



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Llunitaxi Masabanda Adriana Nataly

Tutor:

Chasi Vizquete Wilman Paolo

Cotutor:

Garófalo Sosa Javier Alberto

LATACUNGA – ECUADOR

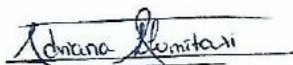
Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Adriana Nataly Llumitaxi Masabanda, con cédula de ciudadanía No. 1726879867, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP”** siendo el Ingeniero Mg. Paolo Wilman Chasi Vizuete, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 15 de febrero del 2024



Adriana Nataly Llumitaxi Masabanda

C.C: 1726879867

ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LLUMITAXI MASABANDA ADRIANA NATALY**, identificada con cédula de ciudadanía **1726879867** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020- Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como

requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

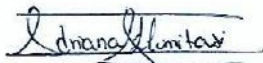
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de febrero del 2024.



Adriana Nataly Llumitaxi Masabanda

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP”, de Llumitaxi Masabanda Adriana Nataly, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 15 febrero del 2024



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete Mg.

C.C: 0502409725


DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Llumitaxi Masabanda Adriana Nataly, con el título de Proyecto de Investigación: “**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 15 de febrero del 2024


Ing. Mg. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.
C.C: 0604147900

LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.
C.C: 0501883920

LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Clever Gilberto Castillo de la Guerra, Mg.
C.C: 0501715494

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar y, antes que nada, expreso un fraterno agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por su acogida y enseñanzas para formarme académicamente.

Expreso mis agradecimientos al proyecto FIASA quien a través de su ayuda se pudo implementar con éxito el proyecto de estudio

Agradezco profundamente al Programa de Cereales perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) quien me dio la oportunidad de demostrar mis capacidades al realizar el presente trabajo, en especial agradezco al Ing. Javier Garófalo, Ing. Javier Noroña, Señora Rosita y Señora Mary por brindarme cada uno de sus conocimientos, confianza y apoyo.

También quiero expresar mi eterno agradecimiento a mi tutor Ing. Paolo Chasi y lectores de la mesa tribunal en especial a la Ing. Mercy Ilbay por ofrecerme su apoyo y guiarme de la mejor manera para culminar con éxitos mi proyecto de titulación.

Por último y no menos importante agradezco el apoyo y los ánimos que cada día me brindaban mi familia y mis amigos, Yesenia, Katherine, Melida, Kevin y Bolivar, ayudándome a sobresalir cada día.

Adriana Nataly Llumitaxi Masabanda

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado especialmente a mis padres, Ángel y Blanca, quienes, supieron brindarme su amor, apoyo incondicional, sabios consejos y palabras de ánimo en el momento adecuado a lo largo de mi formación profesional.

A mi hermana, Evelyn y a mi abuelita, María, quienes de igual manera cada día estuvieron a mi lado apoyándome y escuchándome.

Gracias a todas las personas que estuvieron en este proceso de formación académica brindándome palabras de aliento para seguir adelante y no decaer en ningún momento pudiendo así, cumplir mi meta más anhelada.

Adriana Nataly Llumitaxi Masabanda

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS Y UNA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA – INIAP”.

Autor:

Llunitaxi Masabanda Adriana Nataly

RESUMEN

En el Ecuador la producción de trigo es primordial para la obtención de materia prima y elaboración de productos de consumo diario para la población ecuatoriana; sin embargo, el país solo abastece entre un dos y tres por ciento de la producción nacional y el resto es importado. La presente investigación evaluó el comportamiento agronómico de líneas promisoras y una variedad de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la Estación Experimental Santa Catalina situado en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia Cutuglagua. Se implementó un diseño experimental completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones en un área total de 54 m², en total 15 unidades experimentales con un área de 3,6 m² por parcela. Las líneas promisorias evaluadas fueron TA-18-008, TA-20-003, H-01-UEB y H-04-UEB, y la variedad INIAP-IMABABURA 2014 como testigo. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, vigor de planta, hábito de crecimiento, días de espigamiento, tipo de paja, altura de planta, número de macollos y espigas, número de grano por espiga, tipo y color de grano, rendimiento (kg ha⁻¹), peso hectolítrico (kg hl⁻¹), proteína e incidencia de enfermedades, en las cuales se realizó un análisis de varianza y prueba Tukey al 5%. Los resultados obtenidos evidencian que la línea promisoría que presentó mejores características agronómicas fue TA-18-008 con una germinación del 100%, vigor de planta de 1,6/3, hábito de crecimiento 1, espigamiento de 77 días, tallos fuertes con 100 cm de altura, 255 espigas y macollos por m², 15,1 tamaño de espiga y 52,6 granos por espiga, de la misma manera esta línea presentó una buena resistencia a las enfermedades obteniendo una incidencia del 5% en roya amarilla (RA) y 1,9 % en el virus del enanismo amarillo (BYDUV), con respecto a la línea que obtuvo una mejor calidad de grano fue TA-20-003 presentando un peso hectolítrico con 68,9 kg hl⁻¹ y 14,5% de proteína. Así como también en la variable rendimiento con un promedio de 2887,3 kg ha⁻¹. Donde se establece que estas líneas presentan mejor comportamiento agronómico que INIAP –IMBABURA lo que constituyen como materiales potenciales para la búsqueda de una nueva variedad de Trigo.

Palabras claves: Trigo, Tratamientos, Variables, Evaluación, Rendimiento, Enfermedades y Calidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: "EVALUATION OF THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF FOUR PROMISIVE LINES AND ONE VARIETY OF FLOUR WHEAT (*Triticum aestivum* L.) UNDER AGROCLIMATIC CONDITIONS AT THE SANTA CATALINA - INIAP EXPERIMENTAL STATION".

Author:

Llunitaxi Masabanda Adriana Nataly

ABSTRACT

In Ecuador, wheat production is essential for obtaining raw material and for the production of daily consumption products for the Ecuadorian population; however, the country only supplies between two and three percent of the national production and the rest is imported. This research evaluated the agronomic performance of promising lines and a variety of flour wheat (*Triticum aestivum* L.) under the agroclimatic conditions of the Santa Catalina Experimental Station located in the province of Pichincha, canton Mejia, parish Cutuglagua. A completely randomized experimental design (DBCA) was implemented with five treatments and three replications in a total area of 54 m², a total of 15 experimental units with an area of 3,6 m² per plot. The promising lines evaluated were TA-18-008, TA-20-003, H-01-UEB and H-04-UEB, and the INIAP-IMABABURA 2014 variety as a control. The variables evaluated were germination percentage, plant vigor, growth habit, gleaning days, straw type, plant height, number of tillers and ears, number of grains per ear, grain type and color, yield (kg ha⁻¹), hectoliter weight (kg hl⁻¹), protein and disease incidence, for which an analysis of variance and Tukey test at 5% were performed. The results obtained show that the promising line that presented the best agronomic characteristics was TA-18-008 with a germination of 100%, plant vigor of 1,6/3, growth habit 1, spiking in 77 days, strong stems with a height of 100 cm, 255 ears and tillers per m², 15,1 herringbone size and 52,6 grains per ear, In the same way, this line showed good resistance to diseases, obtaining an incidence of 5% in yellow rust (AR) and 1,9% in yellow dwarf virus (BYDUV). The line with the best grain quality was TA-20-003, with a hectoliter weight of 68,9 kg hl⁻¹ and 14.5% protein. The same was true for the yield variable with an average of 2887,3 kg ha⁻¹. It is established that these lines show better agronomic performance than INIAP IMBABURA 2014, which constitute potential materials for the search of a new wheat variety.

KEYWORDS: Wheat, Treatments, Variables, Evaluation, Yield, Diseases and Quality.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | ii |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR | iii |
| AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | vii |
| AGRADECIMIENTO | viii |
| DEDICATORIA | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| INDICE DE CONTENIDO | xii |
| INDICE DE TABLAS | xv |
| INDICE DE ILUSTRACIONES | xvii |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... | 1 |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 2 |
| 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION | 3 |
| a. Beneficiarios directos..... | 3 |
| b. Beneficiarios indirectos..... | 3 |
| 4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 5. OBJETIVOS | 4 |
| a. Objetivo General | 4 |
| b. Objetivos Específicos..... | 4 |
| 6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS | 5 |
| 7. FUNDAMENTACION CIENTÍFICO TÉCNICA | 6 |
| 7.1. TRIGO | 6 |
| 7.1.1. Origen | 6 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7.1.2. | Importancia | 7 |
| 7.1.3. | Distribución Geográfica..... | 7 |
| 7.2. | CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS | 8 |
| 7.2.1. | Clasificación taxonómica..... | 8 |
| 7.2.2. | Características Botánicas del trigo..... | 8 |
| 7.2.3. | Requerimientos climáticos y edáficos | 11 |
| 7.2.4. | Enfermedades..... | 11 |
| 7.3. | MANEJO DEL CULTIVO..... | 12 |
| 7.3.1. | Labores de Post- Cosecha | 16 |
| 7.3.2. | Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales..... | 17 |
| 7.3.3. | Variedades de Trigo..... | 23 |
| 8. | PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN..... | 25 |
| 8.1. | Hipótesis nula | 25 |
| 8.2. | Hipótesis alternativa | 26 |
| 9. | METODOLOGIA / DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 26 |
| 9.1. | AREA DE ESTUDIO | 26 |
| 9.2. | TIPO DE INVESTIGACION..... | 26 |
| 9.2.1. | Experimental..... | 26 |
| 9.2.2. | Diseño Experimental..... | 27 |
| 9.2.3. | Cualitativa- Cuantitativa | 27 |
| 9.3. | MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN | 27 |
| 9.3.1. | De campo | 27 |
| 9.3.2. | Bibliográfica documental..... | 27 |
| 9.4. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 27 |
| 9.4.1. | Etapa de campo..... | 27 |

| | | |
|--------|--|----|
| 9.4.2. | Registro de datos..... | 27 |
| 9.4.3. | Análisis estadístico..... | 28 |
| 9.4.4. | Diseño experimental | 28 |
| 9.4.5. | Factores en estudio..... | 28 |
| 9.5. | VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN | 29 |
| 9.5.1. | Variables agronómicas y morfológicas..... | 29 |
| 9.5.2. | Variables a evaluar en post-cosecha | 32 |
| 9.5.3. | Reacción a enfermedades..... | 33 |
| 9.6. | DISTRIBUCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y NETA..... | 34 |
| 9.7. | MANEJO ESPECIFICO DEL EXPERIMENTO..... | 35 |
| 9.7.1. | Fase de campo..... | 35 |
| 10. | ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 38 |
| 10.1. | PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLES DE COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO..... | 38 |
| 10.2. | VARIABLES AGRONÓMICAS | 39 |
| 10.3. | CALIDAD DE GRANO..... | 50 |
| 10.4. | INCIDENCIA DE ENFERMEDADES..... | 55 |
| 11. | IMPACTOS | 58 |
| 11.1. | Científico..... | 58 |
| 11.2. | Social..... | 58 |
| 11.3. | Económico | 59 |
| 12. | PRESUPUESTO DEL PROYECTO | 59 |
| 13. | CONCLUSIONES | 59 |
| 14. | RECOMENDACIONES..... | 60 |
| 15. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 61 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados..... | 5 |
| Tabla 2: Clasificación taxonómica | 8 |
| Tabla 3: Requerimientos climáticos y edáficos | 11 |
| Tabla 4: Principales enfermedades del trigo harinero(<i>Triticum aestivum</i> L.) | 12 |
| Tabla 5: Parámetros de calidad..... | 17 |
| Tabla 6: Características del área de estudio..... | 26 |
| Tabla 7: Variables independientes..... | 28 |
| Tabla 8: Escala de evaluación de emergencia en cereales..... | 29 |
| Tabla 9: Escala de evaluación de vigor de planta en cereales | 30 |
| Tabla 10: Escala de evaluación habito de crecimiento en cereales | 30 |
| Tabla 11: Escala de evaluación de tipo de paja en cereales | 31 |
| Tabla 12: Escala de evaluación para tipo de grano en cereales..... | 33 |
| Tabla 13: Escala para determinar el tipo de reacción en royas..... | 34 |
| Tabla 14: Prueba de Normalidad para las variables agronómicas | 38 |
| Tabla 15: Promedios de germinación en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 39 |
| Tabla 16: Promedios de vigor de planta en líneas promisorias de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 40 |
| Tabla 17: Promedios de habito de crecimiento (1-3) en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 41 |
| Tabla 18: Promedios de días de espigamiento en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.. .. | 42 |
| Tabla 19: ADEVA para altura de planta en líneas de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 43 |
| Tabla 20: Prueba Tukey al 5% para la variable altura de plantas en (cm)..... | 44 |
| Tabla 21: Promedios de tipo de paja (1-3) en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Tabla 22: ADEVA para el número de espigas por m ² en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 45 |
| Tabla 23: Prueba Tukey al 5% para la variable número de espigas. | 46 |
| Tabla 24: ADEVA para el número de macollos en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 46 |
| Tabla 25: Prueba Tukey al 5% para la variable número de macollos..... | 47 |
| Tabla 26: ADEVA para el tamaño de espiga en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 48 |
| Tabla 27: Prueba Tukey al 5% para líneas de la variable tamaño de espiga (cm)..... | 48 |
| Tabla 28: ADEVA para el número de granos por espiga en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 49 |
| Tabla 29: Prueba Tukey al 5% para líneas de la variable número de grano por espiga | 50 |
| Tabla 30: Análisis de varianza para el rendimiento en estudio de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.2023. | 50 |
| Tabla 31: Prueba Tukey al 5% para la variable rendimiento en (kg ha ⁻¹) | 51 |
| Tabla 32: ADEVA para el peso hectolítrico (kg hl ⁻¹) en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 52 |
| Tabla 33: Prueba Tukey al 5% para líneas en la variable peso hectolítrico(kg hl ⁻¹) | 52 |
| Tabla 34: Promedios de tipo y color de grano en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 53 |
| Tabla 35: ADEVA para el porcentaje de proteína en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 54 |
| Tabla 36: Prueba Tukey al 5% para la variable proteína..... | 55 |
| Tabla 37: Promedios de incidencia de enfermedades (roya amarilla) en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 56 |
| Tabla 38: ADEVA para el porcentaje incidencia del virus del enanismo amarillo (BYDUV) en líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC. | 56 |
| Tabla 39: Promedio de incidencia del virus del enanismo amarillo para líneas de trigo harinero (<i>Trtiticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..... | 57 |
| Tabla 40: Escala para determinar el grado de daño por virosis..... | 58 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Mapa de la zona de estudio..... | 26 |
| Ilustración 2: Distribución de la parcela experimental y neta..... | 34 |

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del Proyecto:

Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad de trigo harinero (*Triticum estivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP.

