

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“INTRODUCCIÓN DE DOCE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO
BIOFORTIFICADO (*Triticum aestivum*) EN LA LOCALIDAD DE
YESERA NORTE - PROVINCIA CERCADO”**

POR:

JUAN CARLOS ANAGUA TORRES

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

Abril - 2015
TARIJA - BOLIVIA.

V°B°

.....
Ing. Eloy Gilberto Gutiérrez Mercado
DOCENTE GUIA

.....
M. Sc. Ing. Linder Espinoza Márquez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES

.....
M. Sc Ing. Henry Esnor Valdez Huanca
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Martin Oscar Tordoya Rojas

.....
M.Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López

.....
M.Sc. Ing. Jose Lindolfo Laime Nieves

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios por ser la luz que ha iluminado mi diario caminar, y a mis queridos padres Agustín Anagua y Cayetana Torres, German porco. y a mis hermanos y hermanas por darme todo el amor, esfuerzo y apoyo incondicional para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme vida y fuerza, por todas las bendiciones en mí y mi hogar, porque todo fue y será posible con él.

A mis padres, Agustín Anagua, Cayetana Torrez y German Porco porque en todo momento me supieron apoyar, tanto económica como moralmente. Gracias a ellos he logrado cumplir una de mis metas.

A toda mi familia mi Abuelo Gregorio Torrez, mis tíos Javier Anagua y Floriana Mamani por el apoyo moral, la motivación de salir adelante y vencer todos los obstáculos.

Mis sinceros agradecimientos a mis compañeros Jorge Luis Acosta y Carla Cazón, por su ayuda y motivación en mi trabajo de tesis.

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, carrera de Ingeniería Agronómica por acogerme en sus aulas y brindarme todos sus conocimientos.

A todo el plantel docente de la carrera Ingeniería Agronómica por los conocimientos que me brindaron desde el inicio de mi carrera hasta el término de mi preparación profesional.

A mi docente guía Ing. Gilberto Gutiérrez Mercado. Por toda la colaboración, consejos, conocimientos y apoyo para el presente trabajo de investigación.

Expreso los más sinceros agradecimientos a todos los técnicos del INIAF. Por haberme brindado su enseñanza y sugerencias durante el transcurso de mi trabajo de tesis, y por darme ánimos en los momentos difíciles para salir adelante.

PENSAMIENTO

*“ Hay hombres que luchan un día y son buenos,
otros luchan un año y son mejores,
hay quienes luchan muchos años y son muy buenos,
pero están los que luchan toda la vida,
y esos son los imprescindibles...
(Bertolt Brecht. 1898 – 1956) ”*

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

| | Pág |
|------------------------------------|------------|
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN. | 3 |
| 1.3. HIPÓTESIS. | 3 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos. | 4 |

