICARDA, & CIMMYT. (1993, noviembre). *Estudios sobre algunos rasgos de calidad de grano*. Zaragoza, España.

38. Navarro, G. N. (2014). *Fertilizantes: química y acción*. Madrid, España: Mundi-Prensa.

39. Organicos, A. (2010, abril 8). *Abonos orgánicos*. Disponible en: http://abonillosorganicospuros.blogspot.com/p/estiercol.htm.

40. Ospina, O. (1964, junio). *Posibilidades de ajustes en la producción de trigo y los productos competitivos de clima frío*. Colombia.

14. Anexos

Anexo 1

Porcentaje de perdida por malezas

CLASE DE PRODUCCION DE COSECHA	% AREA CULTIVADA	% PERDIDAS POR MALEZA
a) De maximo desarrollo (alto grado de mecanizacion y uso intensivo de herbicidas	20%	5%
b) Intermedia(hay mecanizacion de herbicidas	50%	10%
c) De menor desarrollo (minimo mecanizacion y en donde la lucha contra las mlas hierbas depende de gran parte de labor manual)	30%	25%

Fuente: Divito, G. A., & García, F. O. (2017). Manual del trigo

Anexo 2

Requerimientos nutricionales del trigo

NUTRIENTE	NECESIDAD	INDICE DE COSECHA	EXTRACCION
	Kg/Tn grano $^{-1}$		Kg/Tn grano $^{-1}$
N	25.8	0.66	17.0
P	3.9	0.75	2.9
K	16.3	0.17	2.8
Ca	2.6	0.14	0.4
Mg	2.6	0..50	1.3
S	3.4	0.35	1.2
	g/Ha. $^{-1}$		g/Ha. $^{-1}$
B	21.5		
Cu	8.6	0.75	6.5
Fe	117.6	0.99	116.6
Mn	60.2	0.17	10.2
Zn	44.7	0.44	19.7

Fuente: Jackson, M. L. (1964). Una importante contribución al estudio de la química del suelo. Barcelona, España.

Anexo 3

Características generales de los componentes del estiércol de bovinaza

Componente	Unidad	Rango
Agua	%	83
Materia Organica	Kg/Tm	170
Nitrogeno	Kg/Tm	50
Fosforo	Kg/Tm	20
Potasio	Kg/Tm	35

Fuente: Martínez (1995) *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Madrid, España.