Fecha de inicio: Marzo 2023

Fecha de finalización: Septiembre 2023

Lugar de ejecución: Estación Experimental Santa Catalina- INIAP

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia: Ingeniería Agronómica.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Chasi Vizuete Wilman Paolo, Mg.

Co-tutor: Ing. Garofalo Sosa Javier Alberto, Mg.

Lector 1: Ing. Mg. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph. D

Lector 2: Ing. Francisco Hernan Chancusig, Mg.

Lector 3: Ing. Clever Gilberto Castillo de la Guerra, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Adriana Nataly Llumitaxi Masabanda

Teléfono: 0995727151

Correo electrónico: adriana.llumitaxi9867@utc.edu.ec

Área de Conocimiento

Línea de investigación:

Desarrollo y Seguridad alimentaria

De acuerdo al Instituto de Nutrición para centro américa y panamá, a partir del siglo 90 la seguridad alimentaria fue y es considerada un derecho en el cual todos pueden acceder de manera tanto física, económica y social a los alimentos en la cantidad y calidad que se requiera para su consumo y así garantizar su desarrollo (Saray, 2020).

El objetivo de este proyecto de investigación es mejorar la calidad de semilla para propagar y seguir adaptando a los diferentes factores climáticos y obtener una variedad mejorada.

Línea de vinculación

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano social.

Convenio

El trabajo de investigación está sustentado mediante el convenio de colaboración interinstitucional FIASA-UEB-INIAP

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es uno de los principales cereales reconocidos a nivel mundial y el principal elemento para la elaboración de harinas y productos de consumo diario (FAO, 2019), en el Ecuador este cereal es cultivado principalmente en más de cuatro provincias de la Sierra ecuatoriana, razón por la cual, se busca constantemente realizar investigaciones de mejoramiento genético para obtener una mejora en la productividad de este grano (Garófalo, Ponce-Molina, et al., 2021).

En el país por parte del Programa de Cereales perteneciente al Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias se evalúa anualmente entre 3000 a 5000 nuevos materiales mejorados de trigo, cebada, avena y triticale, con el objetivo de seleccionar germoplasma que se adapte a las principales zonas de producción y con características deseables de productividad (≥ 3 t ha⁻¹), resistentes a las principales enfermedades (royas, virus, fusarium, escaldadura, carbón) y con características de calidad (Ponce-Molina et al., 2021).

Entre los años 2011-2022 la Estación Experimental Santa Catalina ha implementado ensayos enfocados en la evaluación de variedades mejoradas de trigo harinero con el objetivo de estudiar

que variedades presentan una mejora en la productividad y calidad de grano (Garófalo-Sosa et al., 2023).

La presente investigación aportará nuevas líneas promisorias y una variedad de trigo harinero con mejores características agronómicas que permitirá aumentar la zona de producción en el Ecuador, al obtener una semilla adaptada a nuevas condiciones agroclimáticas puede ser cultivada en diversos lugares del país. El Programa de Cereales entrega la producción de trigo a los productores cerealeros de la Sierra ecuatoriana, con la finalidad de propagar esta semilla y ayudar en el ámbito económico tanto al agricultor como a su familia, contribuyendo de esta manera con el desarrollo del país (Ponce-Molina et al., 2020).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

a. Beneficiarios directos

Este proyecto se encuentra dirigido a los investigadores, docentes y agricultores del país.

b. Beneficiarios indirectos

Pertenece a los 434 estudiantes de la carrera de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, estudiantes de la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y dentro de unos años aportara beneficios a la industria molinera.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-INIAP, el trigo (*Triticum aestivum* L.), junto con el arroz, el maíz y la cebada, son cereales de mayor importancia en el Ecuador. Sin embargo, el país solo produce un 2% a nivel nacional y el 98% es importado (David, 2022).

En el año 2022, se sembró trigo en alrededor de 4 510 hectáreas (ha) y se cosecho 7 431 toneladas de trigo con un rendimiento de 1,69 tn ha⁻¹ (INEC, 2024) . Esta producción se dividió dentro del sector agrícola (12,04 %), agropecuario (7,25 %), y social (74,93 %), pese a ello, en el año 2023 el país llegó a importar un total de 1600 miles de toneladas de trigo, provenientes de Brasil, Estados Unidos y Argentina, esto se debe a que el país presencio un incremento en el consumo nacional de harina y tuvo que enfrentarse a los efectos de fenómenos naturales como es el caso del fenómeno del niño, por ello, el Ecuador importó 44,42 mil toneladas provenientes de Brasil, 36,24 de Estados Unidos y 1,3 de Argentina (Orozco, 2023).

Como ya se mencionó el Ecuador no es productor de trigo como fuente principal de materia prima por lo que se ve en la necesidad de importar este cereal (Heredia, 2022), así también uno de los factores por los que no se ha podido ser un productor nacional, es la falta de producción en los campos ecuatorianos, debido a que año tras año ha ido decayendo la producción de este cereal, y perdiendo el rendimiento del grano, sin embargo, varias instituciones como es el caso del INIAP y MAGAP produce semilla mejoradas y adaptadas a varias zonas del país con el objetivo de propagar de nuevo este cereal y obtener un producto mejorado, para ser usado como materia prima y poder sustentar la economía del país.

Dentro del Ecuador, existe una empresa llamada “Moderna alimentos” quien se ha enfocado en la producción de este cereal a través de su programa cultiva, ha realizado convenios con el Iniap y MAGAP para fomentar la producción nacional del trigo a través de un modelo de negocio agrícola rentable para medianos y pequeños agricultores de Carchi, Chimborazo, Bolívar, Imbabura y Pichincha. El programa se ha enfocado en entregar semillas certificadas a los agricultores con la condición de que ellos cultiven este cereal y sean proveedores principales de la materia prima que necesita la empresa, creando de esta manera un círculo donde se usa este producto primario fomentando una producción nacional de una manera rentable (Carmita Carchi Cludia Pazán et al., 2023).

5. OBJETIVOS

a. Objetivo General

- Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP.

b. Objetivos Específicos

- Evaluar la línea promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) con mejores características agronómicas
- Determinar la línea promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) que presente mejor resistencia a enfermedades
- Identificar la línea promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) con mejor calidad de grano.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

| OBJETIVO 1 | ACTIVIDADES | RESULTADOS DE ACTIVIDAD | MEDIO DE VERIFICACIÓN |
|--|---|---|--|
| Evaluar la línea promisorio de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) con mejores características agronómicas | Observar el comportamiento y/o adaptación de emergencia - Porcentaje de emergencia - Vigor - Días a la espigación - Altura final - Tamaño de espiga - Número de grano por espiga - Tipo de paja - Habito de crecimiento | Promedios de germinación % - Vigor (1-5) - Días a la espigación (días) - Atura final (cm) - Tamaño de espiga (cm) - Número de grano por espigas - Tipo de paja (1-3) - Habito de crecimiento (1-3) | - Manual de cereales- trigo. - Libro de campo - Fotografías - Hoja de cálculo |
| OBJETIVO 2 | ACTIVIDADES | RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD | MEDIO DE VERIFICACIÓN |
| Determinar la línea promisorio de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) que presento mejor resistencia a enfermedades. | Llevar un registro sobre las enfermedades: - Severidad a enfermedades | Promedios de reacción a la severidad de enfermedades en porcentaje y escalas | - Manual de cereales- trigo. - Libro de campo - Fotografías - Hoja de cálculo |
| OBJETIVO 3 | ACTIVIDADES | RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD | MEDIO DE VERIFICACIÓN |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Identificar la línea promisorio de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) con mejor calidad de grano. | Análisis dentro de Laboratorio. - Tipo y color de grano - Proteína - Rendimiento - Peso hectolítrico | Promedios - Tipo y color de grano - Proteína (%) - Rendimiento kg ha ⁻¹ - Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹). | - Manual de cereales- trigo. - Libro de campo - Fotografías - Hoja de cálculo |
|--|--|--|--|

Elaborado por: Adriana Llumitaxi, (2024)

7. FUNDAMENTACION CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. TRIGO

7.1.1. Origen

El vocablo trigo proviene del latín *triticum*, que significa quebrado, triturado o trillado, de acuerdo a varios estudios, los primeros asentamientos de este cereal se dieron en la antigua Mesopotamia lo que actualmente es Asia menor, Asia Central y África (David Concepción Estrada et al., 2016). Los primeros hallazgos se dieron por parte de los egipcios quienes al descubrir este cereal lo implementaron en la elaboración de alimentos de consumo diario y como parte de la fermentación

El trigo antes de ser domesticado para solventar la alimentación, formo parte de una especie silvestre, sin embargo, hace más de 8 mil años, acontecieron cruzamientos y mutaciones con otras especies que ayudo a que este cereal tenga proteínas y carbohidratos, dando como resultado una planta con más de tres juegos de cromosomas y valores nutritivos (Yara, 2018).

Después de 13 años, el Consorcio Internacional junto con otras instituciones dedicadas al estudio del trigo han determinado que el trigo se encuentra compuesto por 21 cromosomas, estos científicos han logrado secuenciar el genoma de este cereal para facilitar la producción de variedades adaptándolo a diferentes factores climáticos, mayor rendimiento y mejor calidad nutricional (CSIC, 2018).

7.1.2. Importancia

El trigo al igual que el maíz y el arroz son los cereales principales y de mayor importancia para solventar la soberanía alimentaria (Ponce-Molina et al., 2021). En el Ecuador se cultivan alrededor de 5 mil ha de trigo en la región sierra (Bolívar, Carchi, Chimborazo, Pichincha) (CFN, 2021).

La especie más cultivada de trigo es el *Triticum aestivum*, misma que es la principal producción de harina no solo a nivel nacional sino a nivel mundial. El trigo se lo usa en una gran variedad de productos por su adaptabilidad para la producción de alimentos para el consumo humano, animal, almidón y etanol (Holguin Burgos Bertha Patricia & Alvarado, 2017).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) entrega anualmente semillas certificadas de trigo a las diferentes provincias, con el objetivo de propagar y reactivar la producción nacional de este cereal y así sustituir importaciones (MAG, 2024).

7.1.3. Distribución Geográfica

En el país el trigo se cultiva a una altitud de 2000 y 3200 msnm, en total existen cinco principales provincias que producen este cereal (Carchi, Bolívar, Pichincha, Chimborazo e Imbabura) (Ponce-Molina et al., 2021).

El Instituto de Investigación Agropecuaria del Ecuador (INIAP) registra que desde 2010 a 2013 el área sembrada se aumentó de 14 000 a 23 000 hectáreas y se prevé que llegue al menos a las 69.000 hectáreas para los próximos 10 años (Holguin Burgos Bertha Patricia & Alvarado, 2017).

7.2.CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

7.2.1. Clasificación taxonómica

Tabla 2: *Clasificación taxonómica*

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Nombre científico | <i>Triticum aestivum L.</i> |
| Nombre común | Trigo harinero |
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Liliopsida |
| Orden | Poales |
| Familia | Poaceae |
| Género | Triticum |
| Especie | Aestivum |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi, (2024)

7.2.2. Características Botánicas del trigo

Sistema Radicular

Tiene raíces fibrosas o fasciculadas que se desarrollan a partir de los primeros nudos de la base del tallo, pueden alcanzar una profundidad hasta 1,50 metros dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el suelo (Galarza Edison, 2023).

Tallo

Es una planta herbácea que pueden alcanzar una altura entre 0,60 y 120 centímetros, se caracteriza por tener tallos erectos de color verde con una estructura similar a una caña, posee espacios vacíos en su interior a excepción de los nudos e internudos (Galarza Edison, 2023).

El tallo se alarga durante el encañado y tiene 4 hojas envainadoras a lo largo de la longitud del entrenudo, el crecimiento del tallo se produce por el estiramiento de los tejidos que se encuentran por encima de los nudos (Estrada et al., 2014; Galarza Edison, 2023).

Hoja

La planta de trigo desarrolla de 7-8 hojas acintadas (Elfer, 2014). Las hojas emergen de los nudos conformado de dos partes: la vaina que rodea al peciolo y protege el meristemo y el limbo que presenta nervios paralelos con forma alargada (Martinez, 2019).

Inflorescencia

Es una espiga compuesta de un tallo central de entrenudos cortos llamado raquis (Ávila Miramontes et al., 2014). Estas espigas poseen de dos a cinco florecillas que luego se convertirán en el grano, el mismo que quedará insertado entre la cubierta externa del grano y la envoltura (Galarza Edison, 2023).

Flores

Las flores del trigo no presentan pétalos ni sépalos, sin embargo están formadas por estambres y pistilos, cada flor femenina tiene sus ovarios del que salen dos estilos terminados en dos estigmas plumosos y pegajosos en cambio las flores masculinas presentan tres estambres que pueden ser dorados, verdes o violetas (Martinez, 2019).

Grano de trigo

Los granos son carióspsides, tienen forma ovalada, con sus extremos redondos, se conforma de tres partes, el endospermo (compuesto por almidón y proteínas, principal fuente de nutrientes), salvado (cubre y protege la semilla) y germen (embrión de la nueva planta, da paso para que crezca una nueva raíz, tallo y hojas) (Estrada et al., 2014; Rébola, 2023).

Ciclo vegetativo

Dentro del cultivo de trigo se puede encontrar tres fases:

- Fase vegetativa: va desde la siembra de semillas hasta el comienzo del encañado
- Fase de reproducción: Empieza desde el encañado hasta la terminación del espigado
- Fase de maduración: Alcanza desde el final del espigado hasta el momento de la cosecha.