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

| | |
|---|-----------|
| 2.1 ORIGEN DE CULTIVO DE TRIGO..... | 5 |
| 2.2. FITOMEJORAMIENTO. | 5 |
| 2.3. PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO. | .7 |
| 2.4. EL CULTIVO DE TRIGO EN BOLIVIA | 10 |
| 2.4.1 Importancia de Trigo Biofortificado..... | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA..... | 12 |
| 2.6. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL TRIGO. | 12 |
| 2.6.1. Raíz. | 12 |
| 2.6.2. Tallo..... | 13 |
| 2.6.3. Hoja. | 13 |
| 2.6.4. Inflorescencia. | 13 |
| 2.6.5. Flor. | 13 |
| 2.6.6. Fruto. | 14 |
| 2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TRIGO..... | 14 |
| 2.8 VALOR NUTRICIONAL DE TRIGO BIOFORTIFICADOS | 15 |
| 2.8.1.1. Importancia de hierro en el Organismo. | 15 |
| 2.8.1.2. Propiedades y funciones de Hierro..... | 15 |
| 2.8.1.3 Fuentes alimentarias de hierro | 16 |
| 2.8.1.4. La principal función biológica del hierro. | 16 |
| 2.8.1.5. Importancia de Zinc en el organismo | 16 |
| 2.8.1.6. Fuentes alimentarias | 17 |
| 2.8.1.7. Funciones que desempeña el Zinc..... | 17 |
| 2.9. CONDICIONES ECOLÓGICAS DEL CULTIVO DE TRIGO. | 17 |
| 2.9.1. Clima. | 18 |
| 2.9.2. Temperatura. | 18 |
| 2.9.3. Precipitación. | 18 |
| 2.9.4. Humedad..... | 19 |
| 2.9.5. Viento. | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 2.9.6. Suelo..... | 20 |
| 2.9.7. PH..... | 21 |
| 2.10. CICLO VEGETATIVO..... | 21 |
| 2.10.1. Germinación..... | 21 |
| 2.10.2. Macollamiento. | 22 |
| 2.10.3. Encañado..... | 22 |
| 2.10.4. Espigado | 22 |
| 2.10.5. Maduración | 23 |
| 2.10.6. Estados de Grano..... | 23 |
| 2.11. MANEJO DEL CULTIVO DE TRIGO..... | 24 |
| 2.11.1. Preparación del Terreno..... | 24 |
| 2.11.2. Fertilización. | 24 |
| 2.11.2.1. Función de los distintos nutrientes en el cultivo del trigo. | 25 |
| 2.11.3. Época de Siembra..... | 26 |
| 2.11.4. Densidad de Siembra..... | 26 |
| 2.11.5. Siembra..... | 26 |
| 2.11.6. Riegos..... | 27 |
| 2.12. PLAGAS Y ENFERMEDADES..... | 28 |
| 2.12.1. PLAGAS..... | 28 |
| 2.12.1.1. Pulgón verde de los cereales (<i>Schizaphis graminum</i>)..... | 28 |
| 2.12.1.2. Pulgón de la espiga (<i>Sitobium avenae</i>)..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 2.12.1.3. Gusanos blancos (<i>Diloboderus abderus</i>)..... | 29 |
| 2.12.1.4. Ácaro o arañuela del trigo (<i>Penthaleus major</i>)..... | 29 |
| 2.12.1.5. Gorgojo del macollo del trigo (<i>Listronotus bonariensis</i>). | 30 |
| 2.12.1.6. Hormigas..... | 30 |
| 2.12.2. ENFERMEDADES. | 30 |
| 2.12.2.1. Roya de la hoja o anaranjada (<i>Puccinia recondita</i>) | 30 |
| 2.12.2.2. Roya amarilla o estriada (<i>Puccinia striiformis</i>) | 31 |
| 2.12.2.3. Oidio (<i>Blumeria graminis</i> f. sp.)..... | 31 |
| 2.12.2.4. Carbón volador (<i>Ustilago tritici</i>)..... | 32 |
| 2.12.2.5. Caries o tizón del trigo. (<i>Tilletia controversa</i>)..... | 32 |
| 2.12.3. Cosecha..... | 33 |
| 2.12.3.1 Cosecha manual..... | 33 |
| 2.12.3.2. Cosecha mecanizada | 33 |
| 2.13. RENDIMIENTO. | 34 |
| 2.13.1.1. Producción. | 35 |
| 2.13.1.2. Productividad. | 35 |
| 2.13.1.3 Potencial de Rendimiento. | 35 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