Anexo 4

Nitrógeno liberado por los aportes del estiércol ovino

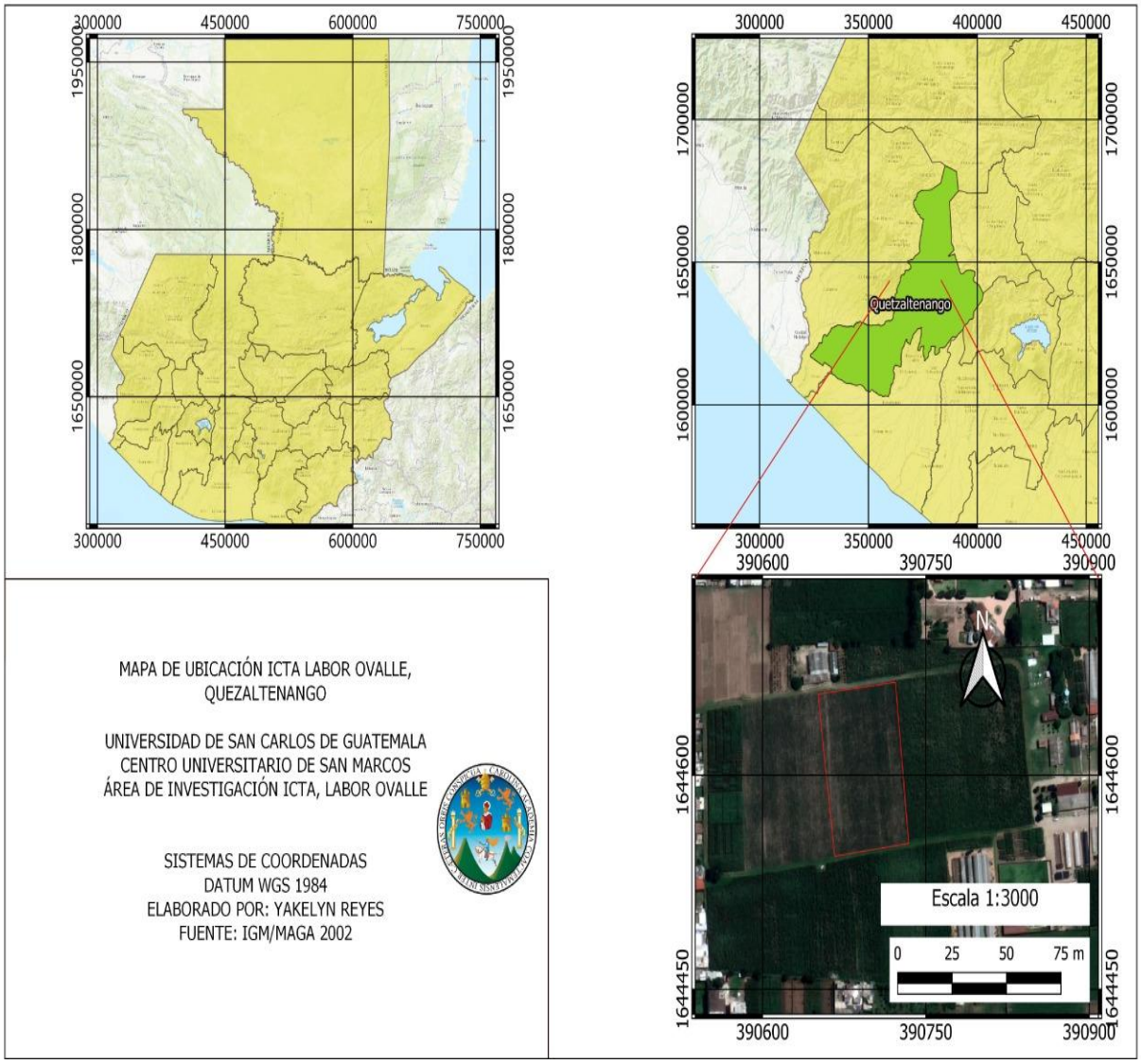
NITROGENO LIBERADO POR APORTES DE ESTIERCOL ANTES DE LA SIEMBRA DE GANADO OVINO		
Cantidad/ha	20 Tm	40 Tm
Unidad de N liberada	30 Kg/Ha	60kg/ha

Fuente: Martínez (1995) *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Madrid, España.