Fuente: (David, 2022)

Etapas fenológicas

Germinación: Puede germinar desde los 3-4°C hasta los 30-32°C, temperatura optima entre los 20 a 24° C. Se debe mantener una humedad de conservación que no sobrepase el 11%. El grano de trigo debe absorber agua para pasar del estado de vida latente al de vida activa, puede absorber de un 40% a un 65% de su peso en agua (Estrada et al., 2014).

Ahijamiento: El trigo tiene un tallo similar a una caña (nudos y entrenudos), cada nudo tiene una yema donde se origina una hoja. Cuando los entrenudos crecen (encañado), se observa que cada hoja emerge a distinta altura en nudos sucesivos (Estrada et al., 2014).

Encañado: Crecimiento del tallo por alargamiento de los entrenudos, esta etapa sucede cuando las temperaturas se elevan, los nudos pierden la facilidad de emitir hijos y comienza a alargarse los entrenudos del tallo (David, 2022).

Espigado: la planta se encuentra con un nivel alto de actividad fisiológica, con una transpiración, extracción de humedad y nutrientes del suelo que llegan a su límite. Esta fase es donde varios de los azúcares de las hojas inferiores se distribuyen al grano, el riego es fundamental para que se transfieran las reservas al grano de trigo (David, 2022).

Maduración. - Etapa final del ciclo, se da la acumulación de almidón en el grano, mediante la cual el almidón producido por la fotosíntesis persiste en las últimas hojas y la espiga, en cambio los carbohidratos y las proteínas se mueven en dirección del ápice, en caso de que se suspenda la actividad de riego existe el riesgo de que estas sustancias no puedan movilizarse y produzcan un asurado en el grano (Manuel, 2022).

7.2.3. Requerimientos climáticos y edáficos

Tabla 3: *Requerimientos climáticos y edáficos*

| Requerimientos climáticos y edáficos | |
|---|--|
| Altitud | 2200 a 3400 msnm |
| Suelo | Arcillosos, profundos, buen drenaje, alto contenido de materia orgánica y nitrógeno. |
| Precipitación | Requerimiento hídrico de 600 a 700 mm anuales. Mayor cantidad de agua en la etapa de espigado. Tiempo seco: 300 a 400 mm |
| Temperatura | Temperatura mínima de crecimiento 3°C Temperatura máxima 30°C (desacelera el crecimiento) Floración: > 16°C (temperaturas menores no se auto fecunda). |
| pH | Alta tolerancia a la salinidad 6,5-7,5 |

Fuente: (David, 2022; Elfer, 2014; Galarza Edison, 2023)

Elaborado por: Adriana Llumitaxi, (2024)

7.2.4. Enfermedades

En el Ecuador, dentro del cultivo de trigo, se ha registrado la presencia de enfermedades causada por hongos y virus, siendo las más comunes la roya amarilla, de hoja y tallo.

Las royas pueden aparecer en cualquier parte de la planta, sin embargo, se presentan más en las hojas, tallo y espiga. Este hongo puede llegar a ocasionar el 100% de pérdidas del rendimiento del cultivo (Ponce et al., 2019).

Tabla 4: Principales enfermedades del trigo harinero (*Triticum aestivum* L.)

| Enfermedad | Descripción |
|--|--|
| Roya amarilla | Es producida por el hongo <i>Puccinia striiformis</i> y se presenta en el follaje y las espigas. |
| Roya de la hoja | Es causada por el hongo <i>Puccinia triticina</i> . Se caracteriza por que las pústulas tienen forma circular y no se distribuyen en forma uniforme. |
| Roya del tallo | Se genera por el hongo <i>Puccinia graminis</i> , las pústulas se presentan en el haz y el envés de la hoja, en los tallos y la espiga. |
| Fusarium (<i>Fusarium spp.</i>) | Ataca a la espiga, afectado a la parte floral, glumas, granos y raquis, produce un blanqueamiento prematuro en las espiguillas donde se puede ver masas de esporas y micelio rosado. |
| Carbón (<i>Ustilago spp.</i>) | Se forma por el hongo <i>Ustilago</i> , aparece en la etapa de floración y se presenta antes que las espigas salgan de la vaina que los rodea. |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

Elaborado por: Adriana Llumitaxi, (2024)

De acuerdo a Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., (2022) para el control adecuado de roya y fusarium se debe aplicar propiconazole (dosis de 0,5 l ha⁻¹), en cambio, para el control de carbón, lo recomendable es desinfectar las semillas antes de cada siembra.

7.3.MANEJO DEL CULTIVO

Selección del lote

La producción de trigo se debe realizar en una zona donde:

- No se haya cultivado otros cereales (año anterior).
- No haya sido usado como “era” para trillar cereales.
- Tenga una pendiente menor al 10 %.
- Sea un lote descansado o cuente con rotación de cultivos (maíz, papá o leguminosas).

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022)

Incorporación de abono verde

Se incorpora plantas en estado de floración para suministrar nutrientes y materia orgánica al suelo. Una de las recomendaciones para efectuar esta técnica es sembrar avena con vicia para obtener abono verde, esto a su vez ayuda a conservar y recuperar los suelos (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Se debe realizar con uno o dos meses de anticipación para permitir que el abono verde se descomponga y se transforme en nutrientes para el cultivo (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Rotación de cultivos

Consiste en alternar cultivos año tras año para evitar el monocultivo, su objetivo principal es la recuperación de suelos, aumento de materia orgánica y nitrógeno en el suelo, control de malezas y sobre todo romper el ciclo de plagas y enfermedades (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Recomendación: Sembrar trigo después de haber sembrado papa, maíz, chocho o haba (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Siembra

Generalmente en el país se siembra en los meses de febrero-marzo (norte y sur) y noviembre-enero (centro) esto se debe a que la siembra se inicia en la época lluviosa para que la cosecha coincida con la época seca y no perjudique en los procesos posteriores a la cosecha (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Se siembra por dos métodos, al voleo y mecanizada, se debe tener en cuenta que el suelo debe tener una capacidad de campo óptima, es decir húmedo para que la semilla pueda germinar sin ningún problema. La profundidad de siembra debe ser mayor a cinco cm (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Realizar la prueba del puño para verificar la capacidad de campo del suelo, está consiste en empuñar un poco de tierra, apretarla y observar que no se desprenda agua, de esta forma se asegurara una óptima germinación (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Siembra directa

Técnica de conservación de suelos donde se reduce la emisión de dióxido de carbono, maquinaria, combustible y mano de obra. El suelo es cubierto por residuos vegetales o rastrojos para no remover ni preparar el suelo, con ayuda de una maquina sembradora de discos se deposita las semillas entre una abertura. (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Preparación del lote

Mediante el arado se incorpora rastrojos o residuos vegetales que se encuentren en el lote, esta actividad se debe realizar esto uno o dos meses antes para que se transformen en materia orgánica aprovechable para el cultivo. Antes de la siembra se debe realizar dos pases de rastra para que el suelo quede bien mullido (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Cantidad y calidad de semilla

Lo recomendable es usar semillas certificadas o registradas con un porcentaje de germinación superior al 85%, cabe señalar que se deben desinfectar antes de sembrar para evitar la transmisión de enfermedades (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Fertilización

En primer lugar, realizar el respectivo análisis de suelo, en caso de no contar con este estudio se podrá apoyar en la guía de fertilización de los requerimientos que necesita el trigo (80 kg N, 60Kg P₂O₅, 40 Kg K₂O, 20KG S) (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

En la siembra se debe aplicar el 20 % de nitrógeno más el 100% de fosforo, potasio, azufre y otros microelementos. El restante 80% del nitrógeno se va aplicar en forma complementaria a lo largo del desarrollo fisiológico del cultivo (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

El nitrógeno es un elemento fundamental para garantizar un buen macollamiento, mayor número de espigas y granos por espiga. En cambio, el fosforo se aplica en la pre-siembra debido a que el trigo consume alrededor del 75% durante su desarrollo (Panorama, 2015).

En caso de realizar una fertilización orgánica, el abono debe tener buena calidad, la colocación debe realizarse al momento de preparar el suelo (2 meses antes) (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Control de malezas

Las malezas son todas las plantas que no fueron sembradas y que compiten por nutrientes con el cultivo. Se puede controlar de forma manual (mano de obra) y de forma química (herbicida para hoja ancha, Metsulfuron-metil), así también la mejor forma de prevenir estas malezas es una buena preparación del suelo (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

En caso de que existe una alta cantidad de gramíneas (kikuyo y grama) se debe aplicar glifosato antes de la preparación del terreno (Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, 2022).

Desmezcla

Según Ponce-Molina, Garófalo, & Noroña, (2022) mencionan que la desmezcla, ayuda a mantener limpio el cultivo y se evita la mezcla con otros cereales y otros cultivos. Hay que eliminar las plantas:

- Extrañas, atípicas, deformes y enfermas
- De otros cereales (cebada, avena, centeno y triticale)
- De otras variedades de trigo

Este manejo se lo debe realizar durante dos ocasiones del cultivo, en el espigamiento y al inicio de la madurez fisiológica ya que en estas etapas es más fácil diferenciar plantas de otro tipo (David, 2022).

Cosecha

Se realiza cuando el cultivo ha alcanzado su estado de madurez en campo (grano cristalino), aproximadamente a los 170-180 días. El grano deberá tener una humedad del 12,5 % aproximadamente (Cherlinka, 2023).

Se puede realizar la cosecha manual o mecanizada, en caso de ser manual se usa hoces para cortar las espigas y formar atados, las mismas que son agrupadas para formar parvas. Este tipo de

cosecha solo se lo realiza en áreas pequeñas o terrenos donde el acceso de maquinaria no es posible (terrenos con mucha pendiente) (David, 2022).

Trilla

Esta actividad se realiza de dos formas:

Manual: En ciertos casos se utiliza la ayuda de los animales para que hagan presión sobre los atados extendidos en la era. Según Lucia & Assennato, (2024), con la trilla a mano se puede obtener de 15 a 40 kg de producto por hora.

Mecanizada: Se usa una trilladora estacionaria, al momento de trillar debe ser limpiada con una escoba para evitar mezcla con otras variedades.

Después de la trilla el grano se lo debe limpiar, secar y clasificara para posteriormente recolectar en sacos para su comercialización. (David, 2022).

7.3.1. Labores de Post- Cosecha

Secado de grano

Después de la cosecha el grano debe ser secado en una plataforma de cemento, la humedad requerida en la industria no debe superar el 13% para evitar daños en la semilla almacenada (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Limpieza y clasificación

La semilla debe estar libre de impurezas para poder ser clasificada por el tamaño, para esto se utiliza dos tipos de zarandas

- Zaranda de 5mm: Retiene las impurezas grandes y permite el paso de los granos grandes (gruesos) y pequeños (delgados)
- Zaranda de 3mm: Retiene el grano grande (grueso) y permitirá el paso de grano pequeño (delgado) el cual no se lo puede considerar como semilla debido a su tamaño.

Fuente: (David, 2022)

Ensacado e identificación de semilla.

Una vez limpia, seca y clasificada, la semilla se debe colocar en sacos en buen estado y limpios, para identificarlos se debe colocar una etiqueta que contenga la información básica (variedad, año de cosecha, nombre dl productor y peso) (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Almacenamiento

Debe sr almacenado en un lugar libre de humedad, con buena ventilación y libre de roedores. Los sacos no deben estar cerca del suelo o pegados a la pared ya que pueden absorber la humeada y ocasionar daños en la semilla (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Parámetros de calidad

Tabla 5: *Parámetros de calidad*

| Parámetro | Unidad |
|-------------------|---------------|
| Humedad | 13 % |
| Impurezas | 2% |
| Peso hectolítrico | 74 kg/hl |
| Quintal | 45.36kg |

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Elaborado: Adriana Llumitaxi (2024)

7.3.2. Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales

Escala de Zadocks

Está escala es usada con la finalidad de describir los estados morfológicos externos no solo en trigo sino de todos los cereales (cebada, avena, triticale). Divide el ciclo del cultivo en 10 estados principales y dentro de estos, en 10 estados secundarios (Divito & García, 2017).

Consideraciones importantes para el uso de la escala:

- Algunos de los estados de la escala no tienen significación en trigo en este caso es Z 38 (estado intermedio entre hoja bandera visible y hoja bandera expandida).
- En el trigo, los estados posteriores a Z39 se definen con números impares.

- Algunos estados de la escala se superponen, por lo general se describe el estado haciendo referencia al código más alto

Fuente: (Divito & García, 2017).

Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha (Tabla 42).

Variables agronómicas y morfológicas

Emergencia

Evaluación visual del número de plantas emergidas en el campo experimental, se debe regir a una escala para determinar una emergencia buena, regular o mala. Las etapas de desarrollo en las que se debe evaluar son Z 12 o Z 13 según la escala de Zadoks siendo así cuando la planta presente de 2 a 3 hojas desarrolladas (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar

- Profundidad de siembra
- Tipo de suelo
- Preparación el suelo
- Calidad de la semilla
- Condiciones ambientales presentes en la zona, antes y después de la siembra (precipitación, temperatura, etc.)

