



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* EN DOS VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.), EN DOS TIEMPOS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

Autora:

Masabanda Sacatoro Erika Mishell

Tutor:

Chasi Vizquete Wilman Paolo

Cotutor:

Garófalo Sosa Javier Alberto

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Erika Mishell Masabanda Sacatoro, con cédula de ciudadanía No. 0504188897, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina”, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuite, 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, 16 de febrero del 2023.

Erika Mishell Masabanda Sacatoro

Estudiante

C.C. 0504188897

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.

Docente Tutor

C.C. 0502409725

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 **MASABANDA SACATORO ERIKA MISHHELL**, identificada con cédula de ciudadanía **0504188897** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor Cristian Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, 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 Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina”, 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: Abril 2017 - Agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2022 – Marzo 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 03 de junio de 2022.

Tutor: Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

Tema: “Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina”

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 16 días del mes de febrero del 2023.

Erika Mishell Masabanda Sacatoro

LA CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, PhD.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* EN DOS VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.), EN DOS TIEMPOS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”, de Masabanda Sacatoro Erika Mishell, de la carrera de Ingeniería Agronómica, 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, 16 de febrero del 2023

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 0502409725

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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, la postulante: Masabanda Sacatoro Erika Mishell, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* EN DOS VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.), EN DOS TIEMPOS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”**, 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 los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de febrero del 2023.

Lector 1 (Presidente)

Ing. Clever Gilberto Castillo de la Guerra, Mg.

CC: 0501715494

Lector 2

Ing. Edwin Marcelo Chancusig Espín, PhD.

CC: 0501148837

Lector 3

Ing. Emerson Jacome Mogro, Ph.D.

CC: 0501974703

AGRADECIMIENTO

Esta tesis se los debo a los docentes que formaron parte de mi formación académica, en especial a mi tutor por su ayuda incondicional, y a los ingenieros del Programa de Cereales del INIAP por su paciencia y conocimientos impartidos. A mis padres por su apoyo incondicional y por haberme inculcado principios y valores que me han permitido llegar hasta aquí, en mi memoria siempre estará el beneficio que recibí de ustedes, más bien le doy gracias a Dios por mi vida y por la suya, por haberlos puesto en mi camino para ayudarme a construir mis éxitos, sin duda son una bendición; y, por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír y las malas que indudablemente me ayudaron a crecer.

Erika Mishell Masabanda Sacatoro.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis amados padres, por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera y creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mí querida hermana por su amor, paciencia y ayuda incondicional siempre.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante 6 años estuvieron a mi lado dándome aliento y apoyándome a lograr que este sueño se haga realidad.

Erika Mishell

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* EN DOS VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.), EN DOS TIEMPOS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTA SANTA CATALINA”.

AUTOR: Masabanda Sacatoro Erika Mishell.

RESUMEN

La presente investigación se la realizó bajo el Programa de Cereales en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Parroquia Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador. Tuvo como objetivo general de evaluar un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero. Para lo cual se realizó: (1) evaluar la respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las variedades de trigo INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014, (2) identificar la concentración óptima de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de trigo, (3) establecer los tiempos de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de trigo, (4) determinar la respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos niveles de materia orgánica y (5) determinar la interacción entre variedades, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y materia orgánica. Se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial $A \times B \times C \times D + 4N$ (testigos), con un total de 28 tratamientos con 4 repeticiones. Para el análisis de datos se realizó la prueba de bondad de Kolmogorov y la prueba de Kruskal – Wallis, generando ANOVA, tabla de medias y figuras para las variables evaluadas: días al espigamiento, altura de planta, materia verde, materia seca, longitud de espiga, número de granos por espiga, peso de granos y rendimiento, en base al Manual N° 111 de Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales.

Con los datos obtenidos se demostró que *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* concentración 1×10^{11} UFC, con dos tiempos de aplicación (Zadoks 0/Inoculación y Zadoks 50) y el uso de materia orgánica (M2) tuvo el mejor rendimiento con $4444,96 \text{ kg ha}^{-1}$ para el cultivo de trigo variedad INIAP-Vivar 2010 y la concentración de 1×10^{12} UFC, con dos tiempos de aplicación (Zadoks 0/Inoculación y Zadoks 50) y el uso de materia orgánica (M2) obtuvo un rendimiento de $4298,51 \text{ kg ha}^{-1}$ en la variedad de trigo INIAP-Imbabura 2014. Se determinó que el uso de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* la mejor respuesta en las variables rendimiento en trigo INIAP-Vivar 2010 y INIAP-Imbabura 2014.

Palabras clave: Biofertilizante, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, trigo, materia orgánica, bocashi.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “EVALUATION OF A BIOFERTILIZER BASED ON *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* IN TWO IMPROVED VARIETIES OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.), IN TWO APPLICATION TIMES AND WITH THE USE OF ORGANIC MATTER, UNDER A GREENHOUSE AT THE SANTA CATALINA EXPERIMENTAL STATION”.

AUTHOR: Masabanda Sacatoro Erika Mishell

ABSTRACT

This research study was carried out under the Cereals Program at the Santa Catalina Experimental Station (EESC) of the National Institute of Agricultural Research (INIAP) in Cutuglagua Parish, Mejía Canton, Pichincha Province, Ecuador. The general objective was to evaluate a biofertilizer based on *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in two improved varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.), in two application times and with the use of organic matter, under greenhouse. For this purpose, the following was carried out: (1) to evaluate the response of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in the wheat varieties INIAP-Vivar 2010 and INIAP-Imbabura 2014, (2) to identify the optimal application concentration of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in the wheat crop, (3) to establish the application times of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in wheat, (4) to determine the response of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* at two levels of organic matter and (5) to determine the interaction between varieties, biofertilizer concentration, application times and organic matter. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was established, with factorial arrangement AxBxCxD + 4N (controls), with a total of 28 treatments with 4 repetitions. For data analysis, the Kolmogorov goodness test and the Kruskal Wallis test were performed, generating ANOVA, table of means and figures for the evaluated variables: days to heading, plant height, green matter, dry matter, length of spike, number of grains per spike, grain weight and yield, based on Manual No. 111 of Evaluation and Selection Parameters in Cereals. With the data obtained, it was shown that *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* concentration 1×10^{11} CFU, with two application times (Zadoks 0/Inoculation and Zadoks 50) and the use of organic matter (M2) had the best performance with $4444.96 \text{ kg ha}^{-1}$. for wheat variety INIAP-Vivar 2010 and the concentration of 1×10^{12} CFU, with two application times (Zadoks 0/Inoculation and Zadoks 50) and the use of organic matter (M2) obtained a yield of $4298.51 \text{ kg ha}^{-1}$. in the wheat variety INIAP Imbabura 2014. It was determined that the use of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* gave the best response in the wheat yield variables INIAP-Vivar 2010 and INIAP-Imbabura 2014.

Keywords: Biofertilizer, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, wheat, organic matter, bocashi.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	6
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
6. OBJETIVOS.....	8
6.1. Objetivo General.....	8
6.2. Objetivos Específicos	8
6.2.1. Actividades y Sistema de Tareas en Relación con los Objetivos Planteados.....	9
7. FUNDAMENTO CIENTÍFICO TÉCNICO.....	12
7.1. Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.), Origen y Distribución	12
7.2. El Cultivo de Trigo en el Ecuador	12
7.3. Clasificación Taxonómica	13
7.4. Característica Morfológica	13
7.4.1. Sistema Radicular	13
7.4.2. Tallo.....	13
7.4.3. Hoja	14
7.4.4. Inflorescencia.....	14
7.4.5. Flores	14
7.4.6. Granos.....	14
7.5. Ciclo Vegetativo del Cultivo de Trigo	14
7.6. Etapas Fenológicas	17
7.6.1. Germinación	17
7.6.2. Ahijamiento	17
7.6.3. Encañado	17
7.6.4. Espigado	17
7.6.5. Maduración.....	17
7.7. Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo.....	18

7.7.1. Suelo	18
7.7.2. Temperatura.....	19
7.7.3. Humedad.....	19
7.8. Diferentes Aspectos en la Calidad del Trigo	19
7.9. Variedades Mejoradas	19
7.9.1. Variedad de Trigo: INIAP-Vivar 2010.....	19
7.9.2. Variedad de Trigo: INIAP-Imbabura 2014	20
7.10. Características Morfológicas, Agronómicas y de Calidad de las Variedades Mejoradas de Trigo del INIAP	20
7.11. Manejo del Cultivo	21
7.11.1. Selección del Lote	21
7.11.2. Preparación del Suelo	21
7.11.3. Siembra.....	22
7.11.4. Fertilización	22
7.11.5. Control de Maleza	23
7.12. Las Plagas y Enfermedades Más Comunes e Importantes del Trigo	23
7.12.1. Plagas.....	23
7.12.2. Enfermedades	24
7.13. Biofertilizante	26
7.13.1. Tipos de Biofertilizantes Disponibles.....	26
7.14. <i>Bacillus Subtilis</i>	27
7.14.1. Características.....	27
7.14.2. Clasificación	27
7.14.3. Hábitat	28
7.14.4. Mecanismo de Estimulación de Crecimiento de las Plantas	28
7.15. <i>Pseudomonas Fluorescens</i>	28
7.15.1. Características.....	29
7.15.2. Clasificación	29
7.15.3. Hábitat	29
7.15.4. Mecanismos de Promoción Directa del Crecimiento Vegetal.....	30
7.16. Materia orgánica.....	30
7.16.1. Bocashi	31
8. HIPÓTESIS	32
8.1. Hipótesis Nula	32
8.2. Hipótesis Alternativa	32

9. UBICACIÓN	33
9.1. Ubicación de la Investigación Experimental	33
9.2. Mapa de Ubicación	33
10. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	34
10.1. Materiales	34
10.1.1. Material Experimental	34
10.1.2. Materiales de Invernadero	34
10.1.3. Materiales de Laboratorio.....	34
10.1.4. Materiales de Oficina	35
10.2 Metodología.....	36
10.2.1. Tipo de Investigación	36
10.2.2. Modalidad Básica de la Investigación	36
10.3. Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	36
10.4. Factores en Estudio.....	37
10.5. Tratamientos	38
10.6. Unidad Experimental.....	39
10.7. Variables y Métodos de Evolución.....	39
10.7.1. Variables Agronómicas y Variables de Post-cosecha Evaluadas.....	40
10.7.2. Variables a Evaluar en Postcosecha.	41
10.7. Distribución.	41
10.7.1. Distribución de las Unidades Experimentales.....	41
10.7.2. Diseño del Ensayo en Invernadero.	42
11. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.	42
11.7. Fase I: Campo.....	42
11.7.1. Selección y Recolección del Suelo.....	42
11.7.2. Esterilización del Suelo.	42
11.7.3. Preparación de la Semilla.	42
11.7.4. Preparación de Sustrato.	43
11.7.5. Inoculación de Semillas en el Biofertilizante.	43
11.7.6. Siembra.....	43
11.7.7. Riego.....	43
11.7.8. Aplicación Complementaria del Biofertilizante.....	43
11.7.9. Muestreo de Suelo para Conteo de Población <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	43
11.7.10. Cosecha.....	43
11.7.11. Peso Materia Verde y Seca.	44

11.8. Fase II: Laboratorio	44
11.8.1. Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonia	44
11.8.2. Preparación Previa de Muestras de Suelo para el Conteo de UFC.....	44
11.8.3. Conteo de UFC.....	45
11.8.4. Interpretación de Resultados	45
12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
12.1. Variables Agronómicas y Morfológicas.....	46
12.1.1. Días de Espigamiento (Días)	48
12.1.2. Altura de Planta (AP)	51
12.1.3. Cantidad de Materia Verde (raíz, follaje, grano) (g)	54
12.1.4. Materia Seca (raíz, follaje, grano) (g).....	57
12.2. Variables de rendimiento.....	60
12.2.1. Longitud de Espiga (LE)	62
12.2.2. Número de Granos por Espiga (GxE).....	65
12.2.3. Peso de Grano (PG)	68
12.2.4. Rendimiento kg ha ⁻¹	71
12.3. Unidades Formadoras de Colonia (UFC×gr ⁻¹).	74
12.4. Análisis de suelo.....	78
13. CONCLUSIONES.....	79
14. RECOMENDACIONES	80
15. REFERENCIAS	81
16. ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	9
Tabla 2 Clasificación taxonómica de <i>Triticum aestivum</i> L.	13
Tabla 3 Escala descriptiva de las etapas fenológicas del trigo desde la germinación hasta la madurez de cosecha	15
Tabla 4 Valores de referencia de características químicas ideales de un suelo para el cultivo de trigo	18
Tabla 5 Características morfológicas de las variedades mejoradas de trigo del INIAP	20
Tabla 6 Características agronómicas de las variedades mejoradas de trigo de INIAP	21
Tabla 7 Características de calidad de trigo del INIAP	21
Tabla 8 Cantidad de semilla para siembra manual y mecanizada para diferentes superficies de terreno	22
Tabla 9 Fertilización y época de aplicación	23
Tabla 10 Clasificación taxonómica de <i>B. subtilis</i>	27
Tabla 11 Clasificación taxonómica de <i>P. fluorescens</i>	29
Tabla 12 Esquema ADEVA del ensayo de la evaluación del biofertilizante a base de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en dos variedades de trigo	37
Tabla 13 Descripción de tratamientos para evaluación del biofertilizante a base de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en dos variedades de trigo	38
Tabla 14 Representación visual de la ubicación de las unidades experimentales (macetas) del ensayo, repetición uno (R1)	41
Tabla 15 Representación gráfica de la ubicación de las unidades experimentales	42
Tabla 16 Medias de las variables agronómicas evaluadas	46
Tabla 17 Media de las variables agronómicas evaluadas con relación a factor en estudio ..	47
Tabla 18 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “días de espigamiento” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	48
Tabla 19 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Altura de Planta” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	51
Tabla 20 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Materia verde” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	54

Tabla 21 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Materia verde” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	57
Tabla 22 Promedio de las variables de rendimiento evaluadas	60
Tabla 23 Media de las variables de rendimiento evaluadas con relación a factor en estudio	61
Tabla 24 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Longitud de espiga” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	62
Tabla 25 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Número de Granos por Espiga” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	65
Tabla 26 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Peso de Grano” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	68
Tabla 27 Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Rendimiento kg/ha-1” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis	71
Tabla 28 Resumen de medias de conteo de UFC×gr-1	74
Tabla 29 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para el conteo de unidades formadoras de colonia (UFC×gr-1)	75
Tabla 30 Análisis de suelo del ensayo de un biofertilizante a base de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en dos variedades mejoradas de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Media de los datos de la variable “Días de Espigamiento” de cada tratamiento	50
Figura 2	Medias de los valores para la variable de “Altura de planta” de cada tratamiento	53
Figura 3	Medias de los valores para la variable de “Materia Verde” de cada tratamiento	56
Figura 4	Medias de los valores para la variable de “Materia Seca” de cada tratamiento.....	59
Figura 5	Medias de los valores para la variable de “Longitud de Espiga” de cada tratamiento	64
Figura 6	Medias de los valores para la variable de “Número de Granos” de cada tratamiento	67
Figura 7	Medias de los valores para la variable de “Peso de Grano” de cada tratamiento	70
Figura 8	Medias de los valores para la variable de “Rendimiento en kg ha ⁻¹ ” de cada tratamiento	73
Figura 9	Medias de los valores para la variable de “Conteo de UFC” de cada tratamiento.....	77

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina”.

Fecha de inicio:

Mayo 2022.

Fecha de finalización:

Enero 2023.

Lugar de ejecución:

Estación Experimental Santa Catalina – Parroquia Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.

Institución que auspicia / unidad académica / carrera:

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) / Facultad de Ciencias Agronómicas y Recursos Naturales / Ingeniería Agronómica.

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto de Vitrinas Tecnológicas

Equipo de trabajo:

Tutor: Ingeniero Mgs. Wilman Paolo Chasi Vizuete.

Cotutor: Ingeniero Mgs. Javier Alberto Garófalo Sosa

Lector 1: Ingeniero Mgs. Clever Castillo de la Guerra

Lector 2: Ing. PhD. Edwin Marcelo Chancusig Espín

Lector 3: Ing. PhD. Emerson Javier Jácome Mogro

Autor: Erika Mishell Masabanda Sacatoro.

Área de conocimiento:

Agricultura

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad Alimentaria.

Sublínea de investigación:

Producción Agrícola Sostenible.

Línea de vinculación:

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

Convenio:

El trabajo de investigación se sustenta en el convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Universidad Técnica de Cotopaxi – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En esta investigación se evaluó un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo condiciones de invernadero. además, se estableció el mejor tratamiento con un rendimiento superior como alternativa para producción de grano. Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en un arreglo factorial AxBxCxD + 4N (testigos), resultando 28 tratamientos con 4 repeticiones. En el análisis estadístico se realizó análisis de varianza no paramétrica de Kruskal – Wallis. Durante el experimento se evaluaron diferentes variables agronómicas, morfológicas y variables de postcosecha identificando la concentración óptima de aplicación del biofertilizante en el cultivo, el tiempo de aplicación y la mejor respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en suelos con dos niveles de materia orgánica.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En Ecuador, la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.) ha disminuido drásticamente en estos últimos años, solo abastece el 2 % de la necesidad, razón por la cual el país es importador del 98% de trigo. A medida que la población crece, la demanda del consumo de trigo aumenta y en la actualidad la estrategia para producir más alimentos no está encaminada a incrementar la superficie de cultivo, sino, la de incrementar los rendimientos por unidad de superficie utilizando fertilizantes químicos. El uso indiscriminado de fertilizantes químicos en el suelo además de reducir la calidad de productos agrícolas provoca deterioro de la estructura del suelo, afecta a la microfauna por ende se busca remplazar la fertilización química con la utilización de biofertilizantes (Yanez, 2020).

Sánchez, (2016) menciona que a medida que la población crece, la demanda del consumo de trigo aumenta y en la actualidad la estrategia para producir más alimentos no está encaminada a incrementar la superficie de cultivo, sino, la de incrementar los rendimientos por unidad de superficie utilizando fertilizantes sintéticos que dañan el medio ambiente y la salud humana. Bajo este contexto surge la necesidad de suplir fertilizante sintético por fertilizantes biológicos o biofertilizantes como una alternativa importante para frenar el uso excesivo de fertilizantes químicos.

El Bocashi ha sido utilizado como abono orgánico por los agricultores japoneses desde hace ya muchos años. Este abono se deja descomponer en un proceso aeróbico (de manera natural) de materiales de origen animal o vegetal. Su uso activa mejora la calidad del suelo y aumenta la cantidad de microorganismos en el mismo también suple a las plantas con nutrimentos (Ramos, D., & Terry, E., 2014)

Las bacterias del género *Bacillus* fue reportado por primera vez por Cohn en 1872, quien lo describió como bacterias productoras de endosporas resistentes al calor. Actualmente, el género se sabe que pueden clasificarse en distintos grupos, siendo los más destacados: *Bacillus subtilis*. En las últimas décadas, se ha descrito el efecto que ejerce en el control de organismos fitopatógenos, evitando así el establecimiento de éstos en la raíz (Tejera-Hernández et al., 2011). El microorganismo ha demostrado también efectos positivos sobre los factores determinantes para la producción agrícola como el mejoramiento de la estructura del suelo, contribuye en la reducción de amoníaco, la disminución de aluminio y el aumento de fósforo que toman las plantas, bajo este argumento la utilización *Bacillus subtilis* en la agricultura es una alternativa amigable para solubilizar uno de los nutrientes esenciales que participa en la fotosíntesis de las plantas.

Las bacterias de los géneros *Pseudomonas* son de los grupos más estudiados porque tienen la capacidad de producir reguladores del crecimiento vegetal y otros metabolitos con efecto antagónico y represivo del crecimiento de patógenos en la rizosfera que atacan a cultivos de importancia económica (García-Santoya et al., 2020).