Anexo 5

Mapa referencial del área experimental No.1

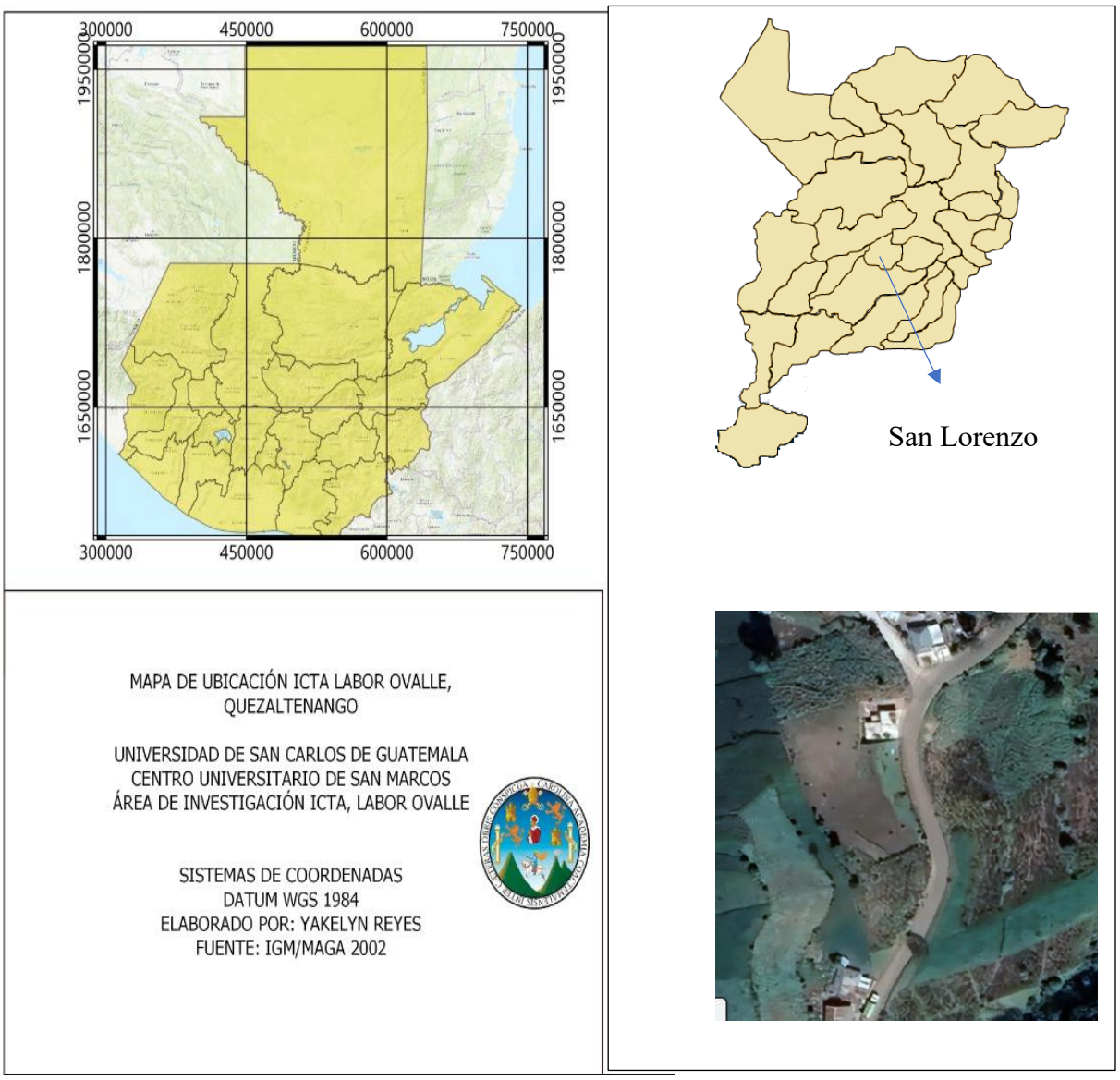
La estación experimental “Labor Ovalle” del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), se encuentra ubicada en el municipio de Olintepeque, Departamento de Quetzaltenango



Anexo 6

Mapa referencial del área experimental No.2

El área de investigación estará ubicada en el sector los Cifuentes de la Aldea Santa Rosa del municipio de San Lorenzo, del departamento de San Marcos.



Anexo 7

Análisis de suelo del área de investigación No.1 ubicada en Quetzaltenango.

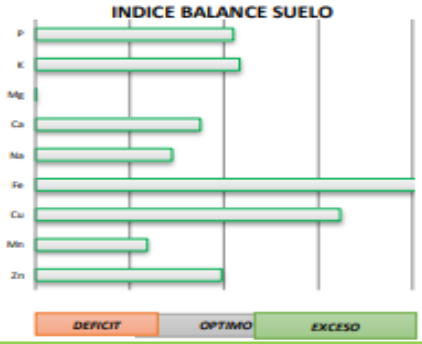
GOBIERNO DE GUATEMALA | AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN

Tecnología Agrícolas (ICTA)