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Vigor de la planta

Se evalúa cuando el cultivo se encuentra en la etapa de desarrollo según la escala de Zadoks, Z14 o Z 15 (4-5 hojas). Este parámetro ayuda a evaluar la expresión genética propia de cada material. Según Ponce et al., 2019), el vigor es la fuerza con la que crecen las plantas basados el desarrollo general del cultivo (tamaño de planta, tamaño de hoja, población, etc.) (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Hábito de crecimiento o porte

Se relaciona con la forma en la que crece la planta, durante el desarrollo de la planta de la etapa inicial, se debe observar el tallo y la disponibilidad de hojas. Se evalúa de acuerdo a tres nomenclaturas: Erecto, semierecto y postrado. De acuerdo a la escala de Zadoks empieza desde Z20 hasta Z 29 (etapa de macollamiento) (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Días al Espigamiento

Son los días que se cuenta desde la siembra hasta la aparición de las primeras espigas dentro de la parcela. Se observa la parcela para evaluar el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar:

- Pisos altitudinales
- Condiciones climáticas
- Sequia
- Cambios bruscos de temperaturas
- Temperaturas altas y bajas
- Alta humedad
- Nubosidad
- Fotoperiodo

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Altura de la planta

Tamaño final que ha alcanzado la planta durante su desarrollo completo. Se debe medir desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, excluyendo las aristas. Según la escala de Zadoks es la etapa Z91 (Cariópside duro) (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar:

- Disponibilidad de nutrientes
- Alta precipitación

- Pisos altitudinales
- Condiciones climáticas
- Sequía
- Nubosidad
- Fotoperiodo
- Temperatura
- Factores genéticos

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Tipo de paja

Se refiere a la dureza y flexibilidad del tallo de la planta para tolerar el viento y el acame de cultivo. Depende del criterio técnico y de las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo, según la escala de Zadoks pertenece al Z 91 (Cariópside duro) (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar:

- Nutrición
- Alta precipitación
- Pisos altitudinales
- Condiciones climáticas
- Sequía
- Densidad
- Nubosidad
- Viento
- Fotoperiodo

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Tamaño de espiga

Parámetro que evalúa el tamaño final que ha alcanzado la espiga durante el desarrollo total del cultivo (madurez comercial), se debe medir desde la base de la espiga hasta el extremo sin incluir

las aristas. De acuerdo a la escala de Zadoks pertenece a la etapa Z 92, cariósipide duro (No se marca con la uña) (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar:

- Disponibilidad de nutrientes
- Precipitación
- Pisos altitudinales
- Condiciones climáticas
- Sequia
- Nubosidad
- Fotoperiodo
- Temperatura

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Número de granos por espiga

Se trata del número de granos que llega a obtener la espiga durante su desarrollo completo. Este parámetro es visual, se debe escoger al menos 10 espigas al azar y contar manualmente el número de granos que tiene cada una y sacar un promedio para determinar la productividad del cultivo. (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Tanto el tamaño de espigas y el número de granos se puede tomar datos al mismo tiempo (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar:

- Disponibilidad de nutrientes
- Precipitación
- Pisos altitudinales
- Condiciones climáticas
- Sequia
- Nubosidad
- Fotoperiodo
- Temperatura

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

VARIABLES A EVALUAR EN POST-COSECHA

Rendimiento kg ha^{-1}

Este parámetro es importante debido a que nos indica la producción potencial en grano que cada material puede alcanzar, los valores están en g parcela^{-1} pero las unidades en las que se evalúan son kg ha^{-1} así que se debe transformar unidades para calcular el rendimiento potencial estimado. Se debe pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición el grano debe estar con 13% de humedad y limpio (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores que afectan.

- **Factores bióticos:** plagas y enfermedades
- **Factores abióticos:** Clima, suelo, agua, temperatura, nubosidad, nutrientes, pH, granizada, helada, etc.

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Peso hectolítrico o específico (kg hl^{-1})

El peso debe ser estimado en kilogramos por hectolítrico (kg hl^{-1}), para determinar esta variable se usa una balanza para peso específico o hectolítrico. Hay que tener en cuenta que el peso específico es el peso del grano en un volumen específico, es decir, mientras mayor peso se alcanza mejor es la calidad del producto (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores a considerar:

- Factores bióticos: plagas y enfermedades
- Factores abióticos: Clima, temperaturas altas y bajas, nutriente, agua, pH, luminosidad, nubosidad, etc.
- Humedad del grano

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Peso mil granos

A través de una balanza electrónica se evalúa esta variable, consiste en el peso que alcanzan 1000 granos seleccionados al azar, mientras mayor es el peso, mayor es el rendimiento potencial del cultivo. (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores que lo afectan:

- Porcentaje de humedad de grano
- Tamaño del grano
- Condiciones del suelo
- Clima durante el desarrollo del cultivo

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Tipo y color de grano

Después de haber secado por completo el grano, se clasifica de acuerdo al color, forma, tamaño, uniformidad o daño (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

Factores que lo afectan:

- Precipitaciones
- Temperaturas presentes al final del ciclo del cultivo
- Enfermedades que afectan a la espiga

Fuente: (Ponce-Molina, Garófalo, Velásquez, et al., 2022).

7.3.3. Variedades de Trigo

Líneas promisorias

El termino promisorio determina algo prometedor o con potencial para algún objetivo, Se debe tener en cuenta que una especie vegetal tiene el carácter de promisorio cuando esta subutilizada o es poco conocida a nivel local o global (Lozada, 2022).

Variedad

La variedad es un grupo de plantas que tienen ciertas características morfológicas en común. (GOB, 2022) Son tipos distintos de cultivares de plantas autóгамas y alógamas, en las plantas autóгамas se denomina variedad a un cultivo homocigoto, y en una especie alógama, una variedad, es un cultivo de polinización abierta (Laurentin, 2017).

Variedad mejorada

Es la especie vegetal con cierto nivel de uniformidad, es resultado de la aplicación de alguna técnica de mejoramiento genético, con características bien definidas y que reúne la condición de ser diferente a otros, y estable en sus características esenciales (Espinosa, 2009).

Para obtener una nueva variedad mejorada se debe realizar investigaciones durante 12 a 15 años de trabajo, dentro de esto están incluidos varios genetistas, fitopatólogos, entomólogos, fisiólogos, especialistas en semillas, entre otros, en ciertos casos se puede demorar más tiempo y se hace difícil la liberación de materiales (Espinosa, 2009).

Variedades mejoradas de trigo (INIAP)

INIAP CHIMBORAZO 78

Fue introducida en 1964 como línea avanzada, luego dentro de la estación experimental Santa Catalina se evaluó durante 8 años en 30 zonas trigueras del país. Se puede cultivar en zonas altas de la sierra ecuatoriana, tiene un ciclo vegetativo de 180 días y puede alcanzar una altura de 100 cm con buena capacidad de macollaje y con un rendimiento de 4,5 tn ha⁻¹ (Lalama, 2014).

INIAP ZHALAO 2003

Proviene del cruzamiento de Iniap-Cojitambo 9/ FINK/IA 8834 que se dio en 1997, en el 2001 se evaluó dentro de los ensayos de la Estación experimental Chuquipata. Se cultiva en zonas altas de 2200 a 3200 msnm, tiene un buen grano y alto rendimiento harinero (INIAP, 2014).

INIAP VIVAR 2010

Proviene del Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo de México, Fue introducida al Ecuador en el 2003 (EESC), fue evaluado en varias localidades del Austro del país. Se adapta en zonas ubicadas entre los 2400- 3000m, ciclo vegetativo de 165- 175 días, resistente a la sequía y enfermedades por hongos, roya de hoja y fusarium de la espiga (INIAP, 2014)

INIAP SAN JACINTO 2010

Ingreso en el año 1998 al Ecuador y a partir del año 2000 se evaluó en varias zonas de la sierra centro norte. Se produce en una altitud de 2200- 3000 msnm, un ciclo vegetativo de 160-170 días con un rendimiento de 4.0 tn ha⁻¹ (INIAP, 2014)

INIAP MIRADOR 2010

A partir del año 2000, fue evaluada en varias localidades de la provincia de Bolívar. Se adapta a las zonas de producción de cereales ubicadas entre los 2200 y 3000 msnm, puede alcanzar una altura de 92 cm y su cosecha se da dentro de los 160-170 días (INIAP, 2014).

INIAP IMBABURA-2014

Fue introducido en el país en el año de 1999 en el vivero 10TH HRWSN, desde el primer momento fue seleccionada como una línea con características deseables y en el año 2009 fue evaluado en varias localidades de la Sierra. Se puede sembrar a una altitud de 2000-3000msnm, su ciclo dura aproximadamente de 160-180 días, su altura puede llegar a los 105 cm y sobre todo tiene un buen rendimiento harinero (Falconi et al., 2014).

8. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué factores influyen en la adaptación y rendimiento de las líneas promisorias de trigo harinero bajo las condiciones agroclimáticas de la estación Experimental Santa Catalina-INIAP?

8.1. Hipótesis nula

Las líneas promisorias y la variedad de trigo harinero presentan un comportamiento agronómico similar bajo las condiciones agroclimáticas de la estación Experimental Santa Catalina-INIAP.

8.2. Hipótesis alternativa

Las líneas promisorias y la variedad de trigo harinero presentan un comportamiento agronómico diferente bajo las condiciones agroclimáticas de la estación Experimental Santa Catalina-INIAP.

9. METODOLOGIA / DISEÑO EXPERIMENTAL

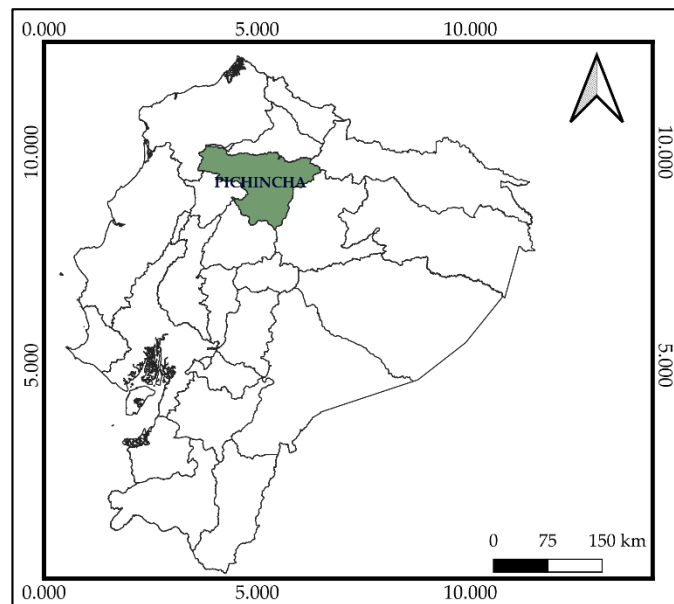
9.1. AREA DE ESTUDIO

El proyecto de investigación se implementó dentro de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), ubicada a 45,9 km del sur de Quito (Pichincha), se encuentra en el cantón Mejía sector Cutuglagua. Tiene una extensión de 89 hectáreas a una altitud de 3050 msnm.

Tabla 6: Características del área de estudio

| | |
|------------------|-------------|
| Altitud | 3050 metros |
| Extensión | 89 Ha |
| Latitud | -0.368923° |
| Altitud | -78.555139° |

Ilustración 1: Mapa de la zona de estudio



9.2. TIPO DE INVESTIGACION

9.2.1. Experimental

El proyecto de investigación presente es de tipo experimental debido a que se realiza la aplicación de una variable experimental no comprobada, en lo cual la variable independiente es la variedad y líneas promisoras de trigo harinero que permitirá observar el efecto es la variable

dependiente. Se aplicó un diseño completamente al azar (DBCA) para evaluar tanto factores como variables. (Viera Valencia & Garcia Giraldo, 2019).

9.2.2. Diseño Experimental.

Se clasifica en diseño experimental al azar (DCA) y diseño experimental de bloques (DBCA), el diseño completamente al azar compara tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, bloques y el error aleatorio (Viera Valencia & Garcia Giraldo, 2019).

9.2.3. Cualitativa- Cuantitativa

Dentro de la investigación se obtendrá datos cualitativos que recolectaran información del comportamiento de las etapas y sucesos naturales y datos cuantitativos que ayudaran a obtener información numérica precisa de las diferentes variables en estudio.

9.3.MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN

9.3.1. De campo

Es designada una investigación de campo, debido a que las variables a evaluar se lo harán directamente dentro del lugar de estudio.

9.3.2. Bibliográfica documental

El proyecto posee revisión de material bibliográfica y documental que sirve como apoyo para dar contexto a la fundamentación teórica e interpretación de resultados obtenidos.

9.4.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

9.4.1. Etapa de campo

Esta fase es la relación entre el investigador y la zona de estudio para obtener datos de las variables planteadas.

9.4.2. Registro de datos

Cada uno de los datos obtenidos se registrará dentro de una libreta de campo.

9.4.3. Análisis estadístico

Para el procesamiento de datos se utilizó un software estadístico (InfoStat), se plantearon diferentes análisis, la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, recomendada para el estudio de datos menores o iguales a 50, la prueba de Tukey al 5% para establecer las fuentes de variación y determinar si existe significancia y para los datos que no presentaron ninguna diferencia, una tabla de promedios (medidas de resumen).

9.4.4. Diseño experimental

Dentro del diseño de bloques completamente al azar (DBCA), se ubicó cinco tratamientos con tres repeticiones, se realizó el análisis estadístico para establecer que tratamiento se adaptó mejor a las condiciones agrícolas y climáticas de la zona de estudio.

9.4.5. Factores en estudio

Variables

Cada una de las semillas usadas en el proyecto (una variedad y cuatro líneas promisorias) fueron proporcionadas por el programa de cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Variables independientes

Tabla 7: *Variables independientes.*

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| Variedad | INIAP- IMBABURA 2014 (Testigo) |
| Línea 1 | H-01-UEB |
| Línea 2 | H-04-UEB |
| Línea 3 | TA-18-008 |
| Línea 4 | TA-20-003 |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024).

Variables dependientes

- Porcentaje de germinación
- Habito de crecimiento o porte
- Días de espigamiento
- Altura de planta
- Tipo de paja
- Tamaño de espiga
- Número de espigas
- Proteína
- Número de macollos
- Número de grano por espiga
- Reacción a enfermedades
- Rendimiento
- Peso hectolítrico
- Tipo y color de grano
- Vigor de planta

9.5.VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

9.5.1. Variables agronómicas y morfológicas

Porcentajes de emergencia

Esta variable fue evaluada visualmente 13 días después de la siembra, nos da a conocer el porcentaje de plantas germinadas.

Tabla 8: *Escala de evaluación de emergencia en cereales*

| Escala | Descripción |
|---------|---------------------------|
| Buena | 81-100 plantas germinadas |
| regular | 60-80% plantas germinadas |
| Malo | < 60 % plantas germinadas |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

Vigor de la planta

Se observó dentro de cada tratamiento el aspecto cualitativo de las hojas del trigo, para obtener los datos se utilizó de guía la escala de evaluación del Manual N°11 del programa de cereales.