La presente investigación se basa en el uso de un biofertilizante a base de un consorcio bacteriano de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en cultivos de interés agronómico como el trigo (*Triticum aestivum* L). Existen estudios realizados en tomate, fréjol, maíz, soya, entre otros, cuyos resultados muestran un incremento de rendimiento por lo que motivó a realizar la presente investigación, cabe manifestar que no se han realizado estudios relacionados en el cultivo trigo.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos: Universidad Técnica de Cotopaxi y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Beneficiarios indirectos: Agricultores del sector y estudiantes de la Carrera de Agronomía.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trigo es uno de los cultivos considerado la base de la alimentación para la creciente población mundial, las prácticas de agricultura sostenible son cruciales para lograr el objetivo del hambre cero. En el Ecuador, la producción de trigo no abastece las necesidades del mercado, la producción de trigo es cada vez más escasa, el alto consumo de la harina de trigo no puede ser cubierto por la producción nacional y la actualidad nuestro país importa el 98% del trigo que se consume (Tipanluisa. F. et al., 2014; Garófalo et al., 2018).

Esta realidad refleja una problemática para los consumidores y el sector industrial que depende de proveedores internacionales. El bajo rendimiento del cultivo de trigo es el resultado de la interacción entre factores edáficos, ambientales, genéticos y tecnológicos; sin embargo, el factor ambiental siempre prevalece por sobre los demás (Ferraris, 2009; García & Díaz, 2006; Garófalo et al., 2018).

En el Ecuador existen suelos bajos en nutrientes, por ende, los agricultores aplican fertilizantes inorgánicos en los cultivos y la aplicación de fertilizantes orgánicos o biofertilizantes en el cultivo de trigo es casi nula. El sector agrícola está muy preocupado por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos que ponen en riesgo la salud pública, además, genera diversos problemas en la naturaleza como, por ejemplo, la acidificación del agua, el daño a la capa de ozono y el efecto invernadero (María, F. et al., 2021).

Bajo este contexto, uno de los enfoques más importantes en la agricultura sostenible es el uso de microbios en la promoción del crecimiento vegetal y al mismo tiempo es fundamental comprender el papel de los microorganismos en control de enfermedades (Jaiswal et al., 2022). Por tal motivo, algunas especies bacterianas son consideradas excelentes candidatos, tal como *Pseudomonas fluorescens*. Esta especie bacteriana habita la rizosfera, promueve el crecimiento vegetal y exhibe una gran capacidad de adaptación y colonización a diferentes tipos de suelos (García-Santoya et al., 2020).

El género *Bacillus* es secretor de proteínas y metabolitos eficientes, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético; así mismo participa en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de consorcios microbianos. La combinación de ambas bacterias sumada la materia orgánica es una opción amigable para el suelo y al ambiente y que da respuesta a la necesidad de implementar la agricultura sostenible (Corrales L., et al., 2017).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina.

6.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las variedades de trigo INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014.
- Identificar la concentración óptima de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de trigo.
- Establecer los tiempos de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de trigo.
- Determinar la respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en suelos con dos niveles de materia orgánica.
- Determinar la interacción entre variedades, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y materia orgánica.

6.2.1. Actividades y Sistema de Tareas en Relación con los Objetivos Planteados

Tabla 1

Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo 1	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Evaluar la respuesta de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en las variedades de trigo INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del sustrato suelo. • Selección de semillas de dos variedades de trigo de buena calidad • Inoculación de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en las semillas de dos variedades de trigo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustrato suelo. • Semillas de dos variedades de trigo inoculadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías • Libro de campo • Tabla de media de variables x VARIETADES
Objetivo 2	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Identificar la concentración óptima de aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en el cultivo de trigo.	<ul style="list-style-type: none"> • C 1 (1×10^{10} UFC) de <i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas inoculadas en concentración correspondiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías. • Libro de campo

- C 2 (1×10^{11} UFC) de *B. subtilis* + *P. fluorescens*.
 - C 3 (1×10^{12} UFC) de *B. subtilis* + *P. fluorescens*.
- Segunda aplicación (concentraciones 1, 2, y 3.) de *B. subtilis* + *P. fluorescens*.
- Tabla de media de variables x CONCENTRACIÓN.

Objetivo 3	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Establecer los tiempos de aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en el cultivo de trigo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo 1 (Zadoks 0): Inoculación de <i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> en semillas de trigo. • Tiempo 2 (Zadoks 50): Aplicación de <i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas inoculadas en tiempo 1. • Plantas aplicadas <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en Zadoks 50. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías, libro de campo • Tabla de media de variables x TIEMPO DE APLICACIÓN.
Objetivo 4	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación

Determinar la respuesta de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en suelos con dos niveles de materia orgánica.	<ul style="list-style-type: none"> Nivel 1: 100% suelo y 0% materia orgánica. Nivel 2: 50% suelo y 50% materia orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> Unidades formadoras de colonias (UFC*gr⁻¹). Rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Libro de campo, fotografías. Tabla de media de variables x MATERIA ORGÁNICA. UFC*gr⁻¹ de suelo
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Objetivo 5	Actividad.	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Determinar la interacción entre variedades, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y materia orgánica.	Evaluar datos estadísticos en los distintos tratamientos.	<ul style="list-style-type: none"> Peso de grano Numero de grano/espiga. Rendimiento kg ha⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Libro de campo. Fotografía. Rendimiento kg ha⁻¹. Resultados y discusiones.

Fuente: Autor, 2023.

7. FUNDAMENTO CIENTÍFICO TÉCNICO

7.1. Trigo (*Triticum aestivum* L.), Origen y Distribución

La especie *Triticum aestivum* L. es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas, es originario de la región asiática comprendida entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente (SIAP, 2018). SIAP, (2015) menciona que las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre datan más de doce mil años, eran del tipo *Triticum monococcum* y *T. dicocccum*. Se caracterizaba fundamentalmente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar (Tipanluisa & Espinosa, 2014). Desde el inicio de la civilización, esta especie de cereal ha sido uno de los alimentos más importantes de la población humana y animal (Villaseñor et al., 2020). Este cultivo históricamente ha formado parte del desarrollo económico y cultural del hombre, el trigo se difundió por todo el mundo convirtiéndose en el cereal más cultivado con poco más del 17% de la superficie de tierra cultivada (SIAP, 2015).

7.2. El Cultivo de Trigo en el Ecuador

El Fray Jodoco Ricke, es a quien se le atribuye ser el primer hombre en introducir trigo al Ecuador en la época de la conquista y colonización, en el año 1535 (Rodríguez C., 2000; Manangón et al., 2014). Este cultivo junto con el maíz, arroz y la cebada se convirtieron en los cereales de mayor importancia en Ecuador (Tipanluisa & Espinosa, 2014). Para el siglo XX, los planes de desarrollo agrícola incluyeron al trigo como cultivo prioritario, que en el año 1954 alcanzó una superficie aproximada de 150 mil hectáreas, dieciséis años después el área disminuyó un 50.6% a 76 mil hectáreas (J. , Garófalo et al., 2018).

El Ecuador, caracterizado por ser rico en recursos naturales, y llegando a ser considerado un país biodiverso, resulta difícil entender que el país no pueda ser caracterizado por exportador de trigo (Rios & Ramiro, 2020). El bajo promedio de rendimiento reportado se debe a una serie de factores que, entre los principales, se menciona la escasez de semilla certificada, inadecuado manejo del cultivo, falta de asesoría técnica y degradación de suelos (Falconí, 2008). Además, los factores políticos y económicos alentaron la importación de grano (Garófalo, J. et al., 2018).

Ponce et al., (2015) mencionan que en los últimos años el trigo ha tenido un modesto resurgimiento apuntalado por los programas de gobierno que buscan disminuir las importaciones. A pesar de ello, la producción nacional representa apenas el 1 al 2 % de la demanda nacional (Garófalo, et al., 2011; SINAGAP, 2016)

7.3. Clasificación Taxonómica

Tabla 2 Clasificación taxonómica de *Triticum aestivum* L.

Clasificación taxonómica de Triticum aestivum L.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Supertribu:	Triticodae
Género:	Triticum L
Especie:	aestivum, durum o turgidum
Nombre científico:	Triticum aestivum L.
Nombre común:	Trigo, trigo harinero.

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente: (Torres, 2002; CIMMYT, 2011).

7.4. Característica Morfológica

7.4.1. Sistema Radicular

El trigo al igual que muchas monocotiledóneas tiene raíz fasciculada y adventicia que se desarrollan en la base del tallo, su función es colaborar en las primeras fases del desarrollo de la planta. La longitud de estas puede ser variados debido a las condiciones del suelo tales como; la textura del terreno, la época de siembra, la cantidad de lluvia caída en las primeras fases de su desarrollo (Carrera, 2005). Pueden alcanzar una profundidad de 25 a 60 cm (Ysabel et al., 2018).

7.4.2. Tallo

El tallo es recto y cilíndrico de tipo herbáceo se alarga durante el encañado y lleva de 4 a 6 hojas envainadoras a lo largo de la longitud del mismo. En casi todas las variedades, el tallo que es al principio macizo se vuelve después hueco salvo en los nudos (Guerrero, 1999). Zaruma & Jarrín, (2011) mencionan: “*El seudotallo del trigo alcanza una altura entre 0,5 a 1,2 metros de altura dependiendo de la variedad y el manejo del cultivo*”.

7.4.3. Hoja

Las hojas son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta con una longitud de 15 a 25 cm, se disponen alternas en dos filas a lo largo del tallo. En la unión del limbo y la vaina existe una pequeña lámina membranosa no vascular, denominada lígula que impide la entrada de agua o los insectos a los tejidos meristemáticos (Guerrero, 1999).

7.4.4. Inflorescencia

Al finalizar el desarrollo del tallo aparece la espiga envuelta en la última hoja. Las espigas están compuestas de 15 a 25 espiguillas que se presentan dispuestas alternamente a derecha e izquierda o dependiendo de la variedad en torno a un raquis (Guerrero, 1999).

7.4.5. Flores

Cada flor está compuesta por tres estambres y por dos estigmas que nacen directamente del ovario. El trigo es una planta autógama, es decir, que la fecundación de la flor se produce antes que su apertura completa de la última hoja. Cuando las antenas aparecen al exterior, la flor ya está fecundada por lo que cada variedad de trigo conserva sus características agronómicas y hereditarias de forma notablemente constante (Carrera, 2005).

7.4.6. Granos

El fruto es monospermo de forma ovalada y está protegido por el pericarpio, el resto que es en su mayor parte del grano está formada por el endospermo, el endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano (Carrera, 2005).

7.5. Ciclo Vegetativo del Cultivo de Trigo

El manejo agronómico del cultivo de trigo es difícil de implementar por todos los procesos que suceden en las diversas etapas fenológicas desde la siembra hasta la cosecha (Garófalo J., et al., 2018). Estas etapas se distinguen en tres períodos: (1) Período vegetativo: que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado. (2) Período de reproducción: desde el encañado hasta la terminación del espigado. (3) Período de maduración: que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección (Zadoks, et. al., 1974).

Para identificar las etapas de crecimiento de los cereales, Zadoks, et. al., (1974) han codificado el estado morfológico externo del cultivo (desde la etapa vegetativo hasta el reproductivo). En escala de 10 fases (“Z0.0 siembra, Z1.0 la semilla germina, el coleóptilo

emergido alcanza la superficie del suelo, Z1.3 y Z2.1 el cultivo tiene 3 hojas en el tallo principal; aparece el primer macollo, Z3.1 primer nudo perceptible inicio de encañado Z3.9 hoja bandera totalmente emergida Z5.5 el 50% de la espiga es visible; en Z6.0 toda la espiga es visible, Z7 Grano lechoso, Z8 estado pastoso del grano y Z9.9 madurez de cosecha”) (Zadoks, et. al., 1974; Rawson, 2001).

Tabla 3

Escala descriptiva de las etapas fenológicas del trigo desde la germinación hasta la madurez de cosecha

0	Germinación
7	Emergencia del coleóptilo
9	Hoja en el extremo del coleóptilo
1	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
2	Macollaje
21	Un tallo principal y un macollo
23	Un tallo principal y tres macollos
25	Un tallo principal y cinco macollos
27	Un tallo principal y siete macollos
3	Elongación del tallo
31	Primer nudo detectable
32	Segundo nudo detectable
33	Tercer nudo detectable
37	Hoja bandera visible
39	Lígula de hoja bandera visible
4	Preemergencia floral
41	Vaina de la hoja bandera extendida
45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
47	Vaina de la hoja bandera abierta
49	Primeras aristas visibles

5	Emergencia de la inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
6	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis completa
7	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
8	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
9	Madurez
91	Cariopse duro (difícil de dividir)
92	Cariopse duro (no se marca con la uña)

Fuente: (Garófalo et al., 2018; Zadoks, et al., 1974)

Nota: Moreno et al., (2001), mencionan: “*El número de hojas, macollos, nudos y sub-estados de grano lechoso, pastoso, madurez y dormancia varían con el genotipo, latitud, altitud, clima y manejo*”. El periodo vegetativo ronda entre 160 y 180 días dependiendo la variedad.

7.6. Etapas Fenológicas

7.6.1. Germinación

La facultad germinativa del trigo se mantiene durante un periodo de cuatro a diez años, aunque prácticamente la duración del periodo de utilización no debe sobrepasar los dos años, ya que disminuye la capacidad germinativa. La germinación inicia gracias a una fase previa de imbibición después de la siembra en ambiente húmedo a temperaturas entre 20- 25°C, pero puede germinar desde los 3-4°C hasta los 30-32°C (Carrera, 2005; Núñez, 1997).

7.6.2. Ahijamiento

Molina. T, (1950) indica que el trigo como otras gramíneas, produce varios tallos partiendo de una sola semilla. Este hecho le conoce como amacollado o ahijamiento, el resultado es una planta ramificada desde la base.

7.6.3. Encañado

Estado del desarrollo cuando la espiga emerge de la vaina que la encierra. La fase de la aparición parcial a total también se llama emergencia de la espiga. En esta fase “*la actividad fisiológica es mayor, con una transpiración y una extracción de humedad y alimentos del suelo que llegan al máximo*” (Pilataxi. S. et al., 2013). Se estima que las plantas elaboran $\frac{3}{4}$ partes de su materia seca total entre el ahijamiento y la floración (Guerrero, 1999).

7.6.4. Espigado

El periodo de "espigado" es el de máxima actividad fisiológica, con una transpiración y una extracción de humedad y alimentos del suelo. Los azúcares de las hojas inferiores van emigrando a los granos de trigo que se forman mientras las hojas se van secando. La cantidad de agua necesaria para transportar a los granos de trigo las sustancias de reserva, hace que las raíces desequen la tierra con facilidad, por ello el riego en esta fase resulta muy importante.(Tipanluisa. F. et al., 2014)

7.6.5. Maduración

Es la última fase del ciclo y corresponde a la acumulación del almidón en el grano, este almidón procede de la fotosíntesis que prosigue aun en las últimas hojas y en la espiga. En esta etapa la movilización de los últimos recursos de agua disponible para la emigración de los glúcidos y prótidos se perjudica y ocurre el fenómeno del “asurado”, quedando los granos

arrugados por no poder acumular el máximo de reservas. El peso hectolítrico del grano suele variar entre 76 y 82 kg/hl (Carrera, 2005; Espinoza et al., 2014).

7.7. Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo

7.7.1. Suelo

El trigo requiere suelos franco arcillosos y franco arenoso para el buen desarrollo del sistema radicular o suelos preferentemente bien drenados, profundos de texturas medias, y con características químicas que permitan su adaptación, las cuales se indican en la Tabla 3 a modo de referencia. Según INIAP, (2005) el pH de suelo óptimo para el desarrollo del cultivo trigo es entre 6,5 a 7,5.

Tabla 4

Valores de referencia de características químicas ideales de un suelo para el cultivo de trigo

Elemento o Variable analizada	Unidad de medida	Nivel adecuado
Materia orgánica	%	mayor a 1,5
pH (al agua) 1:2,5	6,5 - 7,5
Nitrógeno disponible	mg/kg o ppm	mayor 20
Fosforo disponible (Olsen)	mg/kg o ppm	mayor a 15
Potasio intercambiable	cmol (+)/kg	0,3 - 0,8
Calcio intercambiable	cmol(+)/kg	de 3 - 12
Magnesio intercambiable	cmol(+)/kg	0,7 -3,0
Sodio intercambiable	cmol(+)/kg	0,03 - 0,1
Suma de bases	cmol(+)/kg	mayor a 5
Saturación de bases	%	60 - 80
Saturación de Aluminio	%	menor a 5
Hierro disponible	mg/kg o ppm	de 2 - 4
Manganeso disponible	mg/kg o ppm	de 1 - 2
Zinc disponible	mg/kg o ppm	de 1 - 2
Cobre disponible	mg/kg o ppm	0,5 - 1
Boro disponible	mg/kg o ppm	de 1 - 2

Fuente: (Hirzel, 2004).

7.7.2. Temperatura

La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado a otro en su ciclo de vida (Soto et al., 2009). Este cereal desde la emergencia hasta la floración y madurez acumula cantidad de temperatura denominada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados-días (Shewry, 2012).

Soto, (2009) menciona que el trigo requiere un acumulado entre 1800 y 2400°C para completar su ciclo biológico; para completar la fase vegetativa requiere entre 1100 y 1400°C, mientras que para la fase reproductiva entre 700 y 970°C. La temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del trigo está entre 10 y 24°C (Pilataxi. M. et al., 2013).

7.7.3. Humedad

El trigo puede desarrollarse bien con 300 ó 400 mm de precipitación, siempre que la distribución sea adecuada. Comúnmente se cultiva en regiones de 400 a 750 mm de precipitación anuales (Tsvey et al., 2021). Aunque existen cultivos en regiones con precipitaciones de hasta casi 3000 mm (CIMMYT, 2011).

7.8. Diferentes Aspectos en la Calidad del Trigo

La calidad de trigo se define por potencial de rendimiento y apetencia del mercado. Para que el trigo tenga un buen potencial en rendimiento el agricultor deberá proveerse de semillas certificadas. Estas semillas deberán poseer las siguientes características: mayor número de espigas, mayor número de espiguillas y que estas tengan máxima fertilidad produciendo mayor número de granos por espiga. Para la industria molinera se establecen cualidades como: granos con ausencia de parásitos o enfermedades fúngicas, mayor peso hectolítrico, buen contenido de proteínas y mayor rendimiento en harina (Mancipe-Muñoz et al., 2021).

7.9. Variedades Mejoradas

7.9.1. Variedad de Trigo: INIAP-Vivar 2010

Introducida en el Ecuador en el año 2003 por el Programa de Cereales de la EEA y liberada como variedad en el año 2010. Esta variedad proviene del CIMMYT (México), donde fue registrada como BERKUT, con el siguiente pedigrí: Irena/Babax/Pastor y con un historial de selección: CMSS96M05638T-040Y-26M-010SY-010M-010SY-4M-0Y-011Y, posee

características de alto rendimiento, adaptación, calidad panificadora y es resistente a principales enfermedades del cultivo (Coronel Becerra et al., 2010).

7.9.2. Variedad de Trigo: INIAP-Imbabura 2014

Introducida en el Ecuador en el año 1999 en el vivero High Rainfall Wheat Screening Nursery, desarrollada en CIMMYT, registrada como TINAMOU, con el historial de selección: CM 81812-12Y-06PZ-4Y-1M0Y-5M-0Y-3SJ-0Y-0E-0E-0E. Esta variedad con características deseables formó parte de ensayos de rendimiento en la EESC y liberada como la variedad INIAP-Imbabura 2014 en el año 2014 (Falconí-Castillo et al., 2014).