Solicitante	Jessica Moscoso	**Identificación de muestra**	Parcela, trigo
Finca	S/D	**Departamento**	Quetzaltenango
Municipio	ICTA Labor Ovalle	**Cultivo**	S/D
Fecha	21/4/2023	**Informe No.**	13723
Ref. Lab	13723		

			pa (g/cm3)		***1.1***
PARAMETRO	**VALOR**	**UNIDAD**	**RANGO ADECUADO**		**Kg/ha**
pH	6.6	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	2.7	%	3.00	6.00	-
FOSFORO(P)	14.7	ppm	12.00	16.00	***32***
POTASIO (K)	0.7	meq/100g	0.40	0.80	***558***
MAGNESIO (Mg)	0.01	meq/100g	1.50	3.00	***3***
CALCIO (Ca)	5.3	meq/100g	4.00	8.00	***2310***
SODIO (Na)	0.4	meq/100g	0.10	1.00	***202***
HIERRO (Fe)	82.7	ppm	25.00	50.00	***181.9***
COBRE (Cu)	4.9	ppm	2.00	4.00	***10.7***
MANGANESO (Mn)	4.5	ppm	5.00	10.00	***9.8***
ZINC (Zn)	4.0	ppm	3.00	5.00	***8.7***
ARCILLA	15	%	-	-	-
LIMO	12	%	-	-	-
ARENA	73	%	-	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco arenosa		-	-	-
Sumatoria de bases	**6.31**	meq/100g			
CICE	6.44				

RELACIONES CATIONICAS		**RANGO ADECUADO**	
Ca/Mg	**425.34**	3.00	6.00
Ca/K	**8.08**	15.00	30.00
Mg/K	**0.02**	10.00	15.00
(Ca+Mg)/K	**8.10**	20.00	40.00
% Sat. De Na	**6.32**	5.00	15.00
% Sat. De K	**10.30**	5.00	7.00
% Sat. De Ca	**83.19**	50.00	70.00
% Sat. De Mg	**0.20**	15.00	25.00
% Sat. De Bases	**97.98**	35.00	50.00



MÉTODOS ANALÍTICOS

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

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX (502) 6670 1500 Ext:758
E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt
www.icta.gob.gt síganos en: @ICTAGuate

Laboratorio de Suelos y Agua - ICTA

Anexo 8

Análisis de suelo del área de investigación No. 2 en San Marcos.

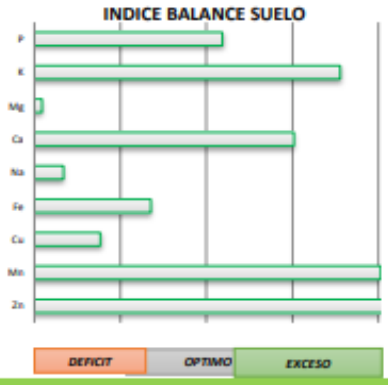
GOBIERNO de GUATEMALA | MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Solicitante	Jessica Moscoso	**Identificación de muestra**	Trigo
Finca	S/D		
Municipio	San Lorenzo	**Departamento**	San Marcos
Fecha	21/4/2023	**Cultivo**	S/D
Ref. Lab	13923	**Informe No.**	13923

			pa (g/cm3)		***1.1***
PARAMETRO	**VALOR**	**UNIDAD**	**RANGO ADECUADO**		**Kg/ha**
pH	5.6	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	8.0	%	3.00	6.00	-
FOSFORO(P)	15.3	ppm	12.00	16.00	***34***
POTASIO (K)	1.1	meq/100g	0.40	0.80	***915***
MAGNESIO (Mg)	0.10	meq/100g	1.50	3.00	***26***
CALCIO (Ca)	9.1	meq/100g	4.00	8.00	***3985***
SODIO (Na)	0.1	meq/100g	0.10	1.00	***47***
HIERRO (Fe)	25.4	ppm	25.00	50.00	***55.9***
COBRE (Cu)	1.2	ppm	2.00	4.00	***2.5***
MANGANESO (Mn)	15.1	ppm	5.00	10.00	***33.2***
ZINC (Zn)	12.3	ppm	3.00	5.00	***27.1***
ARCILLA	9	%	-	-	-
LIMO	14	%	-	-	-
ARENA	77	%	-	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco arenosa		-	-	-
Sumatoria de bases	**10.32**	meq/100g			
CICE	10.50				

RELACIONES CATIONICAS		**RANGO ADECUADO**	
Ca/Mg	**90.57**	3.00	6.00
Ca/K	**8.49**	15.00	30.00
Mg/K	**0.09**	10.00	15.00
(Ca+Mg)/K	**8.58**	20.00	40.00
% Sat. De Na	**0.90**	5.00	15.00
% Sat. De K	**10.34**	5.00	7.00
% Sat. De Ca	**87.79**	50.00	70.00
% Sat. De Mg	**0.97**	15.00	25.00
% Sat. De Bases	**98.29**	35.00	50.00