| | |
|--|-----------|
| 3. DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO. | 36 |
| 3.1. Ubicación Geográfica..... | 36 |
| 3.2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS | 36 |
| 3.2.1. Temperatura. | 36 |
| 3.2.2. Precipitación. | 37 |
| 3.3. SUELOS. | 38 |
| 3.4. FLORA Y FAUNA. | 39 |
| 3.4.1. Vegetación. | 39 |
| 3.4.2. Fauna. | 40 |
| 3.5. ACTIVIDAD AGROPECUARIA. | 40 |
| 3.5.1. Actividad Pecuaria. | 41 |
| 3.5.2. Actividad Económica de la Zona. | 41 |
| 3.6. FISIOGRAFÍA. | 41 |
| 3.6.1. Geología..... | 41 |
| 3.7. MATERIALES. | 42 |
| 3.7.1. Material Vegetal..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 3.7.2. Materiales de campo..... | 43 |
| 3.7.2.1. Materiales de demarcación | 43 |
| 3.7.2.2. Material de registro | 43 |
| 3.7.3. Material de Gabinete | 43 |
| 3.7.4. Herramienta y equipo | 43 |
| 3.8. METODOLOGÍA. | 44 |
| 3.8.1. Diseño Experimental. | 44 |
| 3.8.1.1. Características del Diseño Experimental. | 44 |
| 3.8.2. Diseño de Campo. | 45 |
| 3.9. MANEJO DEL CULTIVO. | 45 |
| 3.9.1. Toma de Muestra de Suelo. | 45 |
| 3.9.2. Preparación del Terreno. | 46 |
| 3.9.2.1. Establecimiento del Ensayo | 47 |
| 3.9.3. Preparación de la Semilla | 47 |
| 3.9.4. Siembra..... | 48 |
| 3.9.5. Fertilización. | 48 |
| 3.9.6. Control Manual de Malezas | 48 |
| 3.9.7. Labores Culturales. | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 3.9.8. Cosecha..... | 49 |
| 3.9.9. Sistematización de Datos..... | 49 |
| 3.9.9.1. Evaluaciones en Laboratorio. | 50 |
| 3.10. VARIABLES ESTUDIADAS. | 50 |
| 3.10.1. Toma de Datos | 50 |
| 3.10.1.1. Número de Macollos por m ² por Tratamiento. | 51 |
| 3.10.1.2. Número de Espigas por m ² por Tratamiento. | 51 |
| 3.10.1.3. Longitud de Espiga por Tratamiento. | 51 |
| 3.10.1.4. Número de Espiguillas por Espiga por Tratamiento. | 51 |
| 3.10.1.5. Número de Granos por Espiga por Tratamiento. | 51 |
| 3.10.1.6. Días a la Madurez de Trigo por Tratamiento. | 51 |
| 3.10.1.7. Rendimiento del Grano por Tratamiento en Kg/Ha. | 52 |
| 3.10.1.8. Peso de Grano de 1000 unidades por Tratamiento..... | 52 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