Tabla 9: *Escala de evaluación de vigor de planta en cereales*

| Escala | Nomenclatura | Descripción |
|--------|--------------|---|
| 1 | Bueno | Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas |
| 2 | | Escala intermedia |
| 3 | Regular | Plantas y hojas medianamente desarrolladas. |
| 4 | | Escala intermedia |
| 5 | Malo | Plantas pequeñas y hojas delgadas |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

Habito de crecimiento o porte

Se observó las características de cada una de las hojas y tallos durante la etapa inicial de crecimiento. Se usó la escala de los parámetros de evaluación y selección en cereales.

Tabla 10: *Escala de evaluación habito de crecimiento en cereales*

| Escala | Nomenclatura | Descripción |
|--------|---|---|
| 1 | Erecto | Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba |
| 2 | Intermedio (Seemierecto o semipostrado) | Hojas dispuestas diagonalmente, que formen un Angulo de 45 grados |
| 3 | Postrado | Hojas dispuestas horizontalmente, sobre el suelo |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

Días al espigamiento

Para evaluar esta variable se observó que al menos el 50 % de espigas aparezcan dentro de los tratamientos

Altura de planta

Esta variable se mide en el momento que la planta alcanza su estado de madurez fisiológica, con una regleta se mide desde la base del suelo hasta el extremo de las espigas (no aristas).

Tipo de paja

Se evalúa antes de la cosecha, con la mano, se mueve la paja de cada uno de los tratamientos y se observa a que tipo pertenece según la escala de evaluación.

Tabla 11: *Escala de evaluación de tipo de paja en cereales*

| Escala | Nomenclatura | Descripción |
|--------|------------------|---|
| 1 | Tallo fuerte | Tallos gruesos, erectos y flexibles, que soportan el viento y el acame |
| 2 | Tallo intermedio | Tallos no muy gruesos, , erectos y medianamente flexibles, que soportan parcialmente el viento y el acame |
| 3 | Tallo débil | Tallos delgados e inflexibles, que no soportan el viento y el acame. |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

Tamaño de espiga

Una vez que los tratamientos hayan alcanzado la madurez fisiológica, se deberá seleccionar 10 espigas al azar de cada uno, se medirá con una regla cada una de las espigas desde la base hasta el final de la arista para obtener un promedio general.

Número de grano por espiga

Se debe trillar las espigas que se seleccionaron para medir el tamaño, contar de manera manual cada uno de los granos de cada tratamiento y repetición.

9.5.2. Variables a evaluar en post-cosecha

Rendimiento

Para determinar esta variable se debe tener en cuenta que el grano tenga un 13% de humedad y esté limpio, este valor se encuentra en g parcela^{-1} y se puede transformar a kg ha^{-1} para calcular el rendimiento potencial.

Peso hectolítrico o específico

Se colocó los granos de trigo dentro de un contenedor cilíndrico de 1 litro, con una regla de madera se niveló el borde superior de los granos, posterior a esto se lo colocó en una balanza electrolítica para obtener los datos, tomando en cuenta que las unidades serán en g l^{-1} y se deberá transformar a kg hl^{-1} .

Peso de mil granos

Con ayuda de una balanza electrónica se pesa 1000 granos seleccionados al azar, mientras mayor sea el peso mayor será el rendimiento del cultivo.

Tipo y color de grano

Se clasifico los granos según su color, tamaño, forma, uniformidad o daño, para obtener los datos nos basamos en la escala de evaluación para trigo.

Tabla 12: *Escala de evaluación para tipo de grano en cereales.*

| Escala | Descripción |
|-----------------------|--|
| Tipo de grano | |
| 1 | Grano grueso, grande, bien formado y limpio. |
| 2 | Grano mediano, bien formado y limpio |
| 3 | Grano pequeño, delgado, manchado, chupado |
| Color de grano | |
| B | Blanco |
| R | Rojo |
| + | Grano de mala apariencia |
| * | Grano de buena apariencia |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

9.5.3. Reacción a enfermedades

Se realizó una evaluación visual en cada una de las parcelas para determinar que enfermedad se presentó en el trigo, en la investigación hubo presencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y el virus del enanismo amarillo (BYDV), para saber cuál fue la incidencia se tomó en cuenta la siguiente escala:

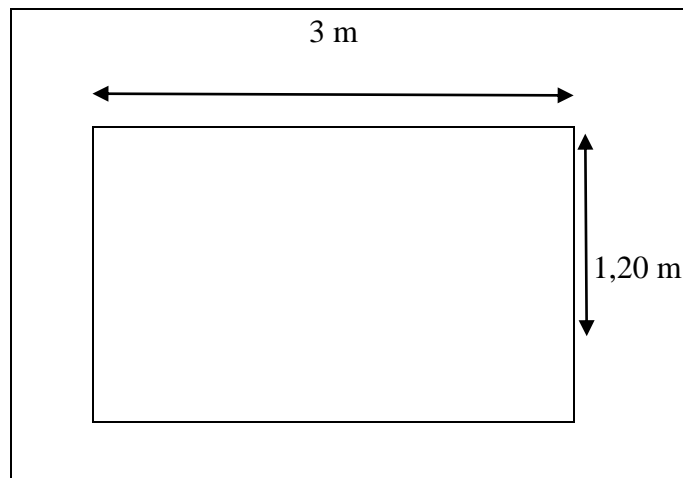
Tabla 13: *Escala para determinar el tipo de reacción en royas*

| Reacción | Descripción |
|----------|---|
| 0 | Ningún síntoma visible en la planta |
| R | Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias |
| MR | Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas |
| M | Uredias de varios tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos |
| MS | Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis |
| S | Grande uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis |

Fuente: (Ponce et al., 2019)

9.6. DISTRIBUCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y NETA

Ilustración 2: *Distribución de la parcela experimental y neta*



Elaborado por: Adriana Llumitaxi, 2024

- Total: 15 unidades experimentales
- Parcela neta: 3 m x 1.2 m (3,6 m²)
- Parcela bruta: 4 m x 2.2 m (8,8 m²)
- Área neta: 54 m².
- Área bruta: 132 m²

9.7. MANEJO ESPECIFICO DEL EXPERIMENTO

9.7.1. Fase de campo

Selección del lote

Se seleccionó un lote dentro de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, el mismo que contaba con las condiciones adecuadas para una nueva siembra debido que con anterioridad existió una rotación de cultivos

Preparación del suelo

Se realizó el arado con un mes de anticipación con el objetivo de incorporar y dejar que se descomponga las malezas, residuos orgánicos y abono, dos semanas después se pasó la rastra para dejar el suelo limpio y libre de terrones para evitar inconvenientes en la germinación.

Trazado de parcelas

Se trazó cada una de las parcelas de acuerdo al diseño experimental planteado por el departamento de cereales, en el cual con ayuda de piola y cal se señaló camas de tres metros con un metro de camino.

Desinfección de semilla

Se ocupó Fludioxonilo en dosis de $2 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$, se colocó el producto en la semilla y se cubrió por completo evitando que quede muy húmedo, luego se pesó los gramos que se necesitó para cada parcela y se enfundó dentro de fundas de papel para llevarlos al lote seleccionado.

Siembra

Se lo realizó de manera mecanizada, se dispuso de una sembradora con calibración para una densidad de 180 kg ha^{-1} , se fue sembrado cada uno de los tratamientos con 65 gramos de semilla; se colocó el fertilizante y la semilla de acuerdo a lo establecido y una vez sembrado, los espacio que no fueron tapados con la maquina fueron cubiertos con un rastrillo.

Fertilización

Se aplicó como fertilización inicial: 90 gramos de 15-30-15 (NPK) a la siembra y como fertilización complementaria: 36 gramos de Urea en la etapa de macollamiento.

Control de malezas

Al inicio del macollamiento, y previo a la fertilización complementaria: se aplicó metsulfuron-metil en dosis de 30 g por hectárea.

Identificación de tratamientos

Se colocó en cada uno de las parcelas una etiqueta de color blanco donde se escribió, la variedad o línea promisoras y el año.

Desmezcla o purificación del cultivo.

Al momento que se observa que la vaina de la hoja bandera este abierta, se fue deshierbando toda la materia vegetal que no correspondió al tratamiento, dentro de las parcelas hubo presencia de avena, cebada, triticale y rábano silvestre.

Recolección de datos

Una vez que el trigo completo su estado de madurez, se tomó datos de cada una de las variables de estudio.

- **Altura de planta:** Se usó una regleta de un metro de longitud, se colocó en el centro de cada tratamiento para determinar la altura.
- **Número de espigas y macollos por m²:** Con ayuda de un cuadrado de metal de 1m², se lanzó al azar dentro de cada parcela, se seleccionó a las plantas que se encontraron dentro del cuadrado para la toma de datos.
- **Tamaño de espigas:** se seleccionó diez espigas al azar para recolectar datos como el tamaño y el número de grano por espiga.

Cosecha y trillado

Una vez que el trigo llego a su estado de madurez fisiológica, se realizó la cosecha de forma mecanizada con la trilladora estacionaria.

Antes de realizar esta actividad se colocó fundas de color blanco y etiquetas amarillas en cada uno de los tratamientos, esto con el objetivo de agilizar la cosecha y enfundar y etiquetar al mismo tiempo.

Como la maquina cosecha y trilla a la vez, se debe tener cuidado con la mezcla de grano, por lo cual se debe usar una escoba para limpiar la maquina cada vez que pase por una parcela.

Secado

Se colocó cada una de las fundas de trigo en una plataforma de cemento para que el grano llegue a su punto requerido de humedad (13%), se lo dejo reposar por un día.

Limpieza

Una vez que las fundas se secaron, se limpió el grano para evitar alteraciones al momento de registrar los datos de las otras variables.

Para limpiar, se usó un ventilador eléctrico con dos zarandas de 3-5 mm, se pasó el grano al menos tres veces para que quedara limpio y guardarlo sin inconvenientes.

Análisis en el laboratorio

Se colocó dentro de una caja Petri una cantidad considerada de trigo para analizar la cantidad de proteína, humedad y fibra del grano, esto se realizó con ayuda del equipo Stellar Net (Analizador de cereales secundarios y oleaginosas).

Almacenado

Una vez limpias las fundas de trigo y después de haber recopilado los datos de las variables faltantes, se procedió a guardar dentro del banco de semilla.

10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLES DE COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO

La prueba de shapiro Wilks, para las variables agronómicas presentaron valores mayores a 0,05 lo que nos indica que se ajustaron a la normalidad. De igual manera la prueba de homogeneidad de varianza presentó valores mayores a 0,05 lo que indica que las varianzas fueron iguales.

Tabla 14: Prueba de Normalidad para las variables agronómicas

| Variable | P Shapiro-Wilks | Nivel de Significancia | Homogeneidad de varianza | Nivel de Significancia |
|--|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Características agronómicas | | | | |
| Emergencia | 0,820 | n.s. | 0,352 | n.s. |
| Vigor (1-5) | 0,133 | n.s. | 0,001 | * |
| Hábito (1-3) | 0,008 | * | 0,001 | * |
| Días Espigamiento | 0,031 | * | 0,059 | * |
| Altura de planta (cm) | 0,035 | * | 0,998 | n.s. |
| Tipo de paja (1-3) | >0,999 | - | s.d. | - |
| Número de espigas | 0,208 | n.s. | 0,854 | n.s. |
| Número de macollos | 0,208 | n.s. | 0,861 | n.s. |
| Tamaño de espiga (cm) | 0,151 | n.s. | 0,235 | n.s. |
| Número de grano por espiga | 0,928 | n.s. | 0,999 | n.s. |
| Enfermedades | | | | |
| BYDU (1-9) | 0,133 | n.s. | 0,006 | * |
| PT S | >0,999 | - | s.d. | - |
| Fusarium % | >0,999 | - | s.d. | - |
| RA S | >0,999 | - | s.d. | - |
| Calidad de grano | | | | |
| Rendimiento (kg ha ⁻¹) | 0,49 | n.s. | 0,284 | n.s. |
| Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹) | 0,49 | n.s. | 0,063 | n.s. |
| Tipo y color de grano | 0,008 | * | 0,001 | * |
| Proteína | 0,299 | n.s. | 0,007 | * |

** : Altamente significativo y * : significativo, y n.s. : no significativo al P < 0,05

Elaborado por: Adriana Llumitaxi

10.2. VARIABLES AGRONÓMICAS

Porcentaje de germinación (emergencia)

En la variable porcentaje de emergencia (Tabla 15) se puede observar que las líneas promisoras H-01-UEB, TA-18-008 y la variedad INIAP-IMABURA 2014 presentaron un promedio de 100 %, por otro lado, las líneas promisoras H-04-UEB y TA-20-003 obtuvieron un porcentaje de 91,67 % y 98,33 %. El promedio general del ensayo fue de 98%.

Según la escala de evaluación de emergencia en cereales (Ponce-Molina et al., 2020) nos indica que valores entre 81 a 100 % de plantas germinadas se les considera con una escala buena. Vargas, (2023), en ensayos de líneas de trigo implementados en el sector de Ambato obtuvo valores de emergencia de 64,67%. Por otro lado, en Chupaca - Perú, (Franklin, 2019) presento dentro de sus evaluaciones un promedio de emergencia de 73,88 %. Con lo antes mencionado, los resultados obtenidos en la presente investigación, nos indica que la variable evaluada presentó valores buenos, aceptables y confiables.

El porcentaje de emergencia depende tanto de la textura como estructura del suelo, con buenas condiciones edáficas se puede obtener una capacidad de campo optima que ayude a que las semillas geminen sin ningún inconveniente (Ponce-Molina et al., 2020).

Tabla 15: *Promedios de germinación en líneas de trigo harinero (Triticum aestivum L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.*

| Línea | Promedio (%) | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|--------------|--------|--------|
| H-01-UEB | 100,0 | 100 | 100 |
| INIAP IMBABURA 2014 (Testigo) | 100,0 | 100 | 100 |
| TA-18-008 | 100,0 | 100 | 100 |
| TA-20-003 | 98,3 | 95 | 100 |
| H-04-UEB | 91,7 | 90 | 95 |
| Promedio (%) | 98,0 | | |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Vigor de la planta (1-5)

Para la variable vigor de planta (Tabla 16) se observó un promedio general de 2,2 de vigor, considerándolas como plantas con hojas medianas y desarrolladas. Las líneas promisorias TA-18-008, TA-20-003 y la variedad INIAP-IMBABURA 2014 presentaron un valor de 1 y 2, siendo plantas y hojas grandes, bien desarrolladas. En cambio, que, las líneas promisorias H-01-UEB y H-04-UEB, presentaron una escala intermedia de 3, siendo plantas y hojas medianamente desarrolladas.