MÉTODOS ANALÍTICOS

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

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX (502) 6670 1500 Ext:758
E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt
www.icta.gob.gt síganos en: @ICTAGuate

Laboratorio de Suelos y Agua - ICTA

Anexo 9

Análisis del Abono de bovinaza

GOBIERNO de GUATEMALA

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Solicitante	**Concepción Velasquez/JM**	**Identificación de muestra**	**Abono Vaca**
Finca	**S/D**		
Municipio	**San Lorenzo**	**Departamento**	**San Marcos**
Fecha	**10/05/2023**	**Cultivo**	**Abono Orgánico**
Ref. Lab	**1623**	**Informe No.**	**1623**

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	Observacion
pH	8,76		
N	1,73	%	% MO = 81,6
FOSFORO(P)	0,28	%	Rel C/N = 27,4
POTASIO (K)	0,70	%	
MAGNESIO (Mg)	0,17	%	
CALCIO (Ca)	1,08	%	
HIERRO (Fe)	0,40	%	
COBRE (Cu)	17,00	ppm	
MANGANESO (Mn)	166,00	ppm	
ZINC (Zn)	51,00	ppm	

MÉTODOS ANALÍTICOS

Calcinación, Bases de cambio Absorción Atómica, Lectura directa; P disponible Colorimétrico: directo; Micronutrientes Absorción Atómica, Lectura directa; Solución extractora: HCL 6M Observación: n/d = no determinado *n/d = no detectado. Los datos de análisis son válidos para la muestra en la forma como fue recibida en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio del ICTA no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le dé a estos datos de análisis.

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX (502) 6670 1500 Ext:758
E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt
www.icta.gob.gt síganos en: @ICTAGuate

Laboratorio de Suelos y Agua- ICTA

.

Anexo 10

Análisis del abono de ovinaza.

GOBIERNO de GUATEMALA

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Solicitante	**Concepción Velasquez/JM**	**Identificación de muestra**	**Abono oveja**
Finca	**S/D**		
Municipio	**San Lorenzo**	**Departamento**	**San Marcos**
Fecha	**10/05/2023**	**Cultivo**	**Abono Orgánico**
Ref. Lab	**1723**	**Informe No.**	**1723**

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	Observacion
pH	8,05		
N	0,37	%	% MO = 70,4
FOSFORO(P)	0,36	%	Rel C/N = 110,4
POTASIO (K)	0,70	%	
MAGNESIO (Mg)	0,33	%	
CALCIO (Ca)	3,08	%	
HIERRO (Fe)	0,60	%	
COBRE (Cu)	30,00	ppm	
MANGANESO (Mn)	372,00	ppm	
ZINC (Zn)	112,00	ppm	

MÉTODOS ANALÍTICOS

Calcinación, Bases de cambio Absorción Atómica, Lectura directa; P disponible Colorimétrico: directo; Micronutrientes Absorción Atómica, Lectura directa; Solución extractora: HCL 6M Observación: n/d = no determinado *n/d = no detectado. Los datos de análisis son válidos para la muestra en la forma como fue recibida en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio del ICTA no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le dé a estos datos de análisis.

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX (502) 6670 1500 Ext:758
E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt
www.icta.gob.gt síganos en: @ICTAGuate

Laboratorio de Suelos y Agua - ICTA

Anexo 11

Análisis de suelo después de la cosecha en Sector los Cifuentes, aldea Santa Rosa, San Lorenzo, San Marcos.