| | |
|---|-----------|
| 4.1. NÚMERO DE MACOLLOS POR PLANTA. | 53 |
| 4.2. NÚMERO DE ESPIGAS/m² | 57 |
| 4.3. LONGITUD DE LA ESPIGA (cm) | 61 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4. NÚMERO DE ESPIGUILLAS POR ESPIGA..... | 65 |
| 4.5. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA | 68 |
| 4.6. DÍAS A LA MADUREZ | 72 |
| 4.7. PESO DEL GRANO (1000 unidades) | 76 |
| 4.8. RENDIMIENTO EN GRANO Kg/Ha..... | 80 |
| 4.9. DESCRIPCIÓN DE 12 LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO BIOFORTIFICADOS..... | 84 |
| 4.10. ANÁLISIS ECONÓMICO. | 90 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 91 |
| 5.2. RECOMENDACIONES. | 93 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro N° 1. Principales Países Productores de Trigo del Mundo..... | 8 |
| Cuadro N° 2. Bolivia: Evolución de la Superficie Cultivada, Producción y Rendimiento | 9 |
| Cuadro N° 3. Clasificación Taxonómica..... | 12 |
| Cuadro N° 4. Composición Analítica del trigo (%)..... | 14 |
| Cuadro N° 5. Ubicación Geográfica comunidad Yesera Norte..... | 36 |
| Cuadro N° 6. Características Climáticas de la Zona de Estudio | 37 |
| Cuadro N° 7. Frutales Cultivados de la Zona | 39 |
| Cuadro N° 8. Cultivos Anuales de la Zona..... | 40 |
| Cuadro N° 9. Las Líneas Avanzadas de trigo Biofortificados en estudio | 42 |
| Cuadro N° 10 Diseño Experimental | 44 |
| Cuadro N° 11. Datos Según Análisis de Suelos | 46 |
| Cuadro N° 12. Fertilización del Cultivo de Trigo | 47 |
| Cuadro N° 13. Variables Estudiadas..... | 50 |
| Cuadro N° 14. Número de macollos/ planta | 53 |
| Cuadro N° 15. Análisis de varianza para el número de macollos/planta..... | 54 |
| Cuadro N° 16. Comparación de medias por Tukey Número de macollos por planta..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Cuadro N° 17. Número de Espigas/m ² | 57 |
| Cuadro N° 18. Análisis de varianza para el número de Espigas/m ² | 58 |
| Cuadro N° 19. Comparación de medias por Tukey Número De Espigas/m ² | 59 |
| Cuadro N° 20. Longitud de la Espiga (cm) | 61 |
| Cuadro N° 21. Análisis de varianza para la longitud de la espiga (cm) | 62 |
| Cuadro N° 22. Comparación de medias por Tukey Longitud de Espigas (cm) | 63 |
| Cuadro N° 23. Numero de Espiguillas/Espiga | 65 |
| Cuadro N° 24. Análisis de varianza para el número de espiguillas/Espiga | 66 |
| Cuadro N° 25. Numero de granos/ Espiga | 68 |
| Cuadro N° 26. Análisis de varianza para el Número de granos/Espiga | 69 |
| Cuadro N° 27. Comparación de medias por Tukey Número de Granos/Espiga..... | 70 |
| Cuadro N° 28. Días a la madurez..... | 72 |
| Cuadro N° 29. Análisis de varianza para Días a la madurez | 73 |
| Cuadro N° 30. Comparación de medias por Tukey Días a la Madurez | 74 |
| Cuadro N° 31. Peso del Grano (1000 unidades) | 76 |
| Cuadro N° 32. Análisis de varianza peso del Grano (1000 unidades) | 77 |
| Cuadro N° 33. Comparación de medias por Tukey Peso de Grano (1000 unidades) | 78 |
| Cuadro N° 34. Rendimiento en grano Kg/Ha | 80 |

| | |
|--|----|
| Cuadro N° 35. Análisis de varianza para Rendimiento en grano Kg/Ha | 81 |
| Cuadro N° 36. Comparación de medias por Rendimiento en Grano Kg/ha..... | 82 |
| Cuadro N° 37. Relación Beneficio/Costo..... | 90 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico N° 1. Superficie Cultivada y Rendimiento de Trigo en Bolivia | 9 |
| Gráfico N° 2. Composición Química de trigo | 14 |
| Gráfico N° 3. Numero de macollos/planta | 56 |
| Gráfico N° 4. Numero de espigas/m ² | 60 |
| Gráfico N° 5. Longitud de la espiga (cm) | 64 |
| Gráfico N° 6. Numero de espiguillas/Espiga..... | 67 |
| Gráfico N° 7. Numero de granos/espiga | 71 |
| Gráfico N° 8. Días a la madurez | 75 |
| Gráfico N° 9. Peso del grano (1000 unidades) | 79 |
| Gráfico N° 10. Rendimiento en grano Kg/Ha | 83 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Mapa de Localización de la Zona de Estudio

Anexo N° 2. Resumen Climatológico de la Zona de Estudio

Anexo N° 3. Análisis Físico del Suelo

Anexo N° 4. Análisis Químico del Suelo

Anexo N° 5. Cálculo del Nivel de Fertilización

Anexo N° 6. Taxonomía del Cultivo de Trigo

Anexo N°7. Familias y Nombres Científicos de Especies Vegetales de la Zona de Estudio

Anexo N° 8. Costo de Producción del Cultivo de Trigo Bs/Ha.

Anexo N° 9. Registro Fotográfico