Con los resultados expuestos se puede convalidar la información con lo articulado por Heredia, (2022) y Manuel, (2022) quienes a través de sus investigaciones en líneas promisorias de trigo harinero en Ecuador, presentaron un vigor de planta promedio de 2, señalando que se encuentran bajo una escala buena e intermedia.

La finalidad de esta variable es evaluar la fuerza con la que emerge la planta durante su fase de desarrollo y poder determinar la viabilidad de cada una (Ponce-Molina et al., 2020).

Tabla 16: *Promedios de vigor de planta en líneas promisorias de trigo harinero (Triticum aestivum L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.*

| Línea | Promedio Escala (1-5) | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|-----------------------|--------|--------|
| TA-20-003 | 1,3 | 1 | 2 |
| TA-18-008 | 1,8 | 1 | 2 |
| INIAP IMBABURA 2014 (Testigo) | 2,0 | 2 | 2 |
| H-01-UEB | 3,0 | 3 | 3 |
| H-04-UEB | 3,0 | 3 | 3 |
| Promedio | 2,2 | | |

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

Hábito de crecimiento (1-3)

En la Tabla 17 se observa que las líneas promisorias de trigo presentaron dos tipos de hábitos de crecimiento. Las líneas TA-18-008, TA-20-003, HH-01-UEB y el testigo, INIAP-IMBABURA 2014, presentaron un promedio entre 1 a 1,3 (valor mín. 1 y valor máx. 2), considerándolas plantas erectas con hojas dispuestas verticalmente hacia arriba y también plantas semi-erectas con hojas

dispuestas horizontalmente formando un ángulo de 45°. La línea promisoría H-04-UEB, presentó un valor de escala de 3; siendo plantas con hojas dispuestas horizontalmente sobre el suelo.

El promedio general del experimento obtenido fue de 1,5, que son similares a los obtenidos en la investigación de Heredia, (2022), quien señala que sus tratamientos de trigo harinero ubicados en la provincia de Bolívar, presentaron un hábito de crecimiento de escala 2, por otro lado, Ávila Miramontes et al.,(2014) indica que dentro de sus investigaciones realizadas en México este cereal tuvo un comportamiento diferente ya que presentó un hábito de crecimiento de 1.

La variación en los resultados obtenidos en esta variable puede deberse a diferentes factores como la precipitación, horas luz y nutrientes del suelo. Si el cultivo no se encuentra en las condiciones aptas que necesita no podrá tener un buen desarrollo vegetal (Ponce-Molina et al., 2020).

Tabla 17: *Promedios de habito de crecimiento (1-3) en líneas de trigo harinero (Triticum aestivum L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.*

| Línea | Promedio Escala (1-3) | Mínimo | Máximo |
|------------------------------|-----------------------|--------|--------|
| INIAP-IMBABURA 2014(Testigo) | 1,0 | 1 | 1 |
| TA-18-008 | 1,0 | 1 | 1 |
| TA-20-003 | 1,0 | 1 | 1 |
| H-01-UEB | 1,3 | 1 | 2 |
| H-04-UEB | 3,0 | 3 | 3 |
| Promedio total (1-3) | 1,5 | | |

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

Días de Espigamiento

En la Tabla 18 se puede observar que la línea TA-18-008 presentó un valor promedio de 77 días al espigamiento. Las líneas H-04-UEB y TA-20-003, presentaron un promedio de 86,7 días, siendo muy similar al testigo INIAP-IMBABURA 2014, con un valor de 86 días. La línea promisoría TA-18-008 con un promedio total de 77 días, superó al resto de líneas entre 10 a 15 días.

Los resultados obtenidos, se relacionan con la información obtenida por Emam et al., (2022) quien dentro de su investigación en Egipto presentó un promedio de un espigamiento a los 87 días,

similar a la media que se presentó en la presente investigación. Por otro lado, en las líneas de trigo evaluadas por Galarza Edison, (2023) en Tungurahua presentaron un promedio de 63 días. Según Ponce-Molina et al., (2020), estas variaciones pueden verse afectadas por diferentes factores como condiciones climáticas, temperaturas altas y bajas y porcentaje de humedad.

Tabla 18: *Promedios de días de espigamiento en líneas de trigo harinero (Triticum aestivum L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC..*

| Línea | Promedio (%) | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|--------------|--------|--------|
| TA-18-008 | 77,0 | 77 | 77 |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 86,0 | 86 | 86 |
| H-04-UEB | 86,6 | 86 | 88 |
| TA-20-003 | 86,6 | 86 | 88 |
| H-01-UEB | 92,0 | 92 | 92 |
| Promedio | 85,6 | | |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Altura de planta (cm)

En el ADEVA (Tabla 19) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general de la altura de las plantas dentro del ensayo fue de 89,83 cm presentando un coeficiente de variación de 4,49%.

Tabla 19: ADEVA para altura de planta en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significación estadística |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 1555,83 | | | | |
| Repeticiones | 2 | 140,83 | 70,42 | 4,33 | 0,0531 | * |
| Línea | 4 | 1285 | 321,25 | 19,8 | 0,0003 | ** |
| Error | 8 | 130 | 16,25 | | | |
| Promedio Total (cm) | 89,83 | | | | | |
| C.V. (%) | 4,49 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s.: no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Tukey al 5% (Tabla 20) para líneas de trigo, detectó tres rangos de significancia, donde las líneas promisorias TA-18-008 y H-04-UEB se ubicaron en el rango primer rango (A) con un promedio de 100 cm, considerándolas como normales; y en último rango (C) con un valor promedio inferior de 75,8 cm se ubicó la línea correspondiente a H-01-UEB, considerándose como semi enanos según lo que menciona (Garófalo, Ponce-Molina, et al., 2021).

En relación a lo obtenido dentro de la investigación, la altura promedio de las líneas de trigo fue de 89,8 cm, el cual corrobora con Garófalo, Noroña, et al., (2021) donde indica que las variedades mejoradas del INIAP tienen un promedio entre 85-105 cm de altura, de la misma manera, estudios realizados en la Estación Experimental Santa Catalina presentaron un promedio total de altura de 103,5 cm (Garófalo, Ponce-Molina, et al., 2021). Esta variable puede verse afectada por la disponibilidad nutrientes del suelo, precipitaciones, y otros factores edafoclimáticos (Ponce-Molina et al., 2019).

Tabla 20: Prueba Tukey al 5% para la variable altura de plantas en (cm)

| Líneas | Promedio(cm) | Rango de significación | |
|------------------------------|--------------|------------------------|---|
| TA-18-008 | 100,0 | A | |
| H-04-UEB | 100,0 | A | |
| TA-20-003 | 88,3 | B | |
| INIAP-IMBABURA 2014(Testigo) | 85,0 | B | C |
| H-01-UEB | 75,8 | C | |

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

Tipo de paja (1-3)

Según los datos obtenidos en la Tabla 21 se puede observar que todas las líneas promisorias de trigo presentaron un valor de escala de 1, es decir, resistencia al acame, con tallo grueso, erecto y flexible, que permite soportar vientos y evitar el acame.

Los datos obtenidos en las investigaciones en trigo realizadas dentro de la Estación Experimental Santa Catalina. se muestra que el promedio total del tipo de paja es de 1 (Garófalo, Ponce-Molina, et al., 2021), por otro lado Sotaminga, (2023), en estudios realizados en Querochaca-Tungurahua, menciona que las líneas promisorias mostraron un tipo de paja 2; materiales con resistencia parcial para soportar vientos y acames, debido a que poseen un tallo no muy grueso, erecto y medianamente flexible.

Tabla 21: Promedios de tipo de paja (1-3) en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Línea | Tipo de paja (1-3) | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|--------------------|--------|--------|
| H-01-UEB | 1 | 1 | 1 |
| H-04-UEB | 1 | 1 | 1 |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 1 | 1 | 1 |
| TA-18-008 | 1 | 1 | 1 |
| TA-20-003 | 1 | 1 | 1 |
| Promedio | 1 | | |

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

Número de espigas por m²

En el ADEVA (Tabla 22) se observaron diferencias estadísticas significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue del 256,99 con un coeficiente de variación de 21,13%.

Tabla 22: ADEVA para el número de espigas por m² en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significación estadística |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 77286 | | | | |
| Línea | 4 | 52982 | 13245,5 | 4,49 | 0,0339 | * |
| Repeticiones | 2 | 723,6 | 361,8 | 0,12 | 0,8861 | n.s. |
| Error | 8 | 23580,4 | 2947,55 | | | |
| Promedio | 256,99 | | | | | |
| CV(%) | 21,13 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s.: no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

La prueba Tukey al 5% (Tabla 23) para el factor líneas en la variable número de espigas por m², estableció dos rangos; rango A y B, dentro del rango A se ubicaron 5 líneas, sin embargo, la línea que se ubicó en primer lugar fue la H-01-UEB con un promedio de 323,3, mientras que en el último lugar del rango B se sitúa la línea H-04-UEB con un promedio bajo de 160,3 espigas por m².

En base a los resultados obtenidos con un promedio general de 256,9 espigas por m², se puede corroborar la información con los datos que se han presentado en la provincia de Bolívar donde se obtuvo un promedio de 481 espigas por m² (Quispe & Cristhian, 2021). De la misma manera dentro de la provincia de Cotopaxi donde el promedio que se alcanzó fue de 101,4 espigas en total (Fernanda, 2016), y por último dentro de la provincia de Pichincha en el cual el ensayo presentó un total de 198,8 espigas por m² (Manangón, 2014).

Tabla 23: Prueba Tukey al 5% para la variable número de espigas.

| Línea | Promedio | Rango de significación | |
|-------------------------------|----------|------------------------|---|
| H-01-UEB | 323,3 | A | |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 314,3 | A | |
| TA-18-008 | 255,0 | A | B |
| TA-20-003 | 232,0 | A | B |
| H-04-UEB | 160,3 | B | |

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

Número de Macollos

En el ADEVA (Tabla 24) se observaron diferencias estadísticas significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue del 257 número de macollos por parcela con un coeficiente de variación de 21,1%.

Tabla 24: ADEVA para el número de macollos en líneas de trigo harinero (*Trtiticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significación estadística |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 77286 | | | | |
| Línea | 4 | 52982 | 13245,5 | 4,5 | 0,0339 | * |
| Repeticiones | 2 | 723,6 | 361,8 | 0,1 | 0,8861 | n.s. |
| Error | 8 | 23580,4 | 2947,55 | | | |
| Promedio Total | 257,0 | | | | | |
| CV(%) | 21,1 | | | | | |

** : Altamente significativo y * : significativo, y n.s.: no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

La prueba Tukey al 5% (Tabla 25) para el factor líneas en la variable número de macollos presentó dos rangos de significación, en el primer rango se situó la línea H-01-UEB con un promedio de 323,3, mientras que en último lugar con un rango se ubicó la línea H-04-UEB con un promedio de 160,3.

Por lo observado en la investigación donde se presenta un promedio total de 256,9 macollos en cada tratamiento, se puede comprobar la información con los datos que se obtuvieron en la provincia de Cotopaxi, las líneas de trigo presentaron un promedio de 6,2 macollos por planta (Fernanda, 2016), mientras que Manangón, (2014), quien implemento su ensayo a 2890 msnm presento un promedio de dos macollos por planta. De acuerdo a la escala de Zadoks et al., (1974) la planta de trigo presenta alrededor de siete macollos por planta.

Tabla 25: Prueba Tukey al 5% para la variable número de macollos

| Línea | Promedio | Rango de significación | |
|-------------------------------|----------|------------------------|---|
| H-01-UEB | 323,3 | A | |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 314,3 | A | |
| TA-18-008 | 255,0 | A | B |
| TA-20-003 | 232,0 | A | B |
| H-04-UEB | 160,3 | B | |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Tamaño de espiga (cm)

En el ADEVA (Tabla 26) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue de 14,75 cm en el tamaño de la espiga con un coeficiente de variación del 3,71%.

Tabla 26: ADEVA para el tamaño de espiga en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significancia estadística |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 59,2 | | | | |
| Repeticiones | 2 | 0,18 | 0,09 | 0,31 | 0,7429 | n.s. |
| Línea | 4 | 56,62 | 14,16 | 47,34 | <0,0001 | ** |
| Error | 8 | 2,39 | 0,3 | | | |
| Promedio | 14,75 | | | | | |
| CV (%) | 3,71 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s. : no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

La prueba Tukey al 5% (Tabla 27) para líneas en la variable tamaño de espiga determino dos rangos de significancia (A y B), ubicándose en el primer rango la línea TA-20-003 con un promedio de 16,2 cm, mientras que en el último rango se ubica la línea H-01-UEB con un promedio de 10,9 cm, las líneas H-04-UEB, INIAP IMABUBRA 2014 y TA-18-008 se encuentran en un intervalo de 15,7-15,1 cm.

En base a los resultados conseguidos se puede refrendar la información con los datos obtenidos en Chupaca-Perú, las líneas de trigo presentaron un promedio tamaño de espiga de 10 cm (Franklin, 2019); mientras que Lozada, (2022) quien implemento su ensayo en Cotopaxi presento un promedio de 10,8 cm; Según Ponce-Molina et al., (2019), el tamaño de espiga se ve afectado por condiciones climáticas, pisos altitudinales temperatura y precipitaciones.

Tabla 27: Prueba Tukey al 5% para líneas de la variable tamaño de espiga (cm).

| Línea | Promedio (cm) | Rango de significación |
|-------------------------------|---------------|------------------------|
| TA-20-003 | 16,2 | A |
| H-04-UEB | 15,7 | A |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 15,6 | A |
| TA-18-008 | 15,1 | A |
| H-01-UEB | 10,9 | B |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Número de grano por espiga

En el ADEVA (Tabla 28) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue 54 granos por espiga con un coeficiente de variación del 11,0%.