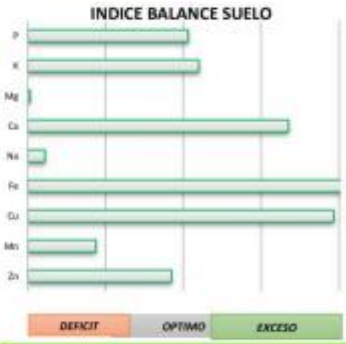
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
Investigación para el desarrollo agrícola

Solicitante	Yakin Reyes/Jessica M.	**Identificación de muestra**	S. Los Cifuentes
Finca	S/D		
Municipio	San Lorenzo	**Departamento**	San Marcos
Fecha	24/03/2025	**Cultivo**	Trigo
Ref. Lab	8225	**Informe No.**	8225

			pa (g/cm3)		***1,1***
PARAMETRO	**VALOR**	**UNIDAD**	**RANGO ADECUADO**		**Kg/ha**
pH	5,4	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	3,8	%	3,00	6,00	-
FOSFORO(P)	14,4	ppm	12,00	16,00	***32***
POTASIO (K)	0,7	meq/100g	0,40	0,80	***566***
MAGNESIO (Mg)	0,03	meq/100g	1,50	3,00	***9***
CALCIO (Ca)	10,1	meq/100g	4,00	8,00	***4424***
SODIO (Na)	0,1	meq/100g	0,10	1,00	***31***
HIERRO (Fe)	91,3	ppm	25,00	50,00	***200,8***
COBRE (Cu)	5,9	ppm	2,00	4,00	***13,0***
MANGANESO (Mn)	3,3	ppm	5,00	10,00	***7,2***
ZINC (Zn)	3,7	ppm	3,00	5,00	***8,1***
ARCILLA	12	%	-	-	-
LIMO	14	%	-	-	-
ARENA	73	%	-	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco arenoso		**H+AL**	0,5	meq/100 g
Sumatoria de bases	**10,81**	meq/100g			
CICE	11,31				

RELACIONES CATIONICAS		**RANGO ADECUADO**	
Ca/Mg	**287,51**	3,00	6,00
Ca/K	**15,24**	15,00	30,00
Mg/K	**0,05**	10,00	15,00
(Ca+Mg)/K	**15,29**	20,00	40,00
% Sat. De Na	**0,56**	5,00	15,00
% Sat. De K	**6,10**	5,00	7,00
% Sat. De Ca	**93,01**	50,00	70,00
% Sat. De Mg	**0,32**	15,00	25,00
% Sat. De Bases	**95,58**	35,00	50,00

INDICE BALANCE SUELO



MÉTODOS ANALÍTICOS

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

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX (502) 6670 1500 Ext:758
E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt
www.icta.gob.gt síganos en: @ICTAGuate

Anexo 12

Análisis de suelo después de la cosecha en ICTA Labor Ovalle, Olintepeque, Quetzaltenango.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
Investigación para el desarrollo agrícola

Solicitante	Yakin Reyes/Jessica M.	**Identificación de muestra**	Trigo Olintepeque
Finca	ICTA Labor Ovalle		
Municipio	Olintepeque	**Departamento**	Quetzaltenango
Fecha	24/03/2025	**Cultivo**	Trigo
Ref. Lab	8325	**Informe No.**	8325

			ρa (g/cm3)		***1,1***
PARAMETRO	**VALOR**	**UNIDAD**	**RANGO ADECUADO**		**Kg/ha**
pH	5,2	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	9,9	%	3,00	6,00	-
FOSFORO(P)	29,8	ppm	12,00	16,00	***66***
POTASIO (K)	1,2	meq/100g	0,40	0,80	***1010***
MAGNESIO (Mg)	0,06	meq/100g	1,50	3,00	***16***
CALCIO (Ca)	10,1	meq/100g	4,00	8,00	***4435***
SODIO (Na)	0,1	meq/100g	0,10	1,00	***64***
HIERRO (Fe)	62,0	ppm	25,00	50,00	***136,4***
COBRE (Cu)	1,9	ppm	2,00	4,00	***4,1***
MANGANESO (Mn)	8,8	ppm	5,00	10,00	***19,3***
ZINC (Zn)	18,4	ppm	3,00	5,00	***40,5***
ARCILLA	11	%	-	-	-
LIMO	14	%	-	-	-
ARENA	75	%	-	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco arenoso		**H+AL**		meq/100 g
Sumatoria de bases	**11,44**	meq/100g			
CICE	11,94				