7.10. Características Morfológicas, Agronómicas y de Calidad de las Variedades Mejoradas de Trigo del INIAP

Tabla 5

Características morfológicas de las variedades mejoradas de trigo del INIAP

CARACTERÍSTICAS	INIAP-Vivar 2010	INIAP-Imbabura 2014
Número de macollos/ Número de espigas por m ²	6 – 10 macollos por planta	300 m ²
Número de granos por espiga	57	45
Tipo de grano	Barbada compacta	Oblongo
Tipo de espiga	Oblongo	Compacta
Color de grano	Blanco	Rojo
Tipo de tallo	Tolerante al vuelco	Resistente al acame
Altura de planta	85-95	105
Tamaño de espiga	2- 12	11

Fuente: (Coronel B. et al., 2010; Falconí-Castillo et al., 2014a).

Tabla 6*Características agronómicas de las variedades mejoradas de trigo de INIAP*

CARACTERÍSTICAS	INIAP-Vivar	INIAP-Imbabura
	2010	2014
Ciclo vegetativo (días)	165-175	160-180
Días de espigamiento	80-90	85
Rendimiento Tn/ha	5-6	4.0
Peso de 1000 granos (gr)	46	45
Resistencia a roya amarilla	Intermedia	Parcial
Fusarium	Resistente	Parcial
Resistencia a roya de la hoja	Resistente	Parcial

Fuente: (Coronel B. et al., 2010; Falconí-Castillo et al., 2014a).

Tabla 7*Características de calidad de trigo del INIAP*

CARACTERÍSTICAS	INIAP-Vivar	INIAP-Imbabura
	2010	2014
Proteína (%)	13,2	12,7
Fibra (%)	3,1	3,6
Peso hectolitro kg/kl ⁻¹	76	79,5
Rendimiento harinero (%)	Buena	72
Extracto libre de nitrógeno (%)	79,7	80,2

Fuente: (Coronel B. et al., 2010; Falconí-Castillo et al., 2014a).

7.11. Manejo del Cultivo

7.11.1. Selección del Lote

El lote seleccionado para la producción del trigo debe ser la mejor que posea, no debe haber sido cultivado con ningún cereal el ciclo anterior, el terreno debe tener una pendiente que no supere el 5%, se debe seleccionar un lote que en el ciclo anterior se haya cultivado leguminosas (Garófalo, J. et al., 2011).

7.11.2. Preparación del Suelo

Se debe realizar con anticipación, solo así se puede garantizar la descomposición de la maleza o abono orgánico por otra parte una buena remoción del suelo durante la preparación ayudará controlar plagas que pueden existir en el terreno (Garófalo, J. et al., 2011).

7.11.3. Siembra

Debe realizarse en la época lluviosa en la zona, planificando que la cosecha coincida con la época seca para evitar pérdidas de grano, en forma general, los meses de siembra en el norte y el sur del Ecuador son entre febrero y marzo y en el centro del país los meses noviembre y diciembre.

Al momento de realizar la siembra, es preciso que el suelo esté húmedo para garantizar la germinación. La siembra se realiza (1) al voleo (siembra manual): es aquella en la cual las semillas se esparcen sobre la cama de siembra sin un orden determinado (al azar) o en (2) líneas o surcos (siembra mecanizada): es aquella en la cual la semilla se deposita sobre la cama de siembra manteniendo una distancia regular entre las líneas sembradas. La profundidad de siembra no debe superar los 5cm (Garófalo, J. et al., 2011).

Tabla 8

Cantidad de semilla para siembra manual y mecanizada para diferentes superficies de terreno

Siembra Manual				
Superficie			Cantidad	
m²	ha	qq	lb	kg
1000	0,10	0,40	40,00	18,00
5000	0,50	2,00	200,00	90,00
10000	1,00	4,00	400,00	180,00
Siembra Mecanizada				
Superficie			Cantidad	
m²	ha	qq	lb	kg
1000	0,10	0,33	33,00	15,00
5000	0,50	1,65	165,00	75,00
10000	1,00	3,30	330,00	150,00

Fuente: (Garófalo, J. et al., 2011).

7.11.4. Fertilización

La fertilización del suelo debe basarse en el análisis físico-químico del mismo, si no dispone de esto el agricultor puede basarse en recomendaciones básicas de nutriente que demanda el cultivo de trigo (Grijalva Contreras et al., 2016).

Tabla 9*Fertilización y época de aplicación*

Época de aplicación	Fertilizante	Cantidad		
		10000 m ² (1 ha)	5000 m ² (0,5 ha)	1000 m ² (0,1 ha)
A la siembra	11-52-00	2 sacos/100 kg	1 saco/50 kg	0,2 sacos/10kg
	y Sulpomag	3 sacos/150 kg	1,5 sacos/75 kg	0,3 sacos/15 kg
	10-30-10	4 sacos/200kg	2 sacos/100 kg	0,4 sacos/20kg
Al macollamiento (30-45 días después de la siembra)	y Sulpomag	2 sacos/100 kg	1 saco/50 kg	0,2 sacos/15 kg
	Úrea	3 sacos/150 kg	1,5 sacos/75 kg	0,3 sacos/15 kg

Fuente: (Garófalo, J. et al., 2011).

7.11.5. Control de Maleza

La densidad y método de siembra tienen un efecto directo en la población de malezas.

7.11.5.1. Métodos de Control.

- **Mecánico.** Se realiza con las labores de preparación del suelo como el barbecho, y rastreo los cuales disminuyen la maleza.
- **Manual.** Se eliminan malezas más grandes, esta labor se debe realizar después del macollamiento Autor: (Garófalo, J. et al., 2011).
- **Químico.** Requiere que antes de usarlo evalúe el grado de infestación y el tipo de maleza presente y la aplicación de herbicida específico del cultivo.

7.12. Las Plagas y Enfermedades Más Comunes e Importantes del Trigo

7.12.1. Plagas

7.12.1.1. Gusano de Alambre, Alambrillo, Doradilla (*Agriotes sp*): Son larvas cilíndricas, alargadas de 20 mm en su máximo estado de desarrollo, brillantes y de color amarillo anaranjadas, en su fase adulta tiene cuerpo castaño negro (Torres Suárez, G et al., 2022). “Es una de los insectos más perjudiciales por los perjuicios que ocasiona y la gran cantidad de cultivos que ataca” (Dughetti, A. et al., 2013). La fase crítica va desde la siembra

hasta el ahijamiento (se alimentan de las raíces del cultivo) generando pérdidas de la misma, en su fase adulta se alimentan del follaje. Se desarrollan en suelo húmedo y temperatura moderada entre 18 a 34 °C.

7.12.1.2. Limaco o Babosa de Cereales (*Deroceras sp.*): Tamaño medio de entre 40 y los 60 mm de longitud, de color blanco lechoso, castaño o gris, Los principales daños causados por estas babosas ocurren durante la etapa de establecimiento de los cultivos, ya que consumen el endosperma de las semillas y dañan las raíces, el ápice vegetativo provocando la deficiencia en el crecimiento de las plantas o su total desaparición debido a la ingesta completa, se desarrollan en suelos húmedos entre el 40% y 80% con temperaturas que varíen entre el 5 y 20 °C (Velázquez-Montes de Oca et al., 2014)

7.12.1.3. Pulgones (*Cavariella aegopodii*, *Aphis spp.*, *Myzus persicae*): Estos áfidos “son de color verde a verde amarillento, algo ovales y alargados; los alados tienen una mancha negra dorsal en el abdomen” (Dughetti, A. et al., 2013). Se alimentan picando la epidermis, por lo que producen fuertes abarquillamientos en las hojas (Guerrón Paspuel, D. 2016). “Además son vectores de enfermedades viróticas, por tanto, son doblemente peligrosos” (López Cordero, A. 2013). Se desarrollan en ambientes secos con temperaturas que oscilan entre 20 a 25° C.

7.12.1.4. Polilla del Cereal o Nefasia (*Cnephasia pumicana*): La forma adulta de esta especie de polilla presenta una longitud de entre 6,2 y 11,5 mm. La cabeza es de forma triangular y está provista de escamas y pelos marrones de distinto tamaño, así como de dos largas antenas del mismo color. Los primeros daños visibles son galerías en las hojas paralelas a la nerviación, que reducen la superficie fotosintética de la planta. Aunque los daños graves se producen en la espiga, la cual puede sufrir dos tipos de daño: (1) daños directos, debido al consumo de los granos por parte de las orugas; y (2) daños indirectos, debido a la malnutrición y la llegada óptima de savia a la espiga el síntoma más evidente es la decoloración de la espiga y el cuello manteniéndose verde el resto de la planta (Lucía M., et al., 2016).

7.12.2. Enfermedades

7.12.2.1. Roya Amarilla (*Puccinia striiformis*): La roya amarilla o lineal produce pústulas de color amarillo anaranjado las cuales están distribuidas como líneas paralelas en las hojas cuyo agente causal es el hongo *Puccinia striiformis* (Schierenbeck et al., 2015). Este hongo se encuentra en todas las regiones cerealeras del mundo, debido a su fácil distribución. La sintomatología se basa en la presencia de pústulas, estas reducen el área fotosintética lesionando las hojas y consecuentemente provocando pérdida de agua por transpiración

(Rodríguez-García et al., 2010). *Puccinia striiformis* se desarrollan en ambiente no muy húmedo y a temperaturas entre 10 y 15 °C (Schierenbeck et al., 2015).

7.12.2.2. Roya del tallo (*Puccinia graminis Pers.*): Es una especie de hongo que produce una enfermedad que afecta a diversos granos de cereal. El agente causal es (*Puccinia graminis Pers.*), como síntoma inicial se presenta una peca y posteriormente la formación de la pústula roja o naranja de forma ovalada, además se observa el rompimiento del tejido de la planta, se ubican en ambos lados de la hoja, tallos y espiga (Mariscal-Amaro, A., et al., 2009). El patógeno se desarrolla en de temperatura entre los 15 a 35°C, entre los 10 y 15 días se produce la primera generación de esporas. (Ponce- Molina et al., 2019).

7.12.2.3. Carbón Desnudo de Cereales (*Ustilago sp*): Los carbones desnudos de los cereales afectan a trigo, cebada, avena, triticale y centeno y están provocados por diferentes géneros de *Ustilago*, los más frecuentes son *Ustilago tritici* (Pers.) Jensen, *Ustilago nuda* (Jensen) Rostrup y *Ustilago avenae* (Pers.) (Rodríguez-García et al., 2010). Se transmite en forma de micelio, las hifas crecen y penetran en las hojas y los primordios de las espigas, así como en las raíces. Las plantas afectadas por la enfermedad suelen ser más débiles, con aspecto clorótico, menor ahijamiento y el estado de espigado presentan una mayor precocidad (Aguayo-González et al., 2022).

7.12.2.4. Fusarium (*Fusarium spp*): Es el principal hongo patógeno que afecta la productividad de cereales en el mundo (Villa-Martínez et al., 2014). Este hongo penetra a la planta por distintas rutas e infecta raíces, y los principales componentes de las espigas como las partes florales, glumas y raquis. Entre los síntomas que se manifiestan está el blanqueamiento prematuro en las espigas infectadas, cuando hay un avance en la enfermedad se denota granos sin forma y peso de color rosado salmón la cual causa reducciones significativas en el rendimiento y calidad del grano. Un clima húmedo por más de 2 días y las altas temperaturas favorecen su crecimiento coincidiendo con los estadíos de antesis. (Ponce-Molina et al., 2019).

7.12.2.5. Virus del Enanismo del Trigo (WDV): Es un virus que se localiza en el núcleo de las células de hojas y raíces, y sus huéspedes naturales son trigo, avena y cebada (González T., et al., 2021). Entre los síntomas se refleja pérdida de color de las hojas que se extiende desde el ápice y por los márgenes hasta la base de la planta, los áfidos o pulgones pueden causar daños directos por la succión de savia en las hojas y del contenido del grano. Igualmente, estos insectos son conocidos por su alta capacidad de transmitir enfermedades virósicas, situación que los ubica como una plaga de extrema importancia (González T., et al.,

2015). Esta enfermedad se desarrolla en zonas cálidas y temperaturas entre 15 a 20 °C (Ponce-Molina et al., 2019).

7.12.2.6. Roya de la Hoja: La roya de la hoja en cereales es causada por el hongo *Puccinia hordei*. Se caracteriza por presentar pústulas redondeadas o ligeramente ovaladas de distribución irregular y color variable, entre anaranjado y marrón anaranjado. El patógeno puede reducir los rendimientos hasta en un 50%. La forma más económica y eficiente de combatirlo es a través del uso de variedades resistentes.

7.13. Biofertilizante

Pradhan & Sukla, (2005) mencionan que el biofertilizante es una sustancia que contiene organismos vivos que, aplicados a la semilla, a la planta o al suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta y promueven el crecimiento a través de un mayor suministro o disponibilidad de nutrientes primarios para la planta o cultivo huésped. Así mismo, Ramos-Ulate et al., (2021) mencionan que la biofertilización, “*Al aumentar el número y la actividad biológica de los microorganismos beneficiosos aplicados en los cultivos*” tienen el potencial de incrementar el rendimiento agrícola, mejorar las propiedades biológicas de los suelos. El biofertilizante ayuda a conseguir un entorno microbiológico más natural y reducir el uso de fertilizantes químicos (Mahanty T et al., 2017; González-Cañizares et al., 2020)

7.13.1. Tipos de Biofertilizantes Disponibles

- Los biofertilizantes que intervienen en la fijación de nitrógeno se clasifican en dos grupos:
 - a). Microorganismos que fijan nitrógeno en forma no simbiótica: conocidas también como organismos fijadores de vida libre, son bacterias anaerobias estrictas como *Clostridium*, y facultativas, como *Klebsiela*, pero también aerobias como *Azobacter*, *Azospirillum*, etc.
 - b). Microorganismos que fijan el N de forma simbiótica: cabe destacar por su importancia agronómica estos organismos forman simbiosis con las plantas leguminosas en el que se incluyen géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, etc.
- Biofertilizante que solubilizan el fósforo: Entre los más importantes está los hongos micorrízicos como el *Bacillus subtilis* que se asocian de manera simbiótica y planta se beneficia incrementando la capacidad nutricional principalmente de fósforo (Dagoberto Armenta Bojórquez et al., 2010; Ramos-Ulate et al., 2021)

- Biofertilizantes promotores del crecimiento (BPCP): Tienen la capacidad de sintetizar sustancias reguladoras del crecimiento o fitohormonas. Estas sustancias son compuestos naturales, que afectan diversos procesos de las plantas, a concentraciones más bajas de las que presentan nutrientes o vitaminas. *Pseudomonas* y *Trichoderma* son algunas de ellas (Ramos-Ulate et al., 2021).

7.14. *Bacillus Subtilis*

7.14.1. Características

Los microorganismos del género *Bacillus* representa una gran diversidad de bacterias aerobio y anaerobio facultativo, son bacterias Gram positivas, su morfología es bacilar, movilidad flagelar, y tamaño variable de entre 0.5 a 10 µm, su crecimiento óptimo ocurre en medios con pH neutro, presentando un amplio intervalo de temperaturas de crecimiento (temperatura entre 30 y 45 °C), su diversidad metabólica asociada a la promoción del crecimiento vegetal y control de patógenos, además destaca su capacidad de producir endosporas (ovales o cilíndricas) como mecanismo de resistencia a diversos tipos de estrés, (Calvo & Zúñiga, 2010; Layton et al., 2011; Tejera-Hernández et al., 2011).

Estas bacterias producen enzimas hidrolíticas policelulares caracterizadas por degradar compuestos que se encuentran disponibles en el suelo como los polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos (Márquez, 2007).

7.14.2. Clasificación

Tabla 10

Clasificación taxonómica de B. subtilis.

Reino	Bacterias
Subreino	Posibacteria
Filo	Firmicutes
Clase	Bacilli
Ordenar	Bacillales
Familia	Bacillaceae
Género	Bacillus
Especies	Bacillus subtilis

Fuente: Chon, (1872).

Villarreal-Delgado et al., (2018b), menciona que actualmente, el género incluye más de 336 especies, las cuales por su similitud genética pueden clasificarse en distintos grupos, siendo los más destacados:

- Al grupo de *B. cereus*, asociado a patogenicidad, que incluye a *B. cereus-anthraxis-thuringiensis*
- Los bacilos ambientales que son caracterizados por su presencia en distintos hábitats, como el grupo de *Bacillus subtilis*, comprendido por *B. subtilis-licheniformis-pumilus*;
- El grupo de *B. clausii-halodurans*
- El grupo que incluye a *Bacillus* sp. NRRLB-14911-*coahuilensis* (Alcaraz et al., 2010; LPSN, 2016; Villarreal-Delgado et al., 2018b).

7.14.3. Hábitat

Las especies de *Bacillus* se encuentran ampliamente distribuidas a nivel mundial por su hábito y resistencia a ecosistemas acuáticos y terrestres, e incluso en ambientes bajo condiciones extremas. Sin embargo, el suelo es considerado el principal reservorio de estas bacterias debido a que la mayoría de especies de *Bacillus* son saprófitas pudiendo utilizar la gran diversidad de sustratos orgánicos presentes en el suelo (Villarreal-Delgado et al., 2018a)

7.14.4. Mecanismo de Estimulación de Crecimiento de las Plantas

Algunos autores mencionen que: *Bacillus subtilis* produce metabolitos como citoquininas, *sideróforos*, auxinas, antibióticos, entre otros, citoquinina pueden ser producidas endógenamente por la planta, pero la adición exógena de esta hormona aumenta el proceso división y diferenciación celular. Mientras tanto, los *sideróforos* se combinan con los iones de hierro ambiental y lo hacen más asequible para las plantas. Algunos *sideróforos* se consideran antibióticos porque limitan el hierro para el crecimiento de patógenos (Abdel-Aziz et al., 2013; Arkhipova et al., 2005; Flores Olivas et al., 2019). El ácido 3-indólico acético (IAA), una de las auxinas más importantes, controla el proceso como la división celular, la diferenciación del tejido vascular, la formación del dominio apical y el desarrollo del órgano (Flores Olivas et al., 2019; Tsavkelova et al., 2006).

7.15. *Pseudomonas Fluorescens*

Es una bacteria PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), colonizan las raíces, promueven el crecimiento y previenen establecimiento de patógenos (Lemanceau, 1992; Pérez

Álvarez et al., 2015; Perotti et al., 2005). “*Favorecen la capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que permite que las plantas sean más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones climáticas adversas*” (Pérez Álvarez et al., 201). *Pseudomonas fluorescens* se destaca por la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento, fundamentalmente hormonas como las auxinas, giberelinas y citoquininas (Pérez Álvarez et al., 201).

7.15.1. Características

Este grupo constituye una colección heterogénea de cepas no entéricas, son bacterias Gram negativas, generalmente aerobias, no fermentativas y móviles, presentan un flagelo polar (Whipps, 200). Las *Pseudomonas* fluorescentes presentan una amplia batería de mecanismos de promoción directa e indirecta del crecimiento vegetal y algunas especies como: *P. putida*, *P. aeruginosa*, *P. chlororaphis*, *P. aureofaciens*, *P. fluorescens*, y las especies fitopatógenas *P. cichorii* y *P. syringae*. Presentan características que las hacen muy adecuadas para su aplicación como inoculantes, pueden utilizar una amplia variedad de fuentes de carbono, genéticamente son fáciles de manipular, presentan una alta tasa de crecimiento (Whipps, 200) citado por (Álvarez-García et al., 2020).

7.15.2. Clasificación

Tabla 11

Clasificación taxonómica de P. fluorescens

Reino	Bacteria
subreino	Negibacteria
Filo	Proteobacteria
Clase	Gammaproteobacteria
Ordenar	Pseudomonadales
Familia	Pseudomonadaceae
Género	<i>Pseudomonas</i>
	<i>Pseudomonas</i>
Especies	<i>fluorescens</i>

Fuente: (Pérez Álvarez et al., 2015).

7.15.3. Hábitat

Se pueden encontrar en ecosistemas acuáticos y en el suelo. No forman esporas y el rango de temperatura más favorable para su desarrollo es de 25 a 30°C, aunque puede crecer

desde 5 a 42°C. Requiere un pH neutro y no crece en condiciones ácidas ($\text{pH} \leq 4,5$) (Pérez Álvarez et al., 2015).