Tabla 28: ADEVA para el número de granos por espiga en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significación estadística |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 1159,48 | | | | |
| Línea | 4 | 779,61 | 194,9 | 5,37 | 0,0212 | * |
| Repeticiones | 2 | 89,48 | 44,74 | 1,23 | 0,3415 | n.s. |
| Error | 8 | 290,39 | 36,3 | | | |
| Promedio | 54,7 | | | | | |
| CV(%) | 11,0 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s.: no significativo al $P < 0,05$
Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

La prueba Tukey al 5 % (Tabla 29) para líneas en la variable número de grano por espiga determinó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango la línea H-04-UEB con un promedio de 66,1 granos y en último rango el testigo, INIAP-IMBABURA-2014.

En base a los resultados alcanzados se corrobora con la información obtenida en la investigación realizada en la provincia de Ambato donde se obtuvo un promedio de 45,79 granos (Sotaminga Cueva, 2023); de igual manera en la provincia de Pichincha se observaron promedios de 46,51 granos (Manangón, 2014) y por último en la provincia de Cotopaxi se obtuvo un promedio de 42,27 granos por espiga (David, 2022).

Tabla 29: Prueba Tukey al 5% para líneas de la variable número de grano por espiga

| Línea | Promedio | Rango de significación | |
|-------------------------------|----------|------------------------|---|
| H-04-UEB | 66,1 | A | |
| TA-20-003 | 58,0 | A | B |
| H-01-UEB | 52,8 | A | B |
| TA-18-008 | 52,6 | A | B |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 44,2 | B | |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

10.3. CALIDAD DE GRANO

Rendimiento en kg ha⁻¹

En el ADEVA (Tabla 30) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue de 2305,01 kg ha⁻¹, con un coeficiente de variación de 7,72%.

Tabla 30: Análisis de varianza para el rendimiento en estudio de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.2023.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significancia Estadística |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 3522136 | | | | |
| Línea | 4 | 3169769 | 792442,26 | 25,01 | 0,0001 | ** |
| Rep. | 2 | 98919,1 | 49459,54 | 1,56 | 0,2677 | n.s. |
| Error | 8 | 253448 | 31680,96 | | | |
| Promedio (kg ha ⁻¹) | | 2305,01 | | | | |
| CV(%) | | 7,72 | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s. : no significativo al P < 0,05

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

La prueba Tukey al 5% (Tabla 31) para líneas en la variable rendimiento determinó cuatro rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango la línea TA-20-003 y TA-18-008 con un promedio de 2887,30 y 2685,17 kg ha⁻¹, respectivamente; mientras que en último rango se ubicó la línea H-04 UEB con 1566,5 kg ha⁻¹. Las líneas TA-20-003, TA-18-008 y H-01-UEB superaron al testigo INIAP-IMBABURA 2014, que presentó 2157,40 kg ha⁻¹.

Los resultados obtenidos, se asemejan a los obtenidos en investigaciones realizadas en la Estación Experimental Santa Catalina, en los cuales se evaluaron líneas promisorias de trigo, obteniéndose un rendimiento promedio de 7100 kg ha⁻¹ (Garófalo et al., 2021). De igual manera, estudios realizados en la provincia de Tungurahua, obtuvieron rendimientos promedios de 4071,85 kg (Sotaminga Cueva, 2023). En México, evaluaciones de ensayos de trigo, presentaron rendimientos promedios de 2300 kg. Basado en estos resultados y de acuerdo a lo que afirma Ponce-Molina et al., (2020) que la disminución del rendimiento se debe a la presencia de plagas, enfermedades y factores climáticos, podemos decir que los resultados son aceptables.

Tabla 31: Prueba Tukey al 5% para la variable rendimiento en (kg ha⁻¹)

| Línea | Promedio | Rango de significación | | |
|------------------------------|----------|------------------------|---|---|
| TA-20-003 | 2887,3 | A | | |
| TA-18-008 | 2685,1 | A | B | |
| H-01-UEB | 2228,7 | B | | C |
| INIAP-IMBABURA 2014(Testigo) | 2157,4 | C | | |
| H-04-UEB | 1566,5 | D | | |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Peso Hectolítrico kg hl⁻¹

En el ADEVA (Tabla 32) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue de 69,26 de kg hl⁻¹, con un coeficiente de variación de 0,62%.

Tabla 32: ADEVA para el peso hectolítrico (kg hl^{-1}) en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significancia estadística |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|---------|---------------------------|
| Total | 14 | 110,96 | | | | |
| Línea | 4 | 105,07 | 26,27 | 142,5 | <0,0001 | ** |
| Rep. | 2 | 4,41 | 2,21 | 11,97 | 0,0039 | * |
| Error | 8 | 1,47 | 0,18 | | | |
| Promedio (kg hl^{-1}) | | 69,2 | | | | |
| CV(%) | | 0,6 | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s.: no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

La prueba de Tukey al 5% (Tabla 33) para líneas en el variable peso hectolítrico determinó tres rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango el testigo, INIAP-IMBABURA 2014 y la línea H-01-UEB, con $72,53 \text{ kg hl}^{-1}$ y $72,01 \text{ kg hl}^{-1}$, respectivamente; mientras que en el último rango se ubicó la línea H-04-UEB con $66,31 \text{ kg hl}^{-1}$.

Con los datos obtenidos, y comparando con la información reportada en las investigaciones realizadas por Garófalo et al., (2021), en la Estación Experimental Santa Catalina, en los cuales los trigos presentaron un peso hectolítrico de $71,77 \text{ kg hl}^{-1}$ como promedio. Por otro lado, investigaciones de Pichucho Otacoma, (2022) y Sotaminga Cueva, (2023) en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua obtuvieron promedios de $66,94 \text{ kg hl}^{-1}$ y $76,78 \text{ kg hl}^{-1}$, respectivamente.

Tabla 33: Prueba Tukey al 5% para líneas en la variable peso hectolítrico (kg hl^{-1})

| Línea | Promedio (kg hl^{-1}) | Rango de significación |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 72,53 | A |
| H-01-UEB | 72,07 | A |
| TA-20-003 | 68,90 | B |
| TA-18-008 | 66,51 | C |
| H-04-UEB | 66,31 | C |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Tipo y color de grano

Según los datos obtenidos en la Tabla 34 se puede observar que la línea promisorio H-04-UEB y TA-18-008 tienen un valor de 1 presentando un grano grueso, grande, bien formado, limpio y de color blanco, la variedad INIAP-IMABABURA 2014 y la línea promisorio H-01-UEB presentan un valor de 2 es decir un grano mediano, bien formado, limpio y de color rojo. En cambio, la línea TA-20-003 presenta una escala de 1,3, siendo un grano grande y mediano.

En base a lo obtenido se puede convalidar la información con lo establecido por Garófalo et al., (2021) quien a través de su estudio en líneas de trigo harinero planteadas en la Estación Experimental Santa Catalina obtuvo un grano grueso/bueno y de color blanco (1B*) en la mayor parte de líneas, por otro lado Galarza Edisson, (2023), en su investigación obtuvo líneas que presentaron un grano grueso/ grande y de color rojo, así también variedades donde el grano llego a alcanzar un buen tamaño y un color deseado.

Tabla 34: Promedios de tipo y color de grano en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Línea | Color de grano | Promedio | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|----------------|----------|--------|--------|
| H-04-UEB | B | 1,0 | 1 | 1 |
| TA-18-008 | B | 1,0 | 1 | 1 |
| TA-20-003 | B | 1,3 | 1 | 2 |
| H-01-UEB | R | 2,0 | 2 | 2 |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | R | 2,0 | 2 | 2 |
| Promedio Total | | 1,4 | | |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Proteína

En el ADEVA se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue de 13,98% con un coeficiente de variación de 3,44%.

Tabla 35: ADEVA para el porcentaje de proteína en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Rango de significancia |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|---------|------------------------|
| Total | 14 | 4,26 | | | | |
| Repeticiones | 2 | 0,33 | 0,16 | 0,71 | 0,52 | * |
| Línea | 4 | 2,09 | 0,52 | 2,26 | 0,15 | n.s. |
| Error | 8 | 1,85 | 0,23 | | | |
| Promedio Total | 13,98 | | | | | |
| CV(%) | 3,44 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s. : no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

La prueba de Tukey al 5% (Tabla 36) para líneas en la variable proteína, determinó un solo rango (A) con un promedio total de 13,98% de proteína, la línea TA-20-003 presenta el valor más alto con 14,52 %, mientras que en el promedio más bajo se ubicó el testigo, INIAP IMBABURA 2014 con un 13,52 %.

Con los datos obtenidos se puede corroborar con Ponce-Molina et al., (2022), donde indica que las variedades de trigo harinero deben presentar un porcentaje entre 12 y 13% de proteína, por otro lado en las líneas de trigo evaluadas en México por Ávila Miramontes et al., (2014) y por Alhogbi et al., (2018) llegaron a obtener entre un 12,95% y 12,65% de proteína, mientras que en la Estación Experimental Santa Catalina las líneas evaluadas de trigo presentaron un porcentaje de proteína mayor al 12% (Garófalo et al., 2021).

Tabla 36: Prueba Tukey al 5% para la variable proteína

| Línea | Promedio (%) | Rango |
|-------------------------------|--------------|-------|
| TA-20-003 | 14,5 | A |
| TA-18-008 | 14,2 | A |
| H-04-UEB | 13,9 | A |
| H-01-UEB | 13,6 | A |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 13,5 | A |

Elaborado por: Adriana Llunitaxi (2024)

10.4. INCIDENCIA DE ENFERMEDADES

La incidencia de enfermedades que apareció en los tratamientos fue la Roya amarilla (RA) y virus del enanismo (BYDV), con respecto a las demás enfermedades como Roya de la hoja y Fusarium no presentaron ningún síntoma en las plantas, esto se debe a las condiciones ambientales de la zona.

Roya Amarilla

En la Tabla 37 se puede observar que las líneas promisorias H-04-UEB, H-01-UEB presentaron mayor incidencia de roya con 15%, mientras que las líneas TA-18-008, TA-20-003 presentaron una mejor resistencia a esta enfermedad presentando una incidencia del 5%.

Los resultados obtenidos se relacionan con los estudios realizados en diferentes provincias del Ecuador por Garófalo-Sosa et al., (2023), donde se ha llegado a determinar que las líneas de trigo presentan un promedio de 9,8% de severidad para la enfermedad de roya amarilla, en cambio, Sotaminga Cueva, (2023), en líneas de trigo presento un promedio de 8,6 de severidad, por ultimo Galarza Edison, (2023) obtuvo un porcentaje de incidencia de 19,3%.

Tabla 37: Promedios de incidencia de enfermedades (roya amarilla) en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Línea | Promedio escala (5-100) | Mínima | Máximo | Tipo de reacción |
|-------------------------------|----------------------------|--------|--------|---------------------|
| H-01-UEB | 15 | 15 | 15 | MR |
| H-04-UEB | 15 | 15 | 15 | MR |
| INIAP-IMBABURA 2014 (Testigo) | 10 | 10 | 10 | MR |
| TA-18-008 | 5 | 5 | 5 | MR |
| TA-20-003 | 5 | 5 | 5 | MR |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Virus del enanismo amarillo (BYDV)

En el ADEVA se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para líneas y ninguna significancia estadística para repeticiones. La significancia estadística para líneas nos permite aceptar la hipótesis alternativa, que indica que las líneas tuvieron un comportamiento diferente. El promedio general del ensayo fue de 2 con un coeficiente de variación de 17,08%.

Tabla 38: ADEVA para el porcentaje incidencia del virus del enanismo amarillo (BYDUV) en líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F | p-valor | Significancia estadística |
|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------|---------|------------------------------|
| Total | 14 | 6 | | | | |
| Repeticiones | 2 | 0,4 | 0,20 | 1,71 | 0,2401 | n.s. |
| Línea | 4 | 4,67 | 1,17 | 10,00 | 0,0033 | ** |
| Error | 8 | 0,93 | 0,12 | | | |
| Promedio total | 2,0 | | | | | |
| CV (%) | 17,0 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : significativo, y n.s. : no significativo al $P < 0,05$

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

En la Tabla 39 se puede observar que la línea H-01-UEB presentó una mayor incidencia con un promedio del 3%, las líneas H-04-UEB, TA-20-003 presentaron un valor de 2 % de incidencia,

mientras que la línea TA-18-008 y el testigo, INIAP-IMBABURA 2014, presentan una incidencia de 1,9%, considerándose que están dos últimas líneas presentaron un grado de incidencia bajo.

En base a los datos obtenidos se puede convalidar la información con la Tabla 40, donde se indica el grado de incidencia del virus, determinando que el grado tres, son plantas con amarillamiento moderado o baja, no hay señales de enanismo ni reducción de macollamiento, el rango dos, presenta un amarillamiento restringido de las hojas y una mayor porción de áreas amarillas con más hojas decoloradas, mientras que el grado 1 presenta trazas de amarillamiento (a veces color rojizo) en la punta de pocas hojas y plantas de apariencia vigorosa.

Se puede considerar que la incidencia del virus es perjudicial para el rendimiento de la planta a partir de un grado cinco, esto debido a que el virus del enanismo amarillo (BYDV) es una de las enfermedades virales más importantes de los cereales en el mundo, que ha ocasionado pérdidas no solo en el cultivo de trigo sino también en cebada, centeno y arroz (González Segnana et al., 2015).