RELACIONES CATIONICAS		**RANGO ADECUADO**	
Ca/Mg	**168,96**	3,00	6,00
Ca/K	**8,56**	15,00	30,00
Mg/K	**0,05**	10,00	15,00
(Ca+Mg)/K	**8,61**	20,00	40,00
% Sat. De Na	**1,10**	5,00	15,00
% Sat. De K	**10,29**	5,00	7,00
% Sat. De Ca	**88,09**	50,00	70,00
% Sat. De Mg	**0,52**	15,00	25,00
% Sat. De Bases	**95,81**	35,00	50,00

MÉTODOS ANALÍTICOS

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

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX (502) 6670 1500 Ext:758
E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt
www.icta.gob.gt síganos en: **@ICTAGuate**

Anexo 13

Medición del terreno

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 14

Trazo y barbecho del área de la investigación

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 15

Control de malezas

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 16

Siembra en las áreas de investigación

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 17

Variedad ICTA don Vale implementada en la investigación

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 18

Tama de datos de la variable altura

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 19

Toma de datos de la variable humedad

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 20

Toma de datos de la variable peso hectolitrico

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 21

Toma de datos de la variable peso de 1,000 granos

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 22

Cosecha y trillado

Fuente: Tomada por la estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario San Marcos.

Anexo 23

Diseño de boleta de toma de datos.

BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

Fecha de siembra **Fecha de cosecha**

No. de Orden	Rep	Cod. EF	DF	Fus	Roy	Mf	Otras	Altura	% Acame	Peso 1000 granos	Peso Hectolitrito	Humedad	Peso	Plantas por m^2
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

Anexo 24

Datos recolectados en el área de investigación del ICTA, Olintepeque, Quetzaltenango.

Lugar de Siembra: ICTA, Olintepeque, Quetzaltenango
Fecha de Siembra: 1 de julio del 2023
Fecha de Cosecha 29 de noviembre

No. de Orden	Tto.	DF	Fusarium	Roya		Madurez Fisiológica	Altura	% Acame	Peso 1000 granos	Peso Hectolítrico	Humedad	Peso
Bloque I	1	65	0	1	Resistente	112	1.00	0	35.0	71.05	11,8	1239
Bloque I	2	65	0	4	Intermedio	112	0.923	0	42.0	0	12,4	985
Bloque I	3	65	0	3	Resistente	112	0.873	0	38.2	0	12.4	685
Bloque I	4	65	0	4	Intermedio	112	0.933	0	34.2	70.71	11.0	1794
Bloque I	5	65	0	4	Intermedio	112	0.966	0	39.0	67.10	12.6	1301
Bloque I	6	65	0	4	Intermedio	112	0.95	0	35.1	70.30	12.2	1979
Bloque I	7	65	2	3	Resistente	112	0.91	0	41.9	75.00	12.4	1311
Bloque II	1	65	0	2	Resistente	112	0.936	5	36.4	73.25	11.8	2088
Bloque II	2	65	0	6	Intermedio	112	0.95	0	34.8	70.30	12.2	1979
Bloque II	3	65	0	6	Intermedio	112	0.98	0	31.7	65.50	10.8	1463

Bloque II	4	65	0	3	Resistente	112	0.87	0	35.	70.35	12.4	1397
Bloque II	5	65	0	5	Intermedio	112	0.713	0	32.6	66.05	11.4	809
Bloque II	6	65	0	3	Resistente	112	0.963	0	35.2	70.05	12.8	2596
Bloque II	7	65	0	3	Resistente	112	0.99	0	38.0	73.50	12.6	2291
Bloque III	1	65	0	6	Intermedio	112	1.00	0	35.9	69.5	10.8	1665
Bloque III	2	65	0	5	Intermedio	112	1.07	0	35.3	68.35	11.4	2015
Bloque III	3	65	0	4	Intermedio	112	0.98	0	36.8	67.00	10.69	1569
Bloque III	4	65	0	3	Resistente	112	0.963	0	33.1	69.70	11.6	2301
Bloque III	5	65	0	4	Intermedio	112	0.96	0	39.6	70.5	12.0	1194
Bloque III	6	65	0	3	Resistente	112	0.966	0	43.8	72.45	11.8	2195
Bloque III	7	65	0	5	Intermedio	112	0.896	0	35.9	70.50	12.0	1149
Bloque IV	1	65	0	3	Resistente	112	0.97	0	41.4	74.30	12.4	861
Bloque IV	2	65	0	4	Intermedio	112	0.99	0	42.3	72.10	12.4	1620
Bloque IV	3	65	0	6	Intermedio	112	0.803	0	35.5	71.5	12.6	890
Bloque IV	4	65	0	5	Intermedio	112	0.976	0	38.1	72.10	12.4	1620
Bloque IV	5	65	0	4	Intermedio	112	0.93	0	34.1	70.10	10.8	1434