7.15.4. Mecanismos de Promoción Directa del Crecimiento Vegetal

Las PGPR (rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas) promueven el crecimiento de manera directa; a través, de procesos tales como: fijación atmosférica de nitrógeno, solubilización de fósforo, movilización de otros minerales esenciales (por ejemplo, Zn y Fe) o regulación de los niveles de hormonas vegetales.

- **Aporte de nutrientes hacia la planta hospedera**

Pseudomonas fluorescens son bacterias solubilizadoras de fosfato, las cuales están tomando gran relevancia debido a la gran demanda de este nutriente. “*El fósforo es el segundo elemento limitante del crecimiento vegetal, después del nitrógeno*” (Arias et al., 2014). El fósforo (P) es un elemento esencial para la vida, siendo fundamental en el metabolismo de los organismos, entre el 30 y 70 % del fósforo presente en el suelo puede encontrarse en forma orgánica (Tapia-Torres & García-Oliva, 2013). Los iones fosfatos reaccionan con numerosos componentes del suelo siendo rápidamente inmovilizados en formas orgánicas mediante reacciones metabólicas o en partículas del suelo por adsorción por las raíces (González F. & Fuentes M., 2017).

- **Síntesis de fitohormonas**

Los microorganismos productores de compuestos similares a fitohormonas pueden aportar hormonas a la planta hospedera, interviniendo en la fisiología de la planta y favoreciendo su supervivencia (Braga & Yanes, 2015). Las fitohormonas actúan a bajas concentraciones y pueden ser de tres tipos: (1) auxinas: regulan procesos de desarrollo de las plantas, que se producen en la zona apical, frutos y semillas, (2) citoquininas: intervienen en la división celular y actúan a nivel de raíces, hojas, flores, frutos y semillas y (3) giberelinas: intervienen en diversos procesos fisiológicos de las plantas superiores, favoreciendo en especial la elongación de las raíces (Arias et al., 2014).

7.16. Materia orgánica

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes. El suelo, con el suministro de estos abonos se ve enriquecido no solo con nutrientes sino que también se mejoran sus cualidades físicas, químicas y biológicas, definen abono orgánico como “fertilizantes de origen natural y de los que depende la agricultura orgánica” siendo esta última llamada también agricultura ecológica y es aquella que se encarga del manejo de cultivos y suelos sin ningún tipo de agroquímico o pesticida dando énfasis así a la sustentabilidad, por lo que indiscutiblemente la agricultura orgánica y sustentable son inherentes a los abonos orgánicos y viceversa (Torres Moreno, 2017)

7.16.1. *Bocashi*

Este significa fermento o fermentado, Sasaki et al. (1994) y Rodríguez et al. (1994) mencionan que su elaboración no es una receta y se puede adecuar a las materias primas que se dispongan en las fincas. En la actualidad lo fabrican con remanentes propios de sus sistemas productivos y de los alrededores, de menor costo y más accesibles, tales como ramas de árboles picadas, hojas de arbustos, pasto picado, cascarilla de café, aserrín, estiércol de cerdo, gallina o ganado vacuno, cenizas de bagazo y melaza, entre otros (Ramos et al., 2014). Esta es una alternativa a la aplicación de fertilizantes químicos, la constituye el empleo de abonos orgánicos (compost, biosólidos, entre otros) u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas (Ramos & Alfonso, 2014).

8. HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis Nula

H0: La aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo presentan similares respuestas agronómicas.

8.2. Hipótesis Alternativa

H1: La aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo no presentan similares respuestas agronómicas.

9. UBICACIÓN

9.1. Ubicación de la Investigación Experimental

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero en el Programa de Cereales en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ubicado en el cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador, localizado a $78^{\circ} 33' 16''$ latitud sur, $0^{\circ} 22' 03''$ longitud oeste y altitud de 3050 metros de altitud.

9.2. Mapa de Ubicación

Ubicación y división política parroquial del cantón Mejía mostrando el sitio de implementación del ensayo de investigación.



Fuente: (Calispa P, 2015).

10. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

10.1. Materiales

10.1.1. *Material Experimental*

Se utilizó semilla de dos variedades de trigo proporcionadas por el Programa de Cereales (EESC) del INIAP, además del biofertilizante (*Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*) con tres concentraciones y materia orgánica (Bocashi, procedente en la provincia de Imbabura).

10.1.2. *Materiales de Invernadero*

- Balanza
- Etiquetas de papel
- Etiquetas de plástico
- Flexómetro
- Macetas
- Palas metálicas
- Sacos de plástico
- Sacos de tela
- Sobres para semillas

10.1.3. *Materiales de Laboratorio*

- Agua destilada
- Botellas tapa Azul pyrex de 1000 ml
- Cajas Petri de plástico y vidrio con medio nutritivo agar
- Cuchara espátula
- Espátula Drigalsky Vidrio
- Fundas ziploc
- Guantes látex
- Matraz de Erlenmeyer (500ml.)
- Mechero de Bunsen
- Micropuntas untas
- Muestras a analizar
- Papel Kraft para autoclavar

- Pipetas de 1 ml y 10 ml
- Probeta
- Rotulador
- Tubos de ensayo tapa rosca (30ml.)
- Vasos de precipitación

10.1.3.1. Equipos:

- Agitador de tubos Vortex
- Agitador magnético
- Agitador orbital
- Autoclave esterilizadora
- Balanza analítica
- Cámara de flujo laminar
- Estufa
- Incubadora
- Refrigeradora

10.1.3.2. Sustancias y Reactivos:

- Extracto de carne
- Agar
- Peptona Bacteriana
- Alcohol antiséptico 75%
- Alcohol Industrial 95%
- Cloruro de Sodio (NaCl)

10.1.4. Materiales de Oficina

- Libro de campo
- Lápiz, bolígrafo
- borrador
- Computadora
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Internet

- Programa InfoStat 2020

10.2. Metodología

10.2.1. Tipo de Investigación

Para la evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* (con tres diferentes concentraciones) en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.), en dos épocas de aplicación con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC, se aplicó “*El método de investigación cuantitativo que permitió obtener y analizar los datos numéricos de las variables evaluadas*” de acuerdo a sujeto de investigación y constatar la hipótesis planteada con la realidad ” (José & José, 2010; Bispo, 2023). Dentro del método cuantitativo de la investigación se aplicó el tipo de método experimental y meta-análisis con técnica de observación y tabulación de datos, las mismas que permitieron sintetizar y analizar los resultados obtenidos de las unidades experimentales.

10.2.2. Modalidad Básica de la Investigación

10.2.2.1. En Campo. Mediante el método de observación se recolectó datos o informaciones cuantitativos del experimento encaminados a comprender el desarrollo de la investigación en el lugar en el que se estableció.

10.2.2.2. En Laboratorio. Una fase de la investigación se llevó a cabo bajo condiciones controladas en el laboratorio en el que generalmente se prueba como una variable se ve afectada por otra.

10.2.2.3. Documental Bibliográfico. Técnica de investigación de cúmulo de fuentes documentales a través de la cual permite recolectar información de estudios científicos anteriores similares.

10.3. Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial A x B x C x D + 4 N (testigos), con un total de 28 tratamientos con cuatro repeticiones, dando como resultado 112 unidades experimentales. Para analizar los resultados obtenidos se empleó el análisis no paramétrico de Kruskal- Wallis.

Tabla 12

Esquema ADEVA del ensayo de la evaluación del biofertilizante a base de Bacillus subtilis + Pseudomonas fluorescens en dos variedades de trigo

Fuente de variación	Grados de libertad	
TOTAL	(T x R) – 1	111
Repeticiones	R–1	3
Tratamientos	T–1	27
Variedades (V)	V–1	1
Concentraciones (C)	C–1	2
V x C	(V–1) (C –1)	2
Épocas (E)	E–1	1
V x E	(V–1) (E–1)	1
C x E	(C–1) (E–1)	2
Materia Orgánica (M)	M–1	1
V x M	(V–1) (M–1)	1
C x M	(C–1) (M–1)	2
E x M	(E–1) (M–1)	1
V x C x E	(V–1) (C–1) (E–1)	2
V x C x M	(V–1) (C–1) (M–1)	2
C x E x M	(C–1) (E–1) (M–1)	2
E x M x V	(E–1) (M–1) (V–1)	1
V x C x E x M	(V–1) (C–1) (E–1) (M–1)	2
Factorial vs Adicional	(F; Ad) -1	1
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	(Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4) –1	1
Ad1 vs Ad2	(Ad1vs Ad2) –1	1
Ad3 vs Ad4	(Ad3vs Ad4) –1	1
Error	Diferencia	81

Elaborado: Autor.

10.4. Factores en Estudio

- Dos variedades mejoradas de trigo: INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014.
- Concentración de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*: 1×10^{10} UFC, 1×10^{11} UFC y 1×10^{12} UFC.
- Épocas de aplicación: Siembra (Zadoks 0-inoculación) y Siembra (Zadoks 0) + días a espigamiento (Zadoks 50).
- Materia orgánica: 100% suelo + 0% bocashi y 50% suelo + 50% bocashi.

10.5. Tratamientos

Los tratamientos se formaron por la interacción de los niveles de los cuatro factores en estudio más cuatro tratamientos que corresponden a testigos absoluto (Tabla 13).

Tabla 13

*Descripción de tratamientos para evaluación del biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades de trigo*

TRAT	CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN
1	V1C1E1M1	INIAP-Vivar 2010 - 1×10^{10} - Zadoks 0 (inoculación) - 100% Suelo
2	V1C2E1M1	INIAP-Vivar 2011 - 1×10^{11} - Zadoks 0 (inoculación) - 100% Suelo
3	V1C3E1M1	INIAP-Vivar 2012 - 1×10^{12} - Zadoks 0 (inoculación) - 100% Suelo
4	V1C1E2M1	INIAP-Vivar 2013 - 1×10^{10} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 100% Suelo
5	V1C2E2M1	INIAP-Vivar 2014 - 1×10^{11} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 100% Suelo
6	V1C3E2M1	INIAP-Vivar 2015 - 1×10^{12} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 100% Suelo
7	V1C1E1M2	INIAP-Vivar 2016 - 1×10^{10} - Zadoks 0 (inoculación) - 50% Suelo + 50% Bocashi
8	V1C2E1M2	INIAP-Vivar 2017 - 1×10^{11} - Zadoks 0 (inoculación) - 50% T Suelo + 50% Bocashi
9	V1C3E1M2	INIAP-Vivar 2018 - 1×10^{12} - Zadoks 0 (inoculación) - 50% Suelo + 50% Bocashi
10	V1C1E2M2	INIAP-Vivar 2019 - 1×10^{10} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 50% Suelo + 50% Bocashi
11	V1C2E2M2	INIAP-Vivar 2020 - 1×10^{11} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 50% Suelo + 50% Bocashi
12	V1C3E2M2	INIAP-Vivar 2021 - 1×10^{12} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 50% Suelo + 50% Bocashi
13	V2C1E1M1	INIAP-Imbabura 2014 - 1×10^{10} - Zadoks 0 (inoculación) - 100% Suelo
14	V2C2E1M1	INIAP-Imbabura 2015 - 1×10^{11} - Zadoks 0 (inoculación) - 100% Suelo
15	V2C3E1M1	INIAP-Imbabura 2016 - 1×10^{12} - Zadoks 0 (inoculación) - 100% Suelo

16	V2C1E2M1	INIAP-Imbabura 2017 - 1×10^{10} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 100% Suelo
17	V2C2E2M1	INIAP-Imbabura 2018 - 1×10^{11} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 100% Suelo
18	V2C3E2M1	INIAP-Imbabura 2019 - 1×10^{12} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 100% Suelo
19	V2C1E1M2	INIAP-Imbabura 2020 - 1×10^{10} - Zadoks 0 (inoculación) - 50% Suelo + 50% Bocashi
20	V2C2E1M2	INIAP-Imbabura 2021 - 1×10^{11} - Zadoks 0 (inoculación) - 50% Suelo + 50% Bocashi
21	V2C3E1M2	INIAP-Imbabura 2022 - 1×10^{12} - Zadoks 0 (inoculación) - 50% Suelo + 50% Bocashi
22	V2C1E2M2	INIAP-Imbabura 2023 - 1×10^{10} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 50% Suelo + 50% Bocashi
23	V2C2E2M2	INIAP-Imbabura 2024 - 1×10^{11} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 50% Suelo + 50% Bocashi
24	V2C3E2M2	INIAP-Imbabura 2025 - 1×10^{12} - Zadoks 0 y Zadoks 50 - 50% Suelo + 50% Bocashi
25	T1 V1M1	100% Suelo+ 0% Bocashi - INIAP-Vivar 2010
26	T2 V2M2	100% Suelo + 0% Bocashi - INIAP-Imbabura 2014
27	T3 V1M1	50% Suelo + 50% Bocashi - INIAP-Vivar 2010
28	T4 V2M2	50% Suelo + 50% Bocashi - INIAP-Imbabura 2014

Fuente: Autor,2023.

10.6. Unidad Experimental

En macetas plásticas de 2 kg en las que se sembrará cinco semillas de trigo y se aplicará los tratamientos descritos en la Tabla 13

10.7. Variables y Métodos de Evolución

Las variables serán evaluadas de acuerdo con el Manual de Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales (Ponce- Molina et al., 2019), considerando algunos ajustes para algunos parámetros.

10.7.1. Variables Agronómicas y Variables de Post-cosecha Evaluadas

10.7.1.1. Días de Espigamiento (DE). En esta variable se registra el número de días contados desde la siembra hasta que las espigas de las plantas aparecen. La evaluación de este parámetro se realizará de forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50 % de espigas de las macetas aparecen en su totalidad (Ponce-Molina et al., 2019).

10.7.1.2. Altura de Planta (AP). Esta variable se registra en la etapa de madurez fisiológica del cultivo según la escala de Zadoks. Se evaluó tres plantas de cada unidad experimental, con la ayuda de un flexómetro, desde el cuello de la planta hasta el extremo de la espiga (incluido las aristas) y se lo expresa en centímetros (Ponce-Molina et al., 2019).

10.7.1.3. Muestreo del Suelo para el Conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC). Las muestras de suelo se colectan en sub muestras a 0.2 m de profundidad por unidad experimental, obteniéndose una muestra compuesta de suelo (Florida Rofner & Escobar-Mamani, 2019). Esta labor se realiza con la ayuda de una pala y colocando las muestras en una funda. Las muestras deben ser tomadas preferentemente alrededor de las zonas de crecimiento radicular.

10.7.1.4. Cantidad de Materia Verde (MV). En una balanza digital, se realiza el pesaje de la planta completa (raíz, follaje y grano) al momento de la cosecha. Si desea obtener la estimación en hectáreas, “multiplicamos por 40 el valor de Peso fresco de Forraje obtenido en el corte: Ejemplo: 250 kg x 40 = 10000 kg MF/ha (kg Materia Fresca o Peso Verde por hectárea)” (Calistro, 2012).

10.7.1.5. Cantidad de Materia Seca (MS). La materia seca representa el peso total de una planta o alimento menos su contenido de agua, la obtención de esta se lo realiza secando la muestra en una estufa para luego con la ayuda de una balanza obtener el peso (Calistro, 2012).

10.7.1.6. Longitud de Espiga (LE). Este parámetro se obtiene midiendo la espiga desde la base hasta el extremo de la misma, sin incluir las aristas cuando el cereal haya alcanzado su madurez fisiológica. Se usa una regla y se expresa en centímetros. La evaluación se lo realiza cuando el cultivo alcanzado la madurez comercial, es decir a la cosecha. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo (Ponce-Molina et al., 2019).

10.7.1.7. Numero de Granos por Espiga. Este parámetro es visual, se debe tomar las espigas y contar manualmente el número de granos llenos que tiene cada espiga y estimar un promedio, cuando el cultivo alcanzado la madurez comercial, es decir que estará de cosecha. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo (Ponce-Molina et al., 2019).

10.7.2. Variables a Evaluar en Postcosecha.

10.7.2.1. Peso de Granos. Para evaluar este parámetro: es necesario pesar el grano de la espiga seleccionada utilizando una balanza electrónica, mientras mayor es el peso, mayor es el rendimiento potencial del cultivo.

10.7.2.2. Rendimiento de Grano. Este valor expresado en gramos (g) por maceta o unidad experimental y se lo puede transformar a kilogramos ha⁻¹, para calcular el rendimiento potencial estimado. Para ello se debe pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental o tratamiento previamente definida (Ponce-Molina et al., 2019).

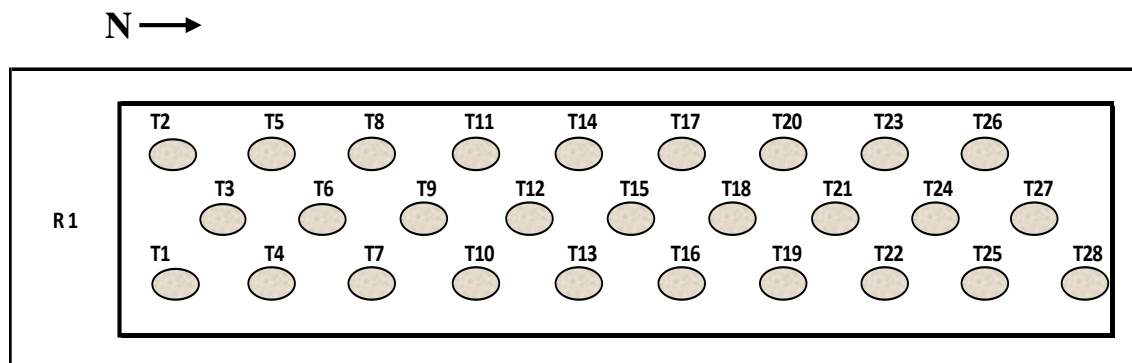
10.7.2.3. Análisis de Suelo. Se realizó análisis de suelo inicial y final. Se envió al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas del INIAP muestra de Bocashi y suelo (antes de la siembra) y, análisis de sustrato final: se recolectó muestras de suelo de peor y mejor tratamiento.

10.7. Distribución.

10.7.1. Distribución de las Unidades Experimentales.

Tabla 14

Representación visual de la ubicación de las unidades experimentales (macetas) del ensayo, repetición uno (R1)

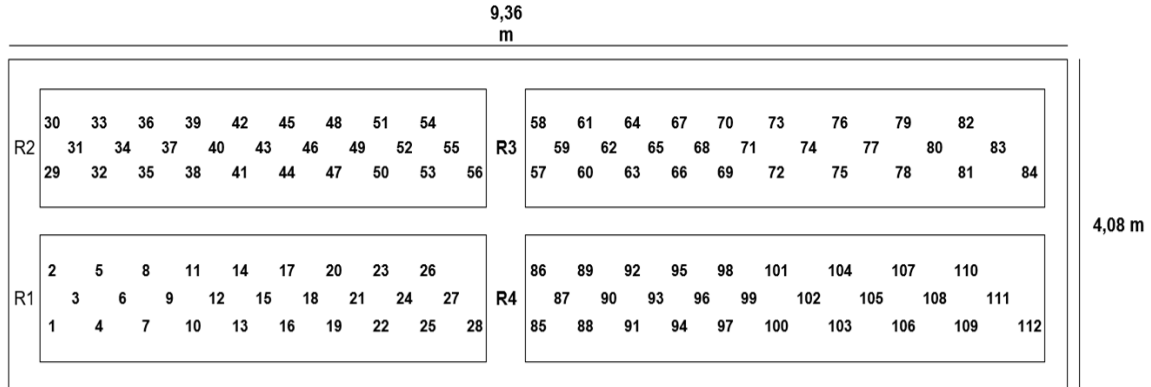


Elaborado: Autor, 2023.

10.7.2. Diseño del Ensayo en Invernadero.

Tabla 15

Representación gráfica de la ubicación de las unidades experimentales



Elaborado: Autor, 2023.

11. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.

11.7. Fase I: Campo.

11.7.1. Selección y Recolección del Suelo.

Esta fue una de las primeras acciones que se llevó a cabo para realizar este experimento. Se seleccionó la tierra mediante la metodología visual de la calidad del suelo (Rayo Estrada-Herrera et al., 2017), tomando en cuenta los siguientes indicadores: porosidad, color, cobertura del suelo y profundidad, pendiente, tipo de labranza. A 25 cm de profundidad, se recolectó con la ayuda de un azadón y pala, colocando la tierra en sacos de plástico tomando un peso de aproximadamente 50 kg.

11.7.2. Esterilización del Suelo.

La esterilización del suelo se realizó mediante el “Método de desinfección de sustratos con vapor” (Placco et al., 2010). Este método considerado el más antiguo y seguro, consiste en someter el suelo a vapor de agua a una temperatura aproximada de 70 °C durante 3 horas provocando la desnaturalización de proteínas, fusión y desorganización de las membranas celulares de los patógenos y no deja residuos tóxicos (Enríquez et al., 2010).

11.7.3. Preparación de la Semilla.

Las semillas utilizadas para el experimento son de calidad al tener pureza genética y calidad fisiológica.

11.7.4. Preparación de Sustrato.

De acuerdo a los tratamientos establecidos, para las unidades experimentales con nivel de materia inorgánica 1, se utilizó 100% suelo y para las unidades experimentales con nivel de materia inorgánica 2 se realizó la mezcla de suelo 50% previamente esterilizado más 50% materia orgánica.

11.7.5. Inoculación de Semillas en el Biofertilizante.

La inoculación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* se realizó el día de siembra. Se colocó las semillas de trigo en las respectivas concentraciones (durante 15 min) de acuerdo al tratamiento detallado en la tabla 12.

11.7.6. Siembra.

La siembra se realizó de forma manual, colocando 5 semillas en cada maceta previamente llenas con el sustrato, las macetas o unidades experimentales fueron distribuidas dentro del invernadero encima de mesas,

11.7.7. Riego.

El riego se realizó de acuerdo a la necesidad del cultivo en macetas, generalmente el cultivo se encuentre en capacidad de campo.

11.7.8. Aplicación Complementaria del Biofertilizante.

De aplicación edáfica, se aplicó 50ml de biofertilizante (*Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*) por maceta días antes del espigamiento (Zadoks 50).

11.7.9. Muestreo de Suelo para Conteo de Población *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*

De cada tratamiento y repetición se extrajo 4 sub muestras a 0.2 m de profundidad por unidad experimental, obteniéndose una muestra compuesta de suelo (Florida Rofner & Escobar-Mamani, 2019), esta labor se realizó en **tres** momentos: antes de la siembra (Z0), antes de la segunda aplicación del biofertilizante y después de la aplicación en Z50 (días a la cosecha), se evaluará a través de conteo de población de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* de cada tratamiento.

11.7.10. Cosecha.

Se realiza al momento de la madurez fisiológica de la planta, cuando la planta cambia de color verde a blanquecino o amarillento.

11.7.11. Peso Materia Verde y Seca.

Para este proceso, todas las plantas (incluida las raíces) de la unidad experimental se cosechan y se colocan en bolsas de tela para evitar que la transpiración de las plantas pudra las muestras, colocar etiquetas de identificación del tratamiento correspondiente y se pesan en balanzas para obtener datos de peso de materia verde (MV). Después las bolsas se colocan en una estufa a una temperatura de 40°C durante 24 a 48 horas. Al final de este período, se realiza el pesaje correspondiente para obtener el peso de materia seca (MS).

11.8. Fase II: Laboratorio

11.8.1. Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonia

Para este proceso de conteo de UFC se basó en el Manual No. 112 del INIAP. Referente al Análisis de Calidad para Formulaciones con Base en Hongos con Biocontroladores del Departamento de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Agricultura (INIAP) (Báez et al., 2019).

11.8.2. Preparación Previa de Muestras de Suelo para el Conteo de UFC

- **Preparación de reactivo solución salina al 85 %.**

Composición

- Cloruro de Sodio (NaCl) 8,5 g.
- Agua destilada 100 ml con pH 7- 7,1 – 7,2.

Preparación

- Pesar 0,85g de NaCl
- Agregar 100 ml de agua destilada
- Colocar 9 ml NaCl preparado en tubos de ensayo de 15ml.
- Poner 180 ml de NaCl en matraz de Erlenmeyer de 500ml.
- Esterilizar a 15 lb de presión a 125 °C durante 40 minutos.
- Luego colocar 20 gr de muestra de suelo en el matraz con Cloruro de Sodio.
- Agitar el matraz con las muestras preparadas en el agitador orbital durante 30 min a 120 rpm.

- **Preparación de la Muestra y Diluciones para el Conteo de UFC.**
 - Después de completar en tiempo de agitación de muestras, en la cámara de flujo laminar, tomar 1 ml del líquido con Micropipetas.
 - Colocar la muestra en tubos de ensayo de 15ml con 9 ml de cloruro de sodio previamente preparado y estéril.
 - Agitar en Vórtex hasta que la muestra se disperse completamente.
 - La mezcla u homogenización resultante corresponde a la muestra madre o dilución 10^{-1} .
 - Después con la ayuda de una micropipeta y puntas estériles colocar 1 microlitro (μl) de la muestra homogenizada en cajas Petri con medio de cultivo Agar Nutritivo.
 - Extender la muestra por la superficie de la caja Petri utilizando un asa de Drigalsky.
 - Rotular las cajas Petri con el nombre de la muestra, la fecha y el número de la dilución.
 - Incubar las cajas Petri sembradas de manera invertida a temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm$ hasta que las colonias estén suficientemente grandes para ser contadas.

11.8.3. Conteo de UFC.

- Como se desconoce la concentración de la muestra se debe seleccionar un rango amplio de diluciones para sembrar. En caso de conocer el rango de la muestra seleccionar las diluciones a sembrar para el conteo.
- Contar el número de colonias en las repeticiones de cajas Petri de la dilución seleccionada.

11.8.4. Interpretación de Resultados

Promediar el número de colonias registradas de las repeticiones de cajas Petri en la dilución seleccionada.

Realizar el cálculo de UFC con la siguiente fórmula:

$$\text{Viabilidad / Concentración de la muestra (UFC/g)} = \text{P} \times \text{FD}$$

Donde:

P; Promedio del número de colonias en las repeticiones de la dilución seleccionada.

FD; Factor de dilución (inverso) de la dilución rotulada en la caja Petri.

12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se evaluó un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP, en dos tiempos de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina. A continuación, se detalla los resultados obtenidos:

12.1. Variables Agronómicas y Morfológicas

Tabla 16

Medias de las variables agronómicas evaluadas

Tratamientos	Código	Días de Espigamiento	Altura de Planta (cm)	Materia Verde (gr)	Materia Seca (gr)
1	V1C1E1M1	57	47,19	8,03	4,38
2	V1C2E1M1	57	52,75	7,80	4,38
3	V1C3E1M1	56	48,90	6,24	3,75
4	V1C1E2M1	56	51,18	8,32	4,51
5	V1C2E2M1	57	50,10	8,00	4,93
6	V1C3E2M1	55	55,00	9,50	6,50
7	V1C1E1M2	59	66,25	26,93	23,00
8	V1C2E1M2	58	66,33	30,20	27,23
9	V1C3E1M2	61	65,37	27,98	24,70
10	V1C1E2M2	59	69,83	28,50	24,49
11	V1C2E2M2	58	66,58	35,01	27,51
12	V1C3E2M2	58	67,09	28,26	23,58
13	V2C1E1M1	56	49,92	7,51	5,50
14	V2C2E1M1	48	56,93	12,51	8,55
15	V2C3E1M1	57	53,25	10,00	8,00
16	V2C1E2M1	56	53,21	8,91	6,48
17	V2C2E2M1	56	52,55	8,01	5,75
18	V2C3E2M1	59	48,17	6,26	4,25
19	V2C1E1M2	55	62,67	33,35	25,98
20	V2C2E1M2	58	61,75	26,60	22,25
21	V2C3E1M2	58	62,34	36,90	29,40
22	V2C1E2M2	60	60,33	31,50	24,48
23	V2C2E2M2	59	60,67	29,13	22,00
24	V2C3E2M2	59	63,58	41,79	37,25
25	T1 V1C0E0M1	56	48,17	6,28	4,50
26	T2 V2C0E0M1	58	52,01	7,53	5,25
27	T3 V1C0E0M2	58	75,51	14,60	10,75
28	T4 V2C0E0M2	56	65,90	11,51	9,25

Elaborado: Autor, 2023.

Tabla 17*Media de las variables agronómicas evaluadas con relación a factor en estudio*

	Variedades (V)	Días de Espigamiento	Altura de Planta (cm)	Materia Verde (gr)	Materia Seca (gr)
V1	INIAP-Vivar 2010	58	58,88	18,73	14,91
V2	INIAP-Imbabura 2014	56	57,11	21,04	16,66
Concentración (C)					
C1	1 x 10 ¹⁰	57	57,57	19,13	14,85
C2	1 x 10 ¹¹	56	58,46	19,66	15,32
C3	1 x 10 ¹²	58	57,96	20,87	17,18
Tiempos de aplicación					
E1	Zadoks 0 (inoculación)	56	57,8	19,5	15,59
E2	Zadoks 0 (inoculación) y Zadoks 50	58	58,19	20,27	15,98
Materia Orgánica (M)					
M1	100% Suelo	55	51,59	8,42	5,58
M2	50% Suelo + 50% Bocashi	59	64,4	31,34	25,99

Elaborado: Autor, 2023.

12.1.1. Días de Espigamiento (Días)

Tabla 18

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “días de espigamiento” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9848	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,6283	n.s
Concentraciones (C)	0,1535	n.s
V x C	0,1033	n.s
Épocas (E)	0,1706	n.s
V x E	0,0024	*
C x E	0,1679	n.s.
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,0052	*
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,2739	n.s
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,869	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0893	n.s.
Ad3 vs Ad4	0,0533	n.s.

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

En la tabla 19, la interacción entre variedad y tiempos de aplicación (VxE) muestra diferencias (**), así mismo el factor materia orgánica (M) y todas sus interacciones muestran diferencias significativas, esto nos indica que la materia orgánica fue muy importante para el desarrollo fenológico del cultivo. Con respecto al resto de factores e interacciones no existe significancia (n.s.) estadística determinando que su comportamiento es similar.

Para la variable “Días de Espigamiento” se observa que hay influencia de la variedad, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y niveles de materia orgánica. Los promedios detallados en la Tabla 16 muestra que la variedad INIAP-Vivar 2010 se espigó en 58 días y la variedad INIAP-Imbabura 2014 se espigó en 56 días. Las concentraciones C1 (57 días), C2 (56 días) y C3 (58 días), también el tiempo de aplicación del biofertilizante E1 (Zadocks 0-inoculación) con 56 días y E2 (Zadocks 0-inoculación + aplicación en Zadocks 50) con 58 días tuvieron un comportamiento similar. La influencia de los niveles de materia orgánica en “Días de Espigamiento” fue notoria, para M1 (100% suelo + 0% materia orgánica) 55 días y para M2 (50% suelo + 50% materia orgánica) 59 días.

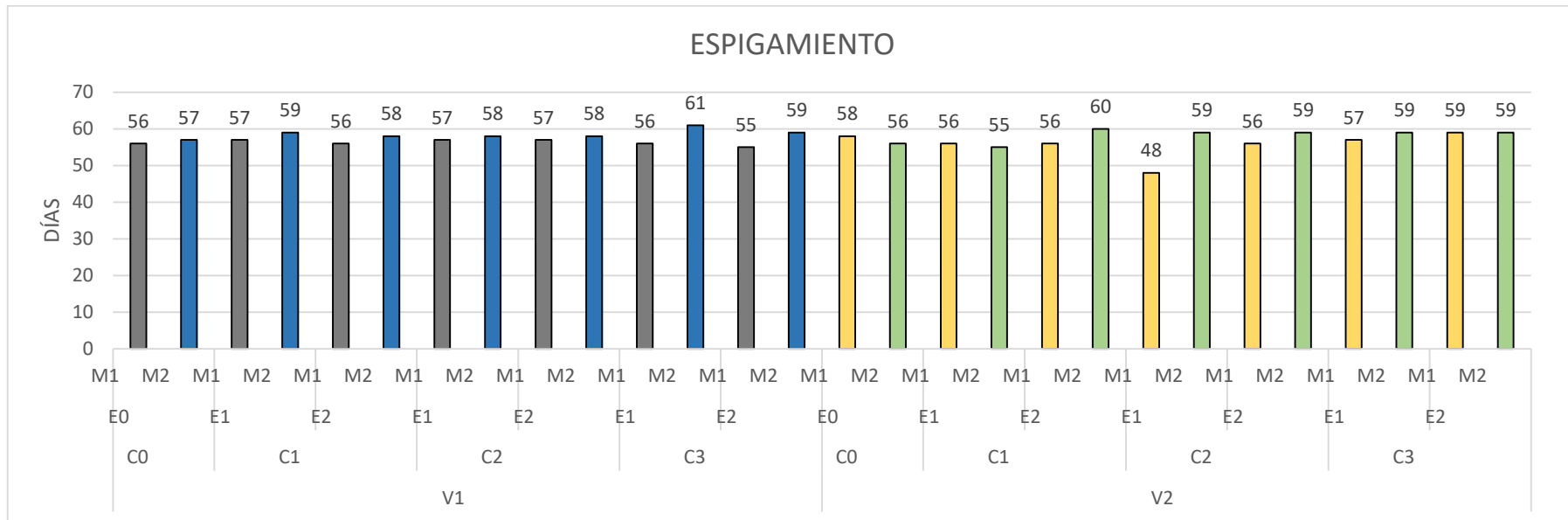
Coronel B et al., (2010), en el plegable No. 331 del INIAP menciona que la variedad INIAP-Vivar 2010 se espiga entre 80-90 días en condiciones de campo y Falconí-Castillo et al., (2014), en el plegable No. 412 del INIAP señala que la variedad INIAP-Imbabura 2014 se espiga 85 días después de la siembra en condiciones de campo. Manangón et al., (2014), indica los días de espigamiento corresponde a un comportamiento varietal y las condiciones ambientales y en este experimento se vió potenciado por la condición ambiental bajo invernadero.

Bajo este contexto y basándonos en las Tablas 15 y 16, los resultados indican que los “Días de Espigamiento” fueron influenciados por la condición ambiental y por el uso de materia orgánica, los tratamientos muestran precocidad en días de espigamiento y existen evidencia estadística para que la hipótesis nula que menciona “La aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo presentan similares respuestas agronómicas” pueda ser aceptada.

A continuación, la representación gráfica de los resultados:

Figura 1

Media de los datos de la variable “Días de Espigamiento” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.1.2. Altura de Planta (AP)

Tabla 19

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Altura de Planta” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9995	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,0369	*
Concentraciones (C)	0,9618	n.s
V x C	0,3843	*
Épocas (E)	0,613	n.s
V x E	0,2023	*
C x E	0,9933	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,8703	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,774	n.s
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	>0,9999	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0145	*
Ad3 vs Ad4	0,0145	*

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

En la tabla 20, el valor “p” de los tratamientos es altamente significativa (**), así mismo el factor Materia orgánica (M) y todas sus interacciones excepto Variedad-Concentración-

Tiempo de aplicación (VxCxE) tiene diferencias altamente significativas. Los factores concentración y tiempos de aplicación, así como interacciones Factorial vs Adicionales indica que no hay diferencias importantes en altura de planta.

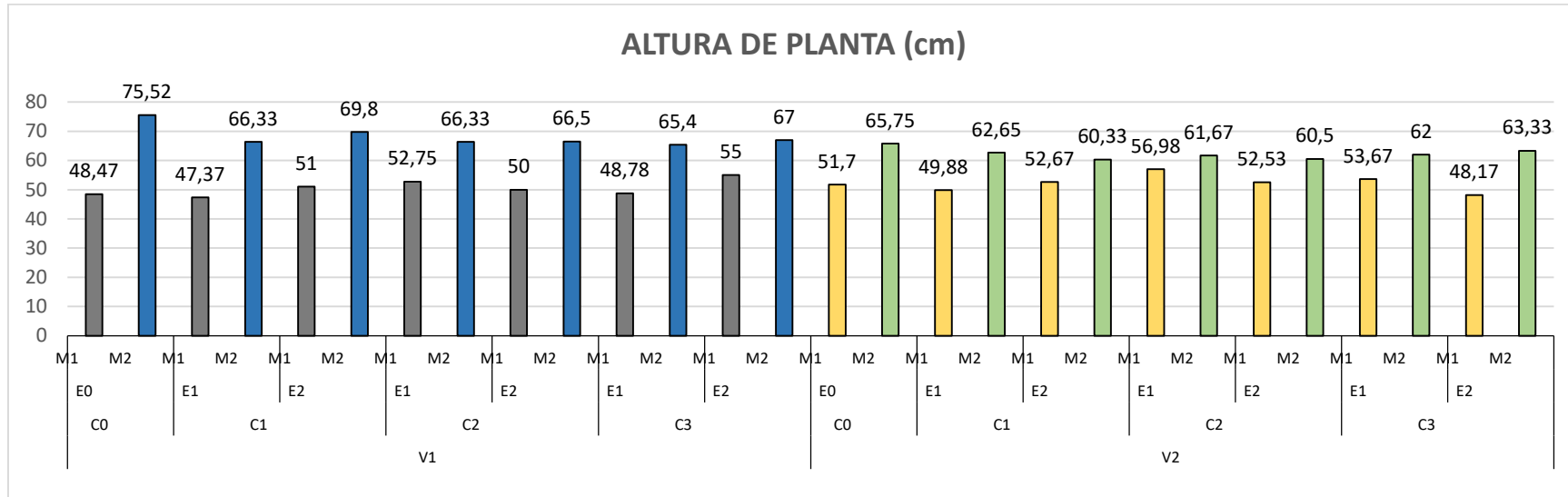
Para la variable “Altura de Planta” se observa que hay influencia de la variedad, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y niveles de materia orgánica como lo muestran los promedios detallados en la Tabla 16 y Gráfica 2. Los datos detallados en la Tabla 16 muestra que la variedad INIAP-Vivar 2010 alcanzó una altura de 58,88 cm y la variedad INIAP-Imbabura 2014 57,11 cm de altura. Además, vale recalcar que con la aplicación del biofertilizante concentración C2 se obtuvo mayor altura (58,46 cm) seguidas de las concentraciones C1 y C3 con 57,57 y 57,96 cm de altura respectivamente y no hubo diferencias entre tiempos de aplicación. La altura de planta se vió influenciada por la materia orgánica, los datos de la Tabla 17 muestra que el nivel de materia orgánica M1 (51,59cm) obtuvo menos altura en comparación a M2 que alcanzó 64,4 cm de altura.

Coronel B et al., (2010), en el plegable No. 331 del INIAP menciona que la variedad INIAP-Vivar 2010 alcanza de 85 a 95 cm condiciones de campo y Falconí-Castillo et al., (2014), en el plegable No. 412 del INIAP señala que la variedad INIAP-Imbabura 2014 alcanza los 105 cm de altura. Según Ramos-Ulate et al., (2021), la aplicación de PCV incrementan el crecimiento de manera significativa y señala que el empleo de *B. subtilis* y *P. fluorescens* por separado o en consorcio es ideal si se quiere aumentar el crecimiento de las plantas de manera ecológica. No obstante, los resultados obtenidos en esta variable son inferiores a los descritos en los plegables No. 331 y 412 del INIAP.

Los resultados obtenidos permiten que la hipótesis nula pueda ser rechazada a favor de la hipótesis alternativa que afirma que la aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo no presentan similares respuestas agronómicas para esta variable. A continuación, la representación gráfica de los resultados.

Figura 2

Medias de los valores para la variable de "Altura de planta" de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFC, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFC, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFC, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.1.3. Cantidad de Materia Verde (raíz, follaje, grano) (g)

Tabla 20

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Materia verde” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9995	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,1594	n.s
Concentraciones (C)	0,9625	n.s
V x C	0,5443	n.s
Épocas (E)	0,3616	n.s
V x E	0,1935	n.s
C x E	0,9386	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,631	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0063	*
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,9908	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0213	*
Ad3 vs Ad4	0,1048	n.s

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

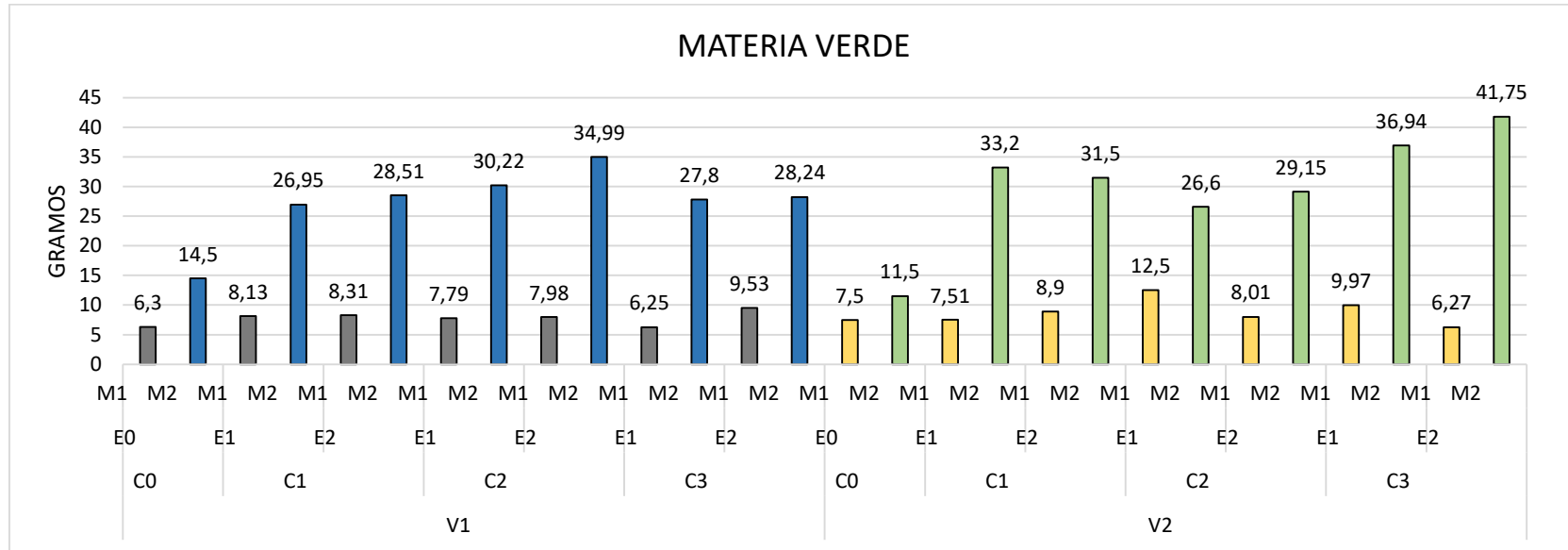
En la tabla 21, el valor de “p” en tratamientos es $< 0,0001$ dando alta significancia a los resultados obtenidos, así mismo en el factor Materia orgánica (M), todas sus interacciones excepto la interacción Variedad-Concentración-Tiempo de Aplicación (V x C x E) son altamente significativas (**), en cambio en los factores Variedad (V), Concentración (C), Tiempo de aplicación del biofertilizante (E) y sus interacciones, así como en el Factorial vs Adicional, Ad1; Ad2; Ad3; Ad4 y Ad3 vs Ad4 no presentan significancia en los resultados.

Los tratamientos y variaciones de resultados obtenidos en la variable “Materia Verde” (descritos en la Tabla 15 y figura 3) se observa los datos de todos los tratamientos.

En la Tabla 16 se observa que hay influencia de la variedad, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y niveles de materia orgánica. La variedad INIAP-Vivar 2010 alcanzó 18,73 g de peso mientras que la variedad de trigo INIAP-Imbabura 2014 obtuvo 21,04 g, no hay diferencia de peso de la variable en relación a factor concentración y tiempos de aplicación. Se ve influencia de la materia orgánica con resultado 8,42 g para tratamientos con 100 % tierra y para tratamientos con 50% Tierra + 50% Bocashi 31,34 gramos, siendo los tratamientos 11 (V1C2E2M2) y 24 (V2C3E2M2) los mejores.

Figura 3

Medias de los valores para la variable de “Materia Verde” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% bocashi.

Elaborado: Autor, 2023.

12.1.4. Materia Seca (raíz, follaje, grano) (g)

Tabla 21

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Materia verde” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9999	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,2062	n.s
Concentraciones (C)	0,7347	n.s
V x C	0,4499	n.s
Épocas (E)	0,9912	n.s
V x E	0,2651	n.s
C x E	0,9742	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,7326	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0712	n.s
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,8474	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0658	n.s
Ad3 vs Ad4	0,2227	n.s

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

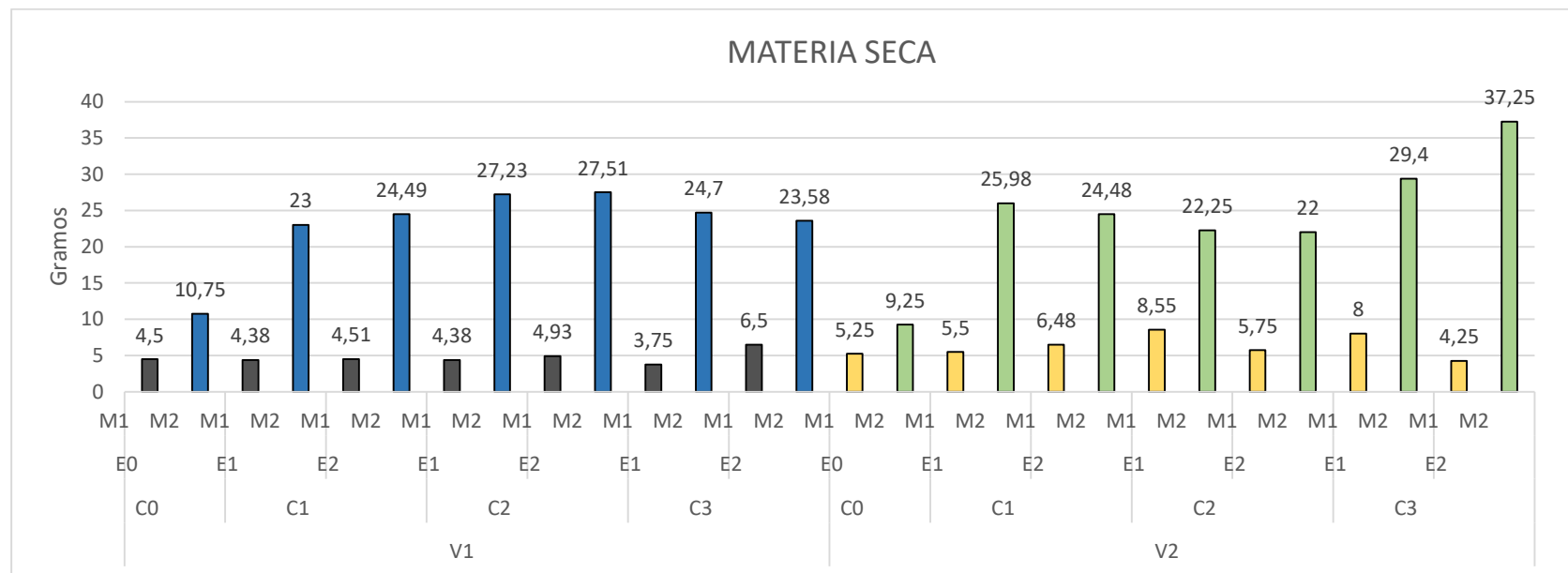
En la tabla 22, el valor de “p” en tratamientos es $< 0,0001$ dando alta significancia a los resultados obtenidos, así mismo en el factor Materia orgánica (M) y todas sus interacciones son altamente significativas (**), en cambio en los factores Variedad (V), Concentración (C), Tiempo de aplicación del biofertilizante (E), Variedad-Concentración-Tiempo de Aplicación (V x C x E) y el Factorial vs Adicional y sus interacciones no presentan significancia estadísticamente.

Para la variable “Materia Seca” se observa que hay influencia de la variedad, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación y niveles de materia orgánica como lo muestra los promedios detallados en la Tabla 16. Los datos detallados en la Tabla 16 muestra que la variedad INIAP-Vivar 2010 obtuvo 14,91 g de peso y la variedad INIAP-Imbabura 2014 16,66 g de peso, así mismo las concentraciones muestran diferencias estadísticas con datos C1: 14,85 g, C2: 15,32g y C3 con 17,18 g y no influye el tiempo de aplicación. Esta variable se ve influenciada mayormente por materia orgánica, los datos de la Tabla 17 muestra que los tratamientos con M1 obtuvieron peso de 5,58 g en promedio y los tratamientos con M2 obtuvieron 25,99 g de peso.

Ramos & Terry, (2014), mencionan que la materia orgánica estimula el crecimiento de las plantas activando una serie de fitohormonas y fitorreguladores. Esto corrobora en esta investigación que el tratamiento 24 (V2C3E2M2), con mayor concentración de biofertilizante, con dos tiempos de aplicación del mismo y con el uso de la materia orgánica tuvo un peso de mayor valor, basando en esta información se puede decir que la hipótesis nula pueda ser rechazada a favor de la hipótesis alternativa que afirma que la aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo no presentan similares respuestas agronómicas para esta variable. A continuación, la representación gráfica de los resultados.

Figura 4

Medias de los valores para la variable de “Materia Seca” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.2. Variables de rendimiento

Tabla 22

Promedio de las variables de rendimiento evaluadas

Tratamientos	Código	Granos por Espiga	Peso de Grano (g)	Rendimiento (kg ha⁻¹)
1	V1C1E1M1	8	0,73	271,46
2	V1C2E1M1	9	0,88	327,43
3	V1C3E1M1	6	1,22	455,22
4	V1C1E2M1	6	0,71	263,06
5	V1C2E2M1	13	0,81	300,38
6	V1C3E2M1	12	1,32	490,67
7	V1C1E1M2	35	7,12	2654,85
8	V1C2E1M2	38	6,43	2399,25
9	V1C3E1M2	32	6,62	2471,08
10	V1C1E2M2	37	8,38	3125,93
11	V1C2E2M2	45	11,91	4444,96
12	V1C3E2M2	36	8,23	3069,96
13	V2C1E1M1	7	0,68	254,66
14	V2C2E1M1	13	1,72	642,72
15	V2C3E1M1	13	1,78	662,32
16	V2C1E2M1	9	1,05	391,79
17	V2C2E2M1	9	1,02	379,67
18	V2C3E2M1	9	0,91	340,48
19	V2C1E1M2	35	7,51	2803,17
20	V2C2E1M2	32	3,9	1455,23
21	V2C3E1M2	33	9,09	3392,72
22	V2C1E2M2	35	6,34	2366,6
23	V2C2E2M2	32	7,33	2735,07
24	V2C3E2M2	33	11,52	4298,51
25	T1 V1C0E0M1	7	0,72	269,59
26	T2 V2C0E0M1	7	0,82	305,04
27	T3 V1C0E0M2	18	3,33	1242,54

28 T4 V2C0E0M2 17 3,31 1233,21

Elaborado: Autor, 2023.

Tabla 23

Media de las variables de rendimiento evaluadas con relación a factor en estudio

Variedades (V)	Longitud de Espiga (cm)	Granos por Espiga	Peso de Grano (g)	Rendimiento (kg ha⁻¹)
V1 INIAP-Vivar 2010	11,39	23	4,53	1689,52
V2 INIAP-Imbabura 2014	11,98	22	4,4	1643,58
Concentración (C)				
C1 1 x 10 ¹⁰	11,47	22	4,06	1516,44
C2 1 x 10 ¹¹	12,11	24	4,25	1585,59
C3 1 x 10 ¹²	11,47	22	5,09	1897,62
Tiempos de aplicación				
E1 Zadoks 0 (inoculación)	11,54	22	3,97	1482,51
E2 Zadoks 0 (inoculación) y Zadoks 50	11,83	23	4,96	1850,59
Materia Orgánica (M)				
M1 100% Suelo	9,3	10	1,07	398,32
M2 50% Suelo + 50% Bocashi	14,07	35	7,87	2934,78

Elaborado: Autor, 2023.

12.2.1. Longitud de Espiga (LE)

Tabla 24

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Longitud de espiga” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9995	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,0483	*
Concentraciones (C)	0,1661	n.s
V x C	0,1837	n.s
Épocas (E)	0,6054	n.s
V x E	0,0709	n.s
C x E	0,4681	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,3898	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,7966	n.s
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,6776	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0051	**
Ad3 vs Ad4	0,0015	**

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

En la Tabla 22 para la variable “Longitud de Espiga”, en el factor Materia orgánica (M) y todas sus interacciones son altamente significativas (**), en cambio en los factores, Concentración (C), Tiempo de aplicación del biofertilizante (E) y el Factorial vs Adicional y

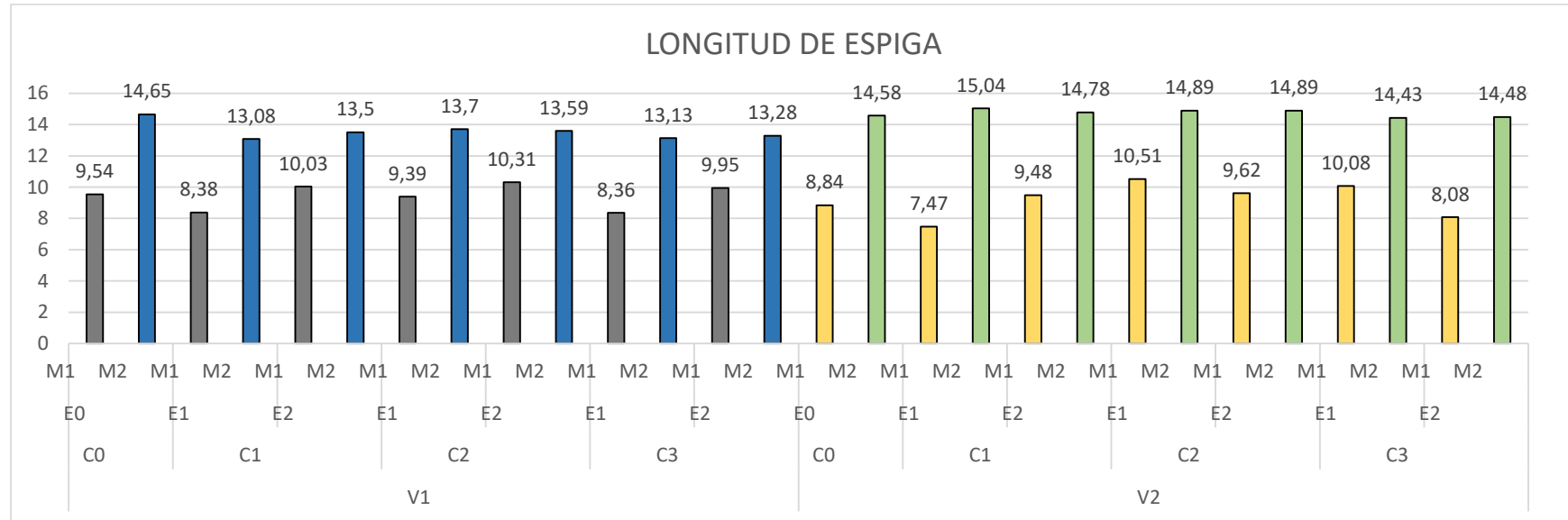
sus interacciones no presentan significancia en los resultados a diferencia de Ad1 vs Ad2 y Ad3 vs Ad4 son altamente significativas.

En la Tabla 21 muestra que esta variable en relación con los factores en estudio obtuvo los siguientes resultados: la variedad INIAP-Vivar 2010 obtuvo longitud de espiga de 11,39 cm y la variedad INIAP-Imbabura 2014 11,98 cm, no hubo diferencias significativas en el factor concentración y tiempos de aplicación de la misma. Esta variable se vio influenciada por materia orgánica, los tratamientos con M1 obtuvieron una longitud de 9,3 cm a diferencia de los tratamientos con M2 que obtuvieron 14,07 cm de longitud de espiga.

Según Herrera (2016), el tamaño de la espiga responde a la fertilización, debido a que estimula el desarrollo vegetativo en la fase de espigado, basando en esta información se puede decir que la hipótesis nula es rechazada a favor de la hipótesis alternativa que afirma que la aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo no presentan similares respuestas agronómicas para esta variable.

Figura 5

Medias de los valores para la variable de “Longitud de Espiga” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.2.2. Número de Granos por Espiga (GxE)

Tabla 25

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Número de Granos por Espiga” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	>0,9999	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,4433	n.s
Concentraciones (C)	0,4525	n.s
V x C	0,3445	n.s
Épocas (E)	0,3763	n.s
V x E	0,2931	n.s
C x E	0,7297	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,3827	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0111	*
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,9015	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0358	*
Ad3 vs Ad4	0,0543	n.s

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

En la tabla 23 se observa que todas las interacciones con materia orgánica tienen diferencias altamente significativas y los factores como la variedad, concentración del biofertilizante, tiempos de aplicación del mismo y sus interacciones no tienen diferencias significativas. En la tabla 21 se muestra que la variedad INIAP-Vivar 2010 obtuvo 23 granos por espiga y la variedad INIAP-Imbabura 2014 22 granos por espiga, los tratamientos tuvieron influencia de materia orgánica obteniendo los siguientes resultados: los tratamientos con el uso de materia orgánica M1 produjo un promedio de 10 granos por espiga a diferencia de los tratamientos con M2 que alcanzaron 35 granos por espiga, en esta variable los tratamientos 11 (V1C2E2M2) y 22 (V2C1E2M2) obtuvieron mayor número de granos (Tabla 16).

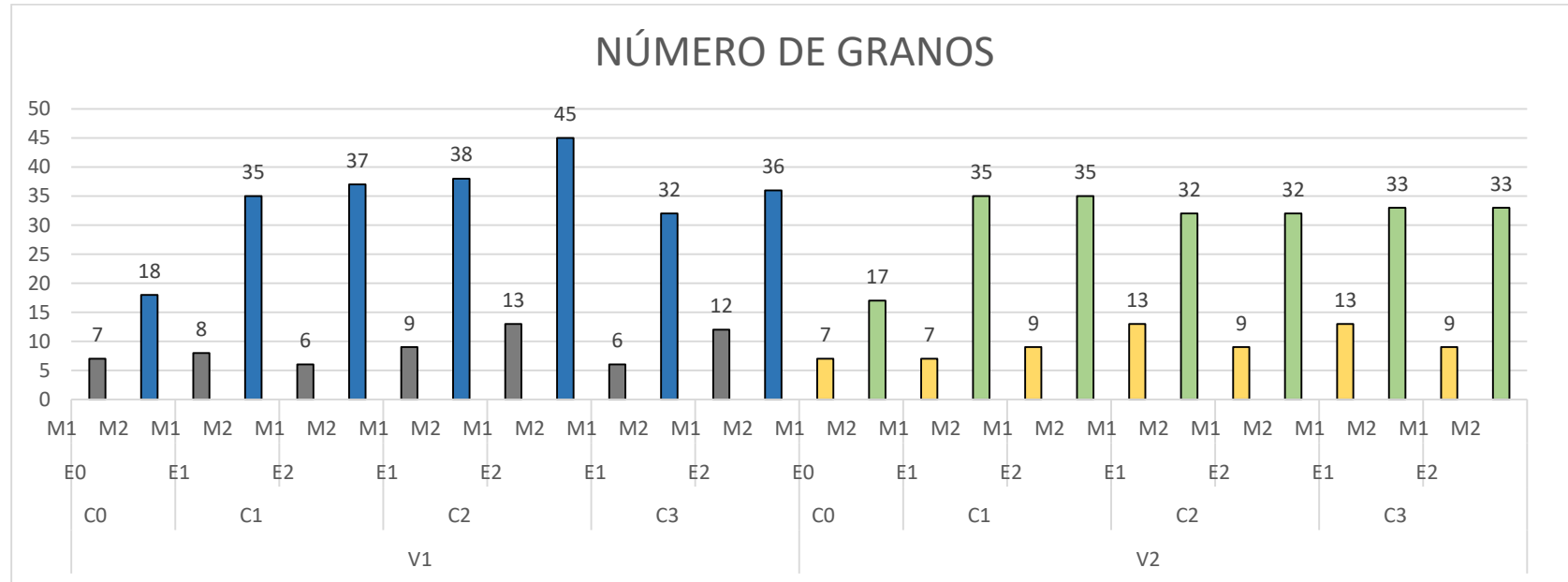
Coronel B et al., (2010), en el plegable No. 331 del INIAP menciona que la variedad INIAP-Vivar 2010 produce en promedio 57 granos por espiga en condiciones de campo y Falconí-Castillo et al., (2014), en el plegable No. 412 del INIAP señala que la variedad INIAP-Imbabura 2014 produce 45 granos por espiga en condiciones de campo.

Ponce- Molina et al., (2019), menciona que este componente es el que permite estimar el nivel de productividad del cultivo, dado que este parámetro está relacionado directamente con la genética de las variedades y las condiciones ambientales de desarrollo del cultivo.

Bajo este argumento y sabiendo que la interacción $V \times C \times E \times M$ es altamente significativa, la hipótesis nula que afirma que “la aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo presentan similares respuestas agronómicas” para esta variable es aceptada.

Figura 6

Medias de los valores para la variable de “Número de Granos” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.2.3. Peso de Grano (PG)

Tabla 26

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Peso de Grano” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9999	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,6391	n.s
Concentraciones (C)	0,0563	n.s
V x C	0,2662	n.s
Épocas (E)	0,4118	n.s
V x E	0,5709	n.s
C x E	0,2323	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,6151	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0178	*
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,8054	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0282	*
Ad3 vs Ad4	0,1083	n.s

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

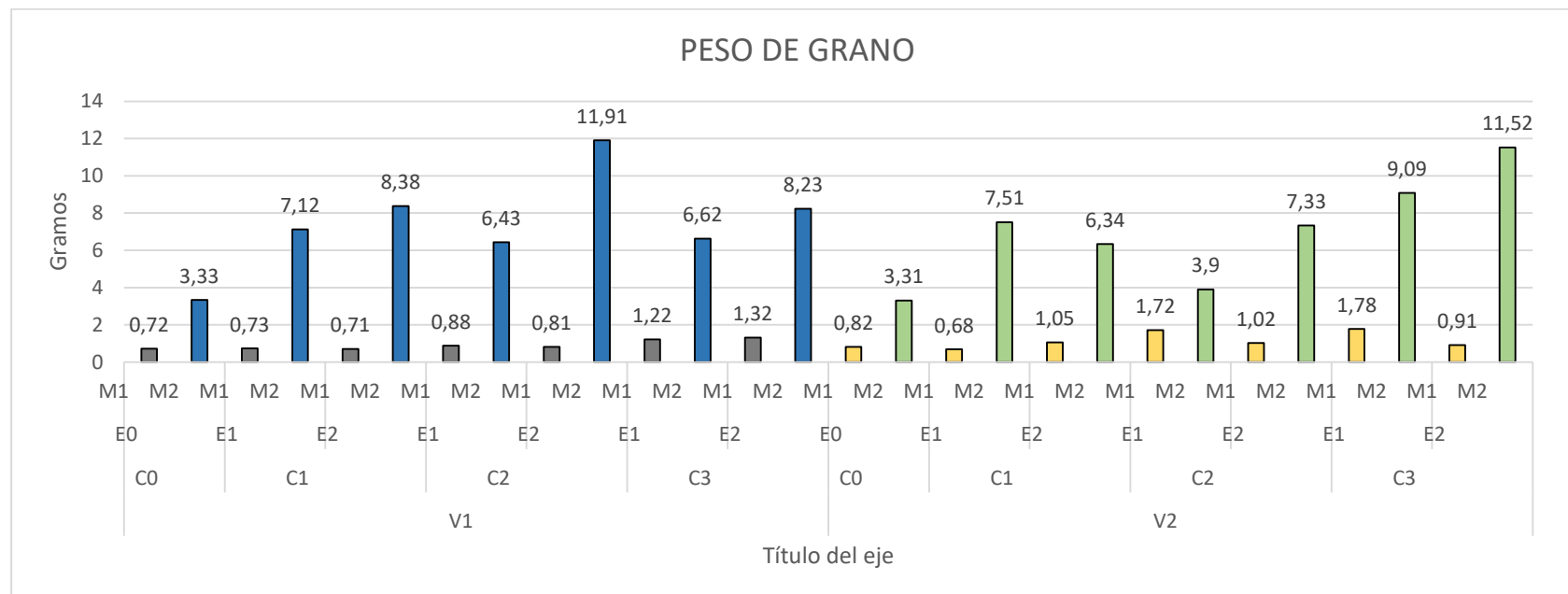
En la Tabla 24 se observa diferencias significativas entre la variable y el factor materia orgánica y todas sus interacciones, además en Factorial vs Adicional y Ad1 vs Ad2, según la Tabla 21, la variedad INIAP-Vivar 1010 obtuvo 4,53g de peso y la variedad INIAP-Imbabura 2014 obtuvo 4,4g de peso, así mismo con las concentraciones C1 y C2 no hay diferencia ya que ambos obtuvieron un promedio de 4g de peso a diferencia de C 3 que obtuvo 5,04 gramos de peso. También se observa diferencias entre tiempos de aplicación del biofertilizante en E1 con 3,97 g y E2 con 4,96 gramos de peso. Con el factor materia orgánica se observó en M1 1,07g en comparación a M2 con peso de 7,85g.

Sangoquiza C., et al. (2022) en la Investigación "Impacto de bacterias promotoras de crecimiento sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Sierra del Ecuador." Mencionan que las bacterias *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* tienen la capacidad de producir fitohormonas, los cuales generan un mejor aprovechamiento de agua, nutrientes y un incremento en peso y rendimiento de grano.

Bajo este argumento, sabiendo que la interacción VxCxExM es altamente significativa, la hipótesis nula que afirma que “la aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las dos variedades de trigo presentan similares respuestas agronómicas” para esta variable es aceptada.

Figura 7

Medias de los valores para la variable de “Peso de Grano” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010 , V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.2.4. Rendimiento kg ha⁻¹

Tabla 27

Resumen de diferencias significativas y no significativas entre la variable “Rendimiento kg ha⁻¹” y los factores en estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis

F de V	p-valor	
Repeticiones	0,9999	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,6391	n.s
Concentraciones (C)	0,0563	n.s
V x C	0,2662	n.s
Épocas (E)	0,4118	n.s
V x E	0,5709	n.s
C x E	0,2323	n.s
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	0,6151	n.s
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0178	*
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,8054	n.s
Ad1 vs Ad2	0,0282	*
Ad3 vs Ad4	0,1083	n.s

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: Nivel de significancia 5% = (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

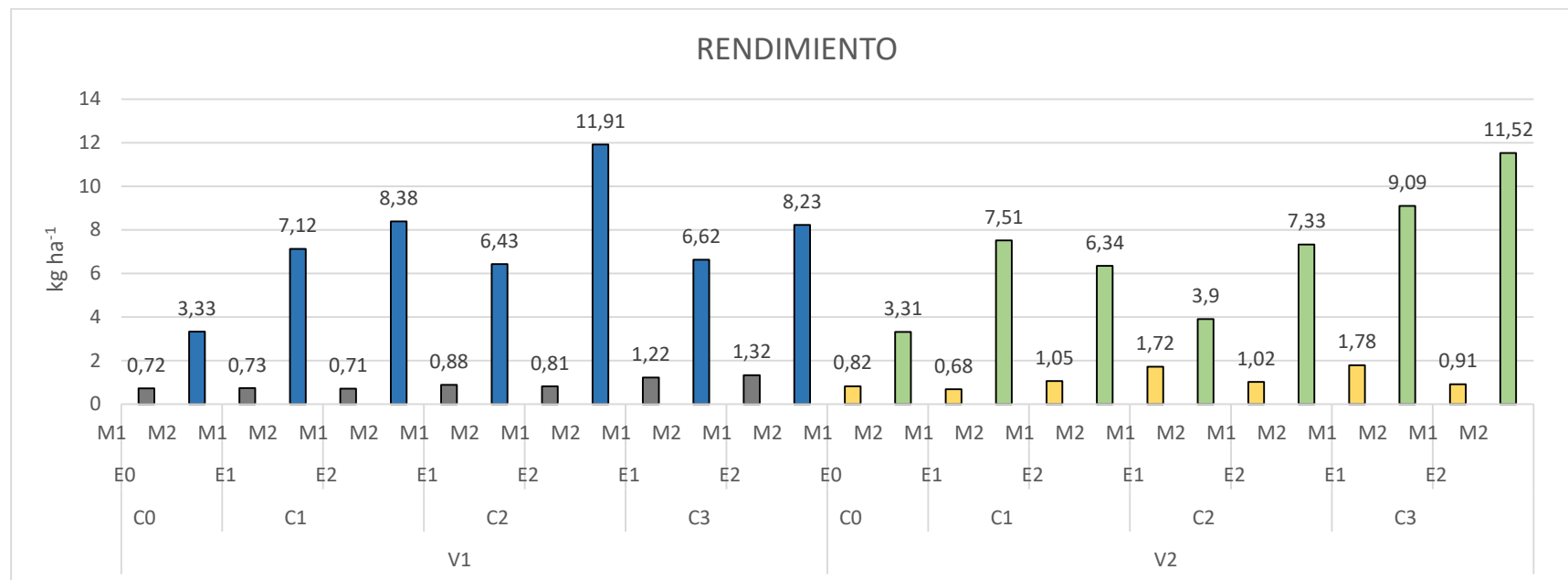
La prueba de Kruskal Wallis (Tabla 25) muestra alta significancia (**) para tratamiento y materia orgánica e interacciones como: V x M, C x M, E x M, V x C x M, C x E x M, E x M x V, V x C x E x M t también Ad1 vs Ad2 con valores menos a 0,005. Por otro lado, para variedades (V), concentración (C), tiempos de aplicación (E) e interacciones como: V x C, V x E y C x E no son significativos debido a que presentan valores superiores a 0,005 en p-valor. La Tabla 21 muestra que la variedad INIAP-Vivar 2010 tuvo rendimiento de 1689,52 kg/ha⁻¹ en comparación a la variedad INIAP-Imbabura 2014 que alcanzó 1643,58 kg/ha⁻¹. Por otra parte, con la aplicación de C3 se obtuvo rendimiento de 1897,62 kg/ha⁻¹ a diferencia de la aplicación de C1 y C2 que se obtuvo rendimiento de 1516,44 y 1585,59 kg/ha⁻¹. En tiempo de aplicación E1 se obtuvo 1482,51 kg/ha⁻¹ y en E2 1850,59 kg/ha⁻¹, así mismo con el nivel de materia orgánica M1 se obtuvo 398,32 kg/ha⁻¹ a diferencia de M2 con 2934,78 kg/ha⁻¹.

Coronel B et al., (2010), en el plegable No. 331 del INIAP menciona que la variedad INIAP-Vivar 2010 produce de 5000 a 6000 kg/ha⁻¹ en condiciones de campo y Falconí-Castillo et al., (2014), en el plegable No. 412 del INIAP señala que la variedad INIAP-Imbabura 2014 produce 4000 kg/ha⁻¹ en condiciones de campo. El hallazgo más relevante que se puede extraer de esta investigación es para la variedad de trigo INIAP-Vivar 2010 el tratamiento 11 (V1C2E2M2) con un alto potencial productivo de 4444,96 kg/ha⁻¹ y para INIAP-Imbabura 2014 tratamiento 24 (V2C3E2M2) con 4298,51 kg/ha⁻¹.

Con valores mencionados en la Tabla 21 y Gigura7 se sustenta el rechazo de H₀, y en efecto se acepta H₁: que plantea “La aplicación de *B. subtilis* + *P. fluorescens* en las dos variedades de trigo no presentan similares respuestas agronómicas”. Según comenta Loredo-Osti, C. et al., (2004), las mezclas o la combinación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal (PGPR) con materia orgánica dan mejores resultados en el rendimiento de las gramíneas.

Figura 8

Medias de los valores para la variable de “Rendimiento en kg ha^{-1} ” de cada tratamiento



Nota: V1: Trigo variedad INIAP-Vivar 2010, V2: Trigo variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.3.Unidades Formadoras de Colonia (UFC×gr⁻¹).

Tabla 28

Resumen de medias de conteo de UFC×gr⁻¹

TRATAMIENTOS	CÓDIGOS	MEDIA
1	V1C1E1M1	1,33E+09
2	V1C2E1M1	1,32E+05
3	V1C3E1M1	7,39E+06
4	V1C1E2M1	6,67E+07
5	V1C2E2M1	2,93E+05
6	V1C3E2M1	6,67E+08
7	V1C1E1M2	2,33E+06
8	V1C2E1M2	2,40E+06
9	V1C3E1M2	1,83E+10
10	V1C1E2M2	1,44E+08
11	V1C2E2M2	7,00E+12
12	V1C3E2M2	8,34E+09
13	V2C1E1M1	1,54E+10
14	V2C2E1M1	3,67E+07
15	V2C3E1M1	5,72E+06
16	V2C1E2M1	3,33E+10
17	V2C2E2M1	2,01E+07
18	V2C3E2M1	7,39E+06
19	V2C1E1M2	3,27E+06
20	V2C2E1M2	1,01E+09
21	V2C3E1M2	2,53E+06
22	V2C1E2M2	1,00E+10
23	V2C2E2M2	1,70E+09
24	V2C3E2M2	1,34E+10
25	T1 V1M1	1,39E+06
26	T2 V2M1	1,34E+10
27	T3 V1M2	7,27E+06

28	T4 V2M2	7,27E+06
----	---------	----------

Elaborado: Autor, 2023.

Tabla 29

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para el conteo de unidades formadoras de colonia (UFC×gr⁻¹)

F de V	p-valor	
Repeticiones	>0,9999	n.s
Tratamientos	<0,0001	**
Variedades (V)	0,1424	n.s.
Concentraciones (C)	0,1063	n.s.
V x C	<0,0001	**
Épocas (E)	<0,0001	**
V x E	<0,0001	**
C x E	<0,0001	**
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V x M	<0,0001	**
C x M	<0,0001	**
E x M	<0,0001	**
V x C x E	<0,0001	**
V x C x M	<0,0001	**
C x E x M	<0,0001	**
E x M x V	<0,0001	**
V x C x E x M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0960	n.s
Ad1; Ad2; Ad3; Ad4	0,0115	n.s
Ad1 vs Ad2	0,2571	n.s
Ad3 vs Ad4	<u>0,0146</u>	n.s

Elaborado: Autor, 2023.

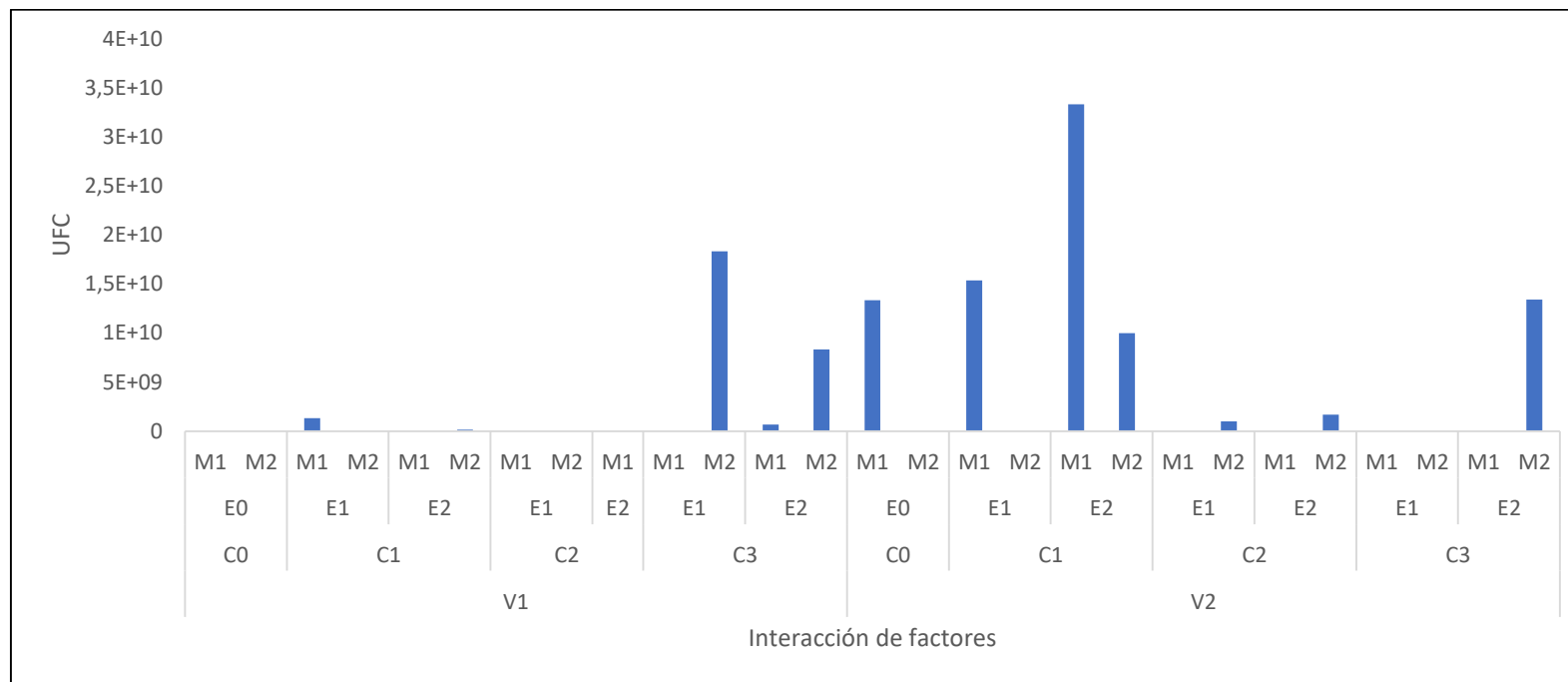
Nota: Nivel de significancia 5%= (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

En la Tabla 27 se observa que la Unidad Formadora de Colonia por gramo de suelo en los factores tiempo de aplicación y materia orgánica todas las interacciones y todas las interacciones dobles, triples y la interacción entre variedad, concentración, tiempos de aplicación y materia orgánica tiene nivel de significancia (**). No obstante, el resto de factores y las interacciones entre adicionales no presentan diferencia significativa.

En la Tabla 26 se detalla la media de UFC por tratamiento y entre estos se destaca el tratamiento 11 (V1C2E2M2) con $7,00E+12$ UFC \times gr⁻¹ siendo el tratamiento en el que prevaleció mayor cantidad de Unidades Formadoras de Colonia y siendo este tratamiento el que obtuvo mayor rendimiento.

Figura 9

Medias de los valores para la variable de “Conteo de UFC” de cada tratamiento



Nota: UFC: unidad formadora de colonia, V1: variedad INIAP-Vivar 2010, V2: variedad INIAP-Imbabura 2014, C0: Testigo sin aplicación del biofertilizante, C1: Concentración del biofertilizante 1×10^{10} UFCs, C2: Concentración del biofertilizante 1×10^{11} UFCs, C3: Concentración del biofertilizante 1×10^{12} UFCs, E1: tiempo 1 (Zadoks 0) de aplicación del biofertilizante, E2: tiempo 2 (Zadoks 0 y Zadoks 50) de aplicación del biofertilizante, M1: 100% tierra, M2: 50% tierra y 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023.

12.4. Análisis de suelo

Tabla 30

*Análisis de suelo del ensayo de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero*

Aálisis		pH		N	P	K	S	MO					
				ppm	ppm	meq/100 g	ppm	%					
Inicial (M1)	23-001	6,64	PN	13,73	D	5,46	B	1,06	A	8,6	B	0,39	B
Inicial (M2)	23-002	7,93	L AI	406,2	A	594,86	A	26,7	A	1270,8	A	12,2	A
Peor Trat.	23-003	7,37	PN	10,81	B	11,34	M	1,42	A	9,45	B	0,46	B
Mejor Trat.	23-004	7,63	L AI	159,1	A	481	A	9,62	A	830,94	A	5,6	A

Elaborado: Autor, 2023.

Nota: 23-001: 100% suelo, 23-002: Bocashi, 23-003: Peor tratamiento (V1C1E1M1), 23-004: Mejor tratamiento (V1C2E2M2); pH, Ac: Acido, N=Neutro, Lac = Ligeramente Acido, LAI = Ligeramente Alcalino, PN = Prácticamente Neutro, AI = Alcalino; Interpretación Elementos: B=Bajo, M=Medio; A=Alto, T=Tóxico (Boro); Abreviaturas: M.O.=Materia Orgánica.

La Tabla 28 muestra el análisis de suelo realizado para el peor y mejor tratamiento tomando en cuenta datos de rendimiento registrados, los resultados obtenidos muestran que el pH para muestras de suelo 23-001 y 23-003 es prácticamente neutro con valores 6,6 y 7,3 y las muestras 23-002 y 23-004 con 7,9 y 7,6 respectivamente son ligeramente alcalinos. Para las muestras 23-002 y 23-004 (muestras con materia orgánica) el contenido de N, P,S,B, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn son altos en comparación a las muestras 23-002 y 23-003 (muestras sin materia orgánica). El alto nivel de materia orgánica en el suelo permitió que los consorcios bacterianos se desarrollen (Corrales-Ramírez et al.,2017).

13. CONCLUSIONES

- Las dos variedades de trigo tuvieron respuestas similares al biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en variables agronómicas como: días de espigamiento, altura de planta, longitud de espiga y biomasa (materia verde, materia seca). No obstante, las dos variedades de trigo tuvieron respuestas diferentes en el número de granos por espiga, peso de granos y consecuentemente en rendimiento viéndose así la variedad de trigo INIAP-Vivar 2010 con mejor rendimiento de 4444,96 kg ha⁻¹.
- La concentración óptima de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* para obtener buen rendimiento de en el cultivo de trigo variedad INIAP-Vivar 2010 fue la C2 (1x10¹¹ UFC) y en la variedad INIAP-Imbabura 2014 la C3 (1x10¹² UFC).
- A nivel de invernadero, el fraccionamiento de la aplicación de cepas promisorias para el crecimiento vegetal incrementó el peso del follaje y el rendimiento de ambas variedades.
- Se determinó que el nivel 2 de materia orgánica (50% suelo + 50% materia orgánica) respondió de manera eficaz a la aplicación del biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*, con excelentes resultados en todas variables agronómicas y de rendimiento en las dos variedades de trigo.
- La mejor interacción en las variables para la variedad INIAP-Vivar 2010 fue (C2E2M2), concentración dos (1x10¹¹ UFC), con dos tiempos de aplicación del biofertilizante (Zadoks 0 y Zadoks 50) y con el uso de materia orgánica. En la variedad INIAP-Imbabura 2014 la mejor interacción fue (C3E2M2), concentración tres (1x10¹² UFC) con dos tiempos de aplicación del biofertilizante y con el uso de materia orgánica.

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios en condiciones de campo para corroborar la información reportada en el invernadero.
- Utilizar el biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* concentración 1×10^{11} UFC para la variedad INIAP-Vivar 2010 y concentración 1×10^{12} UFC para la variedad INIAP-Imbabura 2014.
- Realizar estudios complementarios para determinar si con el uso de este biofertilizante existe influencia en la calidad nutricional en los granos.

15. REFERENCIAS

- Aguayo-González, Dulce Janeth, Guevara-Lara, Fidel, Luna-Ruiz, José de Jesús, Pérez-Cabrera, Laura Eugenia, García-Munguía, Carlos Alberto, & García-Munguía, Alberto Margarito. (2021). Patogenicidad de cepas de Ustilago maydis para la producción en condiciones controladas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(3), 513-524.
- Álvarez-García, J.-A., Santoyo, G., & Rocha-Granados, M. del C. (2020). Pseudomonas fluorescens: Mecanismos y aplicaciones en la agricultura sustentable. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 16(1), 01–10.
- Anguiano Cabello, J. C., Flores Olivas, A., Olalde Portugal, V., Arredondo Valdés, R., & Laredo Alcalá, E. I. (2019). Evaluación de cepas de Bacillus subtilis como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista bio ciencias*, 6, e418.
- Arkhipova, T.N., Veselov, S.U., Melentiev, A.I., Martynenko, E.V., and Kudoyarova, G.R. (2005). Ability of bacterium *B. subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous hormone content of lettuce plants. *Plant and Soil* 272: 201-209.
- Armenta-Bojórquez, A. D., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., Apodaca-Sánchez, M. Á., Gerardo-Montoya, L., & Nava-Pérez, E. (2010). BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.
- Báez, F., Perdomo, C., Pincay, A., Tello, C., Villamizar, L., Trevor, J., Jaronski, S., Viera, W. (2019). Manual de Análisis de calidad para formulaciones con base en hongos biocontroladores. Manual No. 112. INIAP - Estación Experimental Santa Catalina. Mejía - Ecuador. 45p.
- Barea, J. M.; Pozo, M. J.; Azcón, R. and Azcón, A. C. (2005). Microbial cooperation in the rhizosphere. *J. Exp. Bot.* 56(417):1761-1778.
- Barreto Figueiredo M. V., Seldin L., de Araujo F. F., & Ramos Mariano R. L. (2010). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications. In D. K. Maheshwari (ed.) *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*, Microbiology Monographs, vol 18 (21-43).
- Calero Hurtado, A., Quintero Rodríguez, E., Pérez Díaz, Y., Olivera viciedo, D., Peña Calzada, K., & Jiménez Hernández, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33.

- CASTRO MALDONADO, John Jairo; GOMEZ MACHO, Leidy Katherine and CAMARGO CASALLAS. (2023). Esperanza. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. Vol.27, n.75, pp.8-8.
- Chávez Rea, M. A., & Vásquez-Guzmán, J. E. (2021). Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de fréjol arbustivo. *Siembra*, 8(2), e2657.
- Coronel Becerra, J.W.J., Falconí, E., Garófalo Sosa, J. A., Rivadeneira, M., Adab, S. (2010). INIAP – VIVAR 2010 Nueva Variedad de trigo para el sur del Ecuador. Gualaceo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental del Austro, Programa de Cereales. (Plegable No. 331).
- Corrales Ramírez, L., Caycedo Lozano, L., Gómez Méndez, M., Ramos Rojas, S., & Rodríguez Torres, J. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 15(27), 45-65
- Dughetti, A., Lanati, S. (2013). Plagas de la zanahoria y su manejo. Manual De Producción de Zanahoria. Capítulo 6.
- Falconí-Castillo, E., Garófalo, J., Ponce, L., Coronel, J., y Abad G., S. (2014). INIAP-Imbabura 2014: Nueva variedad de trigo de grano rojo para zonas trigueras del Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (Plegable no. 412).
- Francisco M. (2014). EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE TRIGO (*Triticumaestivum*L.) LOCALES CON TRES TIPOS DE MANEJO DE LA NUTRICIÓN JUAN MONTALVO – CAYAMBE. 2013.
- Garófalo et al., (2018). EVALUATION OF NUTRIENT OMISSION AND NITROGEN AGRONOMIC EFFICIENCY ON WHEAT (*Triticum aestivum* L.) IN IMBABURA-ECUADOR.
- Garro Alfaro, J. E. INTA. (2016). *EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS*.
- González F., Harold, & Fuentes M., Natalia. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17-31.
- González Torres, Rebeca, González Segnana, Luis R., Arias, Osmar René, & Ramírez, María Bernarda. (2021). Áfidos vectores del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en cultivo de trigo en el Paraguay. *Investigación Agraria*, 23(1), 28-31.


- González-Cañizares, P. J., Reyes-Rouseaux, R., Fernández-Milanés, D., San Juan-Rodríguez, A. N., Dopico-Ramírez, D., Ramírez-Pedroso, J. F., & Fundora-Sánchez, L. R. (2020). Biofertilización con *Rhizoglyphus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II. *Cultivos Tropicales*, 41(3), e03.
- Jaiswal, D. K., Gawande, S. J., Soumia, P. S., Krishna, R., Vaishnav, A., & Ade, A. B. (2022). Biocontrol strategies: an eco-smart tool for integrated pest and diseases management. *BMC Microbiology*, 22(1), 1–5.
- Janeta, P. V. (2011). Evaluación Agronómica de cinco materiales promisorios de trigo (*Triticum vulgare* L) en dos localidades de la Provincia de Chimborazo y una en la Provincia de Bolívar. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Layton C, Maldonado E, Monroy L, Corrales LC y Sánchez LC. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. *Revista NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*. 9:177-187.
- Lucía M, MÉNDEZ, BOTTO, Eduardo N, FLORES, Dora, CAGNOTTI, Cynthia L, LÓPEZ, Silvia N, & VISCARRET, Mariana M. (2016). Evaluación de tres clases de trigo para la cría de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) como hospedante utilizado en la cría de enemigos naturales. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 75(3-4), 105-116.
- Manangón, P., Monteros, M., & Rosita Espinoza, I. (2012). EVALUACIÓN DE SIETE VARIETADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) CON TRES TIPOS DE MANEJO NUTRICIONAL, A 2890 m.s.n.m. JUAN MONTALVO-CAYAMBE.
- Mariscal-Amaro, L. Antonio, Huerta-Espino, Julio, Villaseñor-Mir, H. Eduardo, Leyva-Mir, S. Gerardo, Sandoval-Islas, J. Sergio, & Benítez-Riquelme, Ignacio. (2009). Genética de la resistencia a roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Erikss. & Henning) en tres genotipos de avena (*Avena sativa* L.).
- Molina, T, (1950). AHIJAMIENTO DE TRIGO. Madrid, p. 22-50. hd_1950_22.pdf
- Mora-Quilismal, S. R., Cuaical-Galárraga, E. T., García-Bolívar, J., Revelo-Ruales, V. W., Puetate-Mejía, L. M., Aguila-Alcantara, E., & Ruiz-Sánchez, M. (2021). Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales*, 42(2).

- Moreno I, Ramírez A, Plana R, Iglesias L. (2001). EL CULTIVO DEL TRIGO. ALGUNOS RESULTADOS DE SU PRODUCCIÓN EN CUBA. *Cultivos Tropicales*, vol. 22, no. 4, p. 55-67.
- Pérez, S; Coto O; Echemendía, M; Ávila, G. (2015). *Pseudomonas fluorescens* Migula, ¿Control biológico o patógeno? (en línea). *Rev. Protección Veg* 30(3):225-234.
- Ponce-Molina, L., J. Garófalo, J. Ochoa, E. Falconí and M. Kohli. (2016). The History of Wheat Breeding in Ecuador. In: A. Bonjean; W. Angus and M. Van Ginkel, editors, *The World Wheat Book*. Lavoisier.
- Ponce-Molina, L. (2019). Repositorio Digital INIAP: Parámetros de evaluación y selección en cereales
- Pradhan N, Sukla LB. (2006). Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*. 5(10):14-25.
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Ramos, D., Terry, E., Soto Carreño, F., & Cabrera Rodríguez, J. A. (2014). *BOCASHI: ABONO ORGÁNICO ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS EN BOCAS DEL TORO, PANAMÁ Bocashi: organic manure elaborated starting from residuals of bananas production in Bocas del Toro, Panama*.
- Ramos-Ulate, C. M., Pérez-Álvarez, S., Guerrero-Morales, S., & Palacios-Monarez, A. (2021). Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como alternativas para un cultivo sustentable. *Cultivos Tropicales*, 42(2).
- Rentería Martínez, María Eugenia, Ochoa Meza, Andrés, Guzmán Ortiz, Juan Manuel, Barrera Silva, Miguel Ángel, Fernández Herrera, Ernesto, & Moreno Salazar, Sergio Francisco. (2019). In vitro activity to promote plant growth and biological control of rhizobacteria isolated from bermuda grass ruderal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(2), 311-324.
- Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 9, núm. 2, (2018). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rios & Ramiro. (2020). ANÁLISIS DE LAS IMPORTACIONES DE TRIGO EN EL ECUADOR DURANTE EL PERIODO 2015-2019. repositorio.utmachala.edu.ec


- Rodríguez Sánchez, J., Ríos Rocafull, Y., & Baró Robaina, Y. (2016). Efectividad de cepas de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp. para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 37(Supl. 1), 13-19.
- Rodríguez-García, M. Florencia, Huerta-Espino, Julio, Villaseñor-Mir, Héctor E., Sandoval Islas, José S., & Singh, Ravi P. (2010). Análisis de virulencia de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) del trigo (*Triticum aestivum* L.) en los Valles Altos de México. *Agrociencia*, 44(4), 491-502.
- SCHIERENBECK, M, FLEITAS, M.C, GOLIK, S. I, & SIMÓN, M.R. (2015). Generación de biomasa y rendimiento en trigo frente a infecciones de *Puccinia triticina* y *Pyrenophora tritici-repentis*. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 14(2).
- SIAP. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agroalimentaria y Pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México.
- Tapia-Torres, Yunuen, & García-Oliva, Felipe. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: Una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 231-242.
- Tejera-Hernández B, Rojas-Badía MM y Heydrich-Pérez M. (2011). *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 42:131-138.
- Tipanluisa. F., Monteros. M & Rosita.E. (2014). EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE TRIGO (*Triticumaestivum*L.) LOCALES CON TRES TIPOS DE MANEJO DE LA NUTRICIÓN JUAN MONTALVO – CAYAMBE. 2013.
- Tsavkelova, E.A., Klimova, S.Y., Cherdyntseva, T.A. and Netrusov, A.I. (2006). Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. *Applied Biochemistry Microbiology* 42(2): 117-126.
- Villaseñor Mir, Héctor Eduardo, Huerta Espino, Julio, Hortelano Santa Rosa, René, Martínez Cruz, Eliel, Rodríguez García, María Florencia, & Alvarado Padilla, Jorge Iván. 2020. Conatrigo F2015: nueva variedad de trigo harinero para zonas de riego en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1993-1997.
- Yadav KK, Sarkar S. (2019). Biofertilizers, impact on soil fertility and crop productivity under sustainable agriculture. *Environment and Ecology*. 37(1):89-93.

16. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PUNTAS Y AGUAS
 Paranaense Su. 455 - 3310 - Corrientes
 Tel. 022-3007284 - 022-3057295
 Mail: laboratorio.soa@inia.gov.ar



26/12/2022
11:00
08/01/2023
13/01/2023

INFORME DE ENSAYO No: 23-0001

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 26/12/2022
 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:00
 FECHA DE ANÁLISIS: 08/01/2023
 FECHA DE EMISIÓN: 13/01/2023
 ANÁLISIS SOLICITADO: SI

CLIENTE: Programa de Cereales EESC.
CONTACTO: Ing. Javier Garófalo
DIRECCIÓN: Programa de Cereales EESC
 Estación Santa Catalina

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 26/12/2022
 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:00
 FECHA DE ANÁLISIS: 08/01/2023
 FECHA DE EMISIÓN: 13/01/2023
 ANÁLISIS SOLICITADO: SI

Análisis	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	S	IMO	CO ²	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN
																			mm/100g	mm/100g	%	
13-0001	5,64	7,6	13,75	5,46	0,08	1,06	6,77	2,01	2,5	5,7	69	5,5	3,37	1,00	8,10	9,84	0,70	0				Muestra 1
13-0002	7,51	1,01	406,15	594,06	11,70	2,43	28,94	13,72	71,0	10,2	219	534,6	233	0,51	1,60	65,35	12,27	4				Muestra 2
13-0003	7,27	1,01	10,81	11,34	9,65	0,16	3,42	2,27	3,8	6,0	41	7,8	3,37	1,05	0,99	11,36	0,46	0				Muestra 3
13-0004	7,62	1,40	155,10	181,28	830,04	1,81	1,91	9,62	22,88	4,96	46,7	9,0	2,58	0,92	5,30	41,36	5,69	4				Muestra 4
13-0005	6,27	1,01	144,14	130,23	173,64	1,00	3,83	23,62	6,89	44,3	6,1	155	36,7	1,79	7,92	34,58	3,89	4				Muestra 5
13-0006	7,74	1,01	16,11	4,82	13,08	0,14	0,97	7,23	2,31	2,6	46	3,4	6,24	2,19	10,32	50,75	3,40	0				Muestra 6
13-0007	6,01	1,40	267,07	50,61	19,22	0,10	2,67	1,06	3,7	1,3	361	5,2	9,0	15,38	233,14	8,51	7,44	4				Muestra 7

ANÁLISIS SOLICITADOS POR EL CLIENTE:

ANÁLISIS	RESULTADO	IDENTIFICACIÓN
Ca/Mg	0,28	
Mg/K	0,11	
Ca+Mg/K	0,39	

RECOMENDACIONES:

ANÁLISIS	RECOMENDACIÓN
Ca/Mg	0,28
Mg/K	0,11
Ca+Mg/K	0,39

OTROS DATOS:

ANÁLISIS	RESULTADO	IDENTIFICACIÓN
Ca/Mg	0,28	
Mg/K	0,11	
Ca+Mg/K	0,39	

OTROS DATOS:

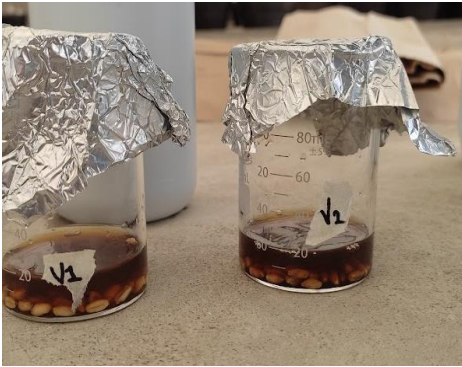
ANÁLISIS	RESULTADO	IDENTIFICACIÓN
Ca/Mg	0,28	
Mg/K	0,11	
Ca+Mg/K	0,39	

Este documento es propiedad de INIA y su contenido no se puede reproducir sin el consentimiento escrito de INIA. Los resultados de los análisis de laboratorio son válidos únicamente para el cliente que los solicitó. INIA no se responsabiliza por los errores de interpretación de los resultados de los análisis de laboratorio. * Opiniones de interpretación: INIA no se responsabiliza por los errores de interpretación de los resultados de los análisis de laboratorio.

Anexo 2. Preparación del sustrato



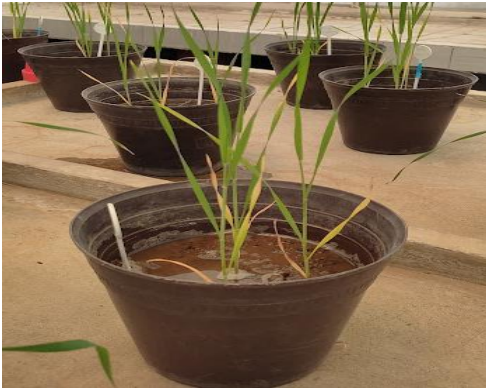
Anexo 3. Inoculación de semilla



Anexo 4. Siembra



Anexo 5. Riego



Anexo 6. Muestreo de suelo



Anexo 7. Registro de datos



Anexo 8. Peso de materia verde y seca (incluye raíz, follaje y grano)