Tabla 39: Promedio de incidencia del virus del enanismo amarillo para líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de la EESC.

| Línea | Incidencia |
|---------------------|------------|
| H-01-UEB | 3 |
| H-04-UEB | 2 |
| TA-20-003 | 2 |
| TA-18-008 | 1,9 |
| INIAP-IMBABURA 2014 | 1,9 |
| Promedio | 2,1 |

Elaborado por: Adriana Llumitaxi (2024)

Tabla 40: Escala para determinar el grado de daño por virosis

| Grado | Significado |
|--------------|---|
| 1 | Trazas de amarillamiento (a veces color rojizo) en la punta de pocas hojas, planta de apariencia vigorosa |
| 2 | Amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1; más hojas decoloradas. |
| 3 | Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento |
| 4 | Amarillamiento moderado o algo extenso; no hay enanismo |
| 5 | Amarillamiento más extenso; vigor de la planta moderado, o pobre, cierto enanismo |
| 6 | Amarillamiento severo, espigas pequeñas; enanismo moderado, apariencia pobre de la planta |
| 7 | Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado, apariencia pobre de la planta. |
| 8 | Amarillamiento casi completo, de todas las hojas; enanismo; macollamiento reducido en apariencia (presencia de rosetas); tamaño reducido de las espigas con alguna esterilidad. |
| 9 | Enanismo severo; amarillamiento completo, espigas escasas; considerable, esterilidad; madurez acelerada o secamiento de la planta antes de la madurez normal. |

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019)

Elaborado por: Adriana Llumitaxi, (2024)

11. IMPACTOS

11.1. Científico

Al estudiar líneas promisorias y variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) se amplía la gama de conocimiento científico con la finalidad de mejorar genéticamente este cereal, una vez que se obtiene los resultados de la investigación y se determina cual tiene un buen rendimiento, se puede realizar un cruce entre variedades y usar las más desarrolladas y productivas a nivel nacional.

11.2. Social

Siendo los agricultores beneficiarios directos de esta investigación, se les facilitará el acceso de las semillas del trigo mejoradas para propagar, obtener mayor cantidad de hectáreas sembradas y en un futuro usar la materia prima en el sector agroindustrial.

11.3. Económico

Como se sabe el Ecuador no es productor de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) por lo que se importa, una vez importado este cereal, se generan gastos, afecta a la economía del país y el costo del producto final es elevado. Al realizar las distintas investigaciones, se crea una dinámica en la economía del país haciendo que el consumo sea interno sin necesidad de exportaciones y con la certeza de que el producto final será de mayor alcance para los consumidores de este cereal y sus distintos productos, lo que quiere decir que se producirá gastos dentro del país, generando ingresos a nivel nacional y ya no a nivel internacional.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Cada uno de los insumos que se usaron dentro de la investigación fueron donados por la Estación Experimentan Santa Catalina – INIAP junto con el proyecto de FIASA, el programa de cereales nos ayudó con la cantidad de semillas que se usaron en cada tratamiento, maquinarias agrícolas, fertilizantes, bolsas para la cosecha y etiquetas.

13. CONCLUSIONES

La línea promisorio que presento mejores características agronómicas fue TA-18-008, esta obtuvo una germinación del 100% con un vigor de 1,67 dentro de una escala de 3, habito de crecimiento 1 (erecto), días a la espigación 77 días, altura final de 100cm con un tallo fuerte (1/3), 255 espigas y macollos por m², tamaño de espiga de 15,1 cm y 52,6 granos por cada espiga, determinándola, así como la mejor línea promisorio.

La línea promisorio de trigo harinero con mayor resistencia a enfermedades fue TA-18-008, en la roya amarilla (RA) tuvo una incidencia del 5% y en el virus del enanismo amarillo (BYDUV) un grado menor de 1,69 bajo una escala de 9.

Cada uno de los tratamientos presento una excelente calidad de grano dentro de los parámetros requeridos, sin embargo, la línea TA-20-003 y TA-18-008 poseen los promedios más altos con un porcentaje de 14,52 y 14,25 en proteína respectivamente. La línea promisorio H-01-UEB adquirió un peso hectolítrico de 72,53 kg/hl y la línea que más destaco en el rendimiento fue TA-20-003 (2887,3 kg ha⁻¹) y TA-18-008 (2685,17 kg ha⁻¹).

14. RECOMENDACIONES

Debido a que el Ecuador es importador de trigo, se recomienda seguir realizando estudios en diferentes zonas climáticas del país para continuar mejorando las líneas que han sido investigadas (TA-18-008, TA-20-003 y H-01-UEB), ya que los datos obtenidos dentro de esta investigación, con el pasar de los años y expuesto a diferentes factores y condiciones climáticas se puede obtener resultados variados.

Tener un manejo del cultivo adecuado, tanto al inicio, en la siembra, como al final, en la post cosecha, y así conseguir las características agrícolas y morfológicas deseadas dado que estas influyen en la calidad tanto de la planta como del grano.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alhogbi, B. G., Arbogast, M., Labrecque, M. F., Pulcini, E., Santos, M., Gurgel, H., Laques, A., Silveira, B. D., De Siqueira, R. V., Simenel, R., Michon, G., Auclair, L., Thomas, Y. Y., Romagny, B., Guyon, M., Sante, E. T., Merle, I., Duault-Atlani, L., Anthropologie, U. N. E., ... Du, Q. (2018). Comparación de cuatro líneas de trigo con harinas comerciales en relación a su perfil de textura, tiempo de amasado y volumen de fermentación. *Gender and Development*, 120(1), 0–22. http://www.uib.no/sites/w3.uib.no/files/attachments/1._ahmed-affective_economies_0.pdf<http://www.laviedesidees.fr/Versuneanthropologiecritique.html>http://www.cairn.info.lama.univamu.fr/resume.php?ID_ARTICLE=CEA_202_0563%5Cnhttp://www.cairn.info.
- Ávila Miramontes, J. A., Ávila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martínez Herebia, D. (2014). El Cultivo Del Trigosistemas De Produccion En El Noroeste De Mexico. 1–139. [https://agricultura.unison.mx/memorias de maestros/El Cultivo Del Trigo.pdf](https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/El%20Cultivo%20Del%20Trigo.pdf)
- Carmita Carchi Cludia Pazán, Fabian, M. R., Armando, C., Cáceres, S. D., & Calle, C. Q. D. (2023). Moderna Alimentos fomenta la producción de trigo nacional a través de la compra de más de 1.400 toneladas en 2023. In *Periodismo Digital*.
- E. E. S.Catalina-Iniap. (2014). Materiales de siembra Variedad Zhalao 2003. 551.
- E. E. S.Catalina-INIAP. (2014). Materiales de siembra San Jacinto 2010. 551.
- E. E. S.Catalina-INIAP. (2014). Materiales de siembra Variedad Mirador 2010. 551.
- E. E. S.Catlina-INIAP. (2014). Materiales de siembra Variedad Vivar 2010. 551.
- CFN. (2021). Ficha Sectorial del Cultivo de trigo, molienda de cereales, producción de harina, semolina, sémola y gránulos de: trigo, centeno, avena, maíz y otros cereales. 1(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3trimestre/FichaSectorialAlimentospreparadosparaanimales.pdf><https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/>
- Cherlinka. (2023). Cultivo De Trigo: Técnicas De Siembra, Manejo y Cosecha. In *{EOS} Data Analytics*.

David Concepción Estrada, Zuniga, S. C. A., José, G. M., Edgard, H. R., & Orantes, A. M. (2016). Cultivo de Trigo harinero *Triticum aestivum*, una alternativa para la soberanía nutricional y adaptación ante el cambio climático, en el departamento de Jinotega. In *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*.

David, P. M. A. (2022). “Evaluación De Las Variedades Mejoradas De Trigo (*Triticum aestivum* L.) Del Iniap Bajo Condiciones Agroecológicas Del Campus Salache, UTC 2021 - 2022.” In *Sistema Biodigestor*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>

de Investigaciones Científicas, C. S. (2018). Descifrado el genoma del trigo. In Ministerio de Ciencia Innovación y Universidades.

Divito, G. A., & García, F. O. (2017). Manual del Cultivo del Trigo. <http://lacs.ipni.net>

Elfer, F. de L. P. N. (2014). Cultivo de trigo. In Cultivo de trigo. {*ELFER*}.

Emam, M. A., Abd El-Mageed, A. M., Niedbała, G., Sabrey, S. A., Fouad, A. S., Kapiel, T., Piekutowska, M., & Mahmoud, S. A. (2022). Genetic Characterization and Agronomic Evaluation of Drought Tolerance in Ten Egyptian Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. *Agronomy*, 12(5), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051217>

Espinosa, A. (2009). Revista de cultura científica. In Facultad De Ciencias, Universidad Nacional Autónoma De México.

Estrada, D., Martinez, J., Iglesias, L., & Paz, E. (2014). Caracterización agronómica y económica del Trigo (*Triticum aestivum*) variedad Jupateco, en la comunidad La Colmena, Jinotega, Nicaragua. May, 10. https://www.researchgate.net/profile/David-Estrada-Santana/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua/links/573c7fb508ae298602e587a6/Caracterizac

Falconi, E., Garófalo, J., Ponce, L., Coronel, J., & Abad, S. (2014). *INIAP -IMBABURA 2014 NUEVA VARIEDAD DE TRIGO DE GRANO ROJO PARA ZONAS TRIGUERAS DEL ECUADOR*. 412, 6. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3293/1/iniapscpl412.pdf>

FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. In *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020*.

Fernanda, H. G. T. (2016). Universidad Técnica de Cotopaxi Universidad Tecnica De Cotopaxi. In Sistema Biodigestor. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>

FRANKLIN, S. S. H. (2019). Rendimiento Y Calidad De Grano De Lineas Avanzadas De Trigo Harinero (*Triticum aestivum L.*) Del Cimmyt- México En Condiciones De La C.C. Tres De Diciembre-Chupaca.

Galarza Edison. (2023). *Evaluación del comportamiento agronómico de dieciocho variedades mejoradas de trigo (Triticum aestivum L.) liberadas por el INIAP en el Campus Querochaca, Cevallos*". https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24085/1/tesis_006_Ingeniería_Agropecuaria_-_Paola_Alexandra_Masaquiza_-_cd_006.pdf

Garófalo-Sosa, J., Noroña, P., Ponce-Molina, L., Nieto, M., López, V., Jiménez, C., Vacacela, H., & Silva, D. (2023). Evaluación agronómica de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum L.*) en la Sierra ecuatoriana *Javier.

Garófalo, J., Noroña, J., Ortíz, B., Arias, V., Rosales, C., López, V., & Yumisaca, F. (2021). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Santa Catalina Programa de Cereales Informe Anual 2021 Mejía-Pichincha-Ecuador.

Garófalo, J., Ponce-Molina, L., & Noroña, P. (2021). Incremento del rendimiento y calidad de grano en germoplasma mejorado de trigo (*Triticum aestivum L.*) del INIAP, en el año 2020. *Revista Alfa*, 5(14), 250–261. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.115>

González Segnana, L. R., Vergara Ocampos, F. A., Grabowski, C., González, R., Arias, O., & Ayala, S. (2015). Incidencia del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en cultivos de trigo (*Triticum spp*) en la región sur del Paraguay. *Investigación Agraria*, 17(1), 60–64. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2015.junio.60-64>

Heredia, D. G. G. (2022). Análisis De Las Importaciones De Trigo En El Ecuador Durante El Periodo 2015-2019.

Holguin Burgos Bertha Patricia, & Alvarado, A. A. A. (2017). Comportamiento de la producción de harina de trigo en Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, I. (2024). Encuestas de las Estadísticas de la producción agropecuaria. Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC.

- Lalama, M. (2014). Materiales de siembra Variedad Chimborazo. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Laurentin, H. (2017). UCLA-2, un nuevo cultivar de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) para los llanos occidentales de Venezuela. *Bioagro*, 29(1), 61–64.
- Lozada, B. M. H. (2022). Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales Ingeniería Agronómica Proyecto De Investigación "Evaluación Del Comportamiento Agronómico De Líneas Promisorias Y La Variedad De Triticale (*x Triticosecale Wittmack*) D.
- Lucia, M. De, & Assennato, D. (2024). La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha. In *Fao.org*.
- MAG. (2024). Con semilla de alta calidad, {MAG} impulsa producción de trigo en Azuay -- Ministerio de Agricultura y Ganadería. In *Gob.ec*.
- Manangón, P. (2014). Evaluación de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 m.s.n.m. Juan Montalvo-Cayambe-2012. *Universidad Politécnica Salesiana*, 111. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6717/1/UPS-YT00040.pdf>
- Manuel, P. O. C. (2022). Universidad Técnica de Cotopaxi. Sistema Biodigestor. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Martinez, V. (2019). Características del trigo. In *Botanical-online*.
- Orozco Mónica. (2023). Subirá el precio del pan tras el fin del "corredor de trigo" para Ucrania? In *Primicias*.
- Panorama, A. (2015). Guía de Manejo del Trigo. In *Panorama {AGROPECUARIO}*.
- Ponce-Molina, L., Campaña Cruz, D. F., Noroña, P., & Garófalo, J. (2020). Actividades de Investigación en Cereales Año 2019 (Issue 175). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5588>
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias -INIAP (ed.); Issue 111).

- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). Trigo (*Triticum aestivum L.*): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos. (Quito, EC:).
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Noroña, P., & Campaña, D. (2021). Actividades de Investigación en Cereales Año 2020. INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5973>
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2022). Manual para la producción sostenible de trigo en la Sierra ecuatoriana (INIAP-FIASA (ed.)). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6016>
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. In INIAP Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, (EC) (Vol. 1, Issue 111). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Quispe, & Cristhian, H. (2021). Universidad Estatal De Bolívar Facultad De Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales Y Del Ambiente Carrera De Ingeniería Agr. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:inPgWQYAw0J:www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/3694/1/TESIS%2520DE%2520GRADO%2520MAIZ%2520SUA%2520VE.pdf+%&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>
- Rébola. (2023). La importancia de cada parte del grano de trigo. In Slow Baking- anishop.
- Saray, G. D. H. (2020). Seguridad Alimentaria y Nutricional. Inseguridad Alimentaria. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvt8h>
- Sotaminga Cueva, J. T. (2023a). Evaluación Del Comportamiento Agronómico De Líneas Promisorias De Trigo (*Triticum aestivum L.*) Del Iniap, Sector Querochaca”.
- Vargas, N. M. F. (2023). Facultad De Ciencias Empresariales Facultad De Ciencias Empresariales. Proceso de Gestion de Compras de La Empresa Cencosud S.A. Metro, 1, 67. <https://bit.ly/3BXwq5b>
- Viera Valencia, L. F., & Garcia Giraldo, D. (2019). Diseños Experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 2).
- Yara. (2018). Desarrollo histórico del trigo. Yara.

Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, *14*(6), 415–421.