Bloque IV	6	65	0	4	Intermedio	112	0.933	0	33.5	70.45	12.2	782
Bloque IV	7	65	0	6	Intermedio	112	0.883	0	39.1	71.05	11.2	890

Anexo 25

Datos recolectados en la investigación del sector los Cifuentes, de aldea Santa Rosa, San Lorenzo, San Marcos.

Lugar de Siembra: ICTA, Olintepeque, Quetzaltenango
Fecha de Siembra: 27 junio del 2,023
Fecha de Cosecha: 6 de diciembre del 2,023

No. de Orden	Rep	DF	Fusarium	Roya	Madurez Fisiológica	Otras	Altura	% Acame	Peso 1000 granos	Peso Hectolítrico	Humedad	Peso	Cantidad de plantas por M2
Bloque I	T1	65	0	1	112		0.65	0	32.9	0	11,2	401	46
Bloque I	T2	65	0	4	112		0.97	0	33.9	0	11.2	576	40
Bloque I	T3	65	0	3	112		1.00	0	30.4	0	11.0	311	31
Bloque I	T4	65	0	4	112		1.01	0	32.1	0	11.0	361	50
Bloque I	T5	65	0	4	112		0.97		30.3	0	11.2	272	34
Bloque I	T6	65	0	4	112		1.05	0	37.1	0	11.0	229	48
Bloque I	T7	65	2	3	112		0.97	0	31.2	0	11.2	253	38
Bloque II	T1	65	0	2	112		1.00	5	34.3	0	0	81	27
Bloque II	T2	65	0	6	112		0.82	0	30.1	0	11.2	289	39
Bloque II	T3	65	0	6	112		0.92	0	30.2	0	11.4	220	27
Bloque II	T4	65	0	3	112		0.861	0	30.2	0	11.2	202	21
Bloque II	T5	65	0	5	112		1.03	0	32.6	0	10.6	302	31
Bloque II	T6	65	0	3	112		0.91	0	35.1	0	11.6	173	31
Bloque II	T7	65	0	3	112		0.87	0	31.2	0	11.4	355	15
Bloque III	T1	65	0	6	112		0.88	0	31.4	0	0	143	28
Bloque III	T2	65	0	5	112		0.91	0	29.4	0	0	135	15

Bloque III	T3	65	0	4	112		0.77	0	32.8	0	11.2	171	25
Bloque III	T4	65	0	3	112		1.05	0	29.3	0	11.4	404	16
Bloque III	T5	65	0	4	112		0.84	0	33.2	0	11.6	432	30
Bloque III	T6	65	0	3	112		0.84	0	30.6	0	11.0	271	32
Bloque III	T7	65	0	5	112		0.90	0	30.8	0	0	96	17
Bloque IV	T1	65	0	3	112		0.90	0	29.1	0	11.2	271	34
Bloque IV	T2	65	0	4	112		0.89	0	32.3	0	11.0	278	37
Bloque IV	T3	65	0	6	112		0.91	0	32.1	0	0	110	28
Bloque IV	T4	65	0	5	112		0.80	0	27.9	0	11.6	209	23
Bloque IV	T5	65	0	4	112		0.83	0	31.7	0	11.2	254	30
Bloque IV	T6	65	0	4	112		0.72	0	33.4	0	11.4	158	27
Bloque IV	T7	65	0	6	112		0.87	0	26.4	0	10,8	559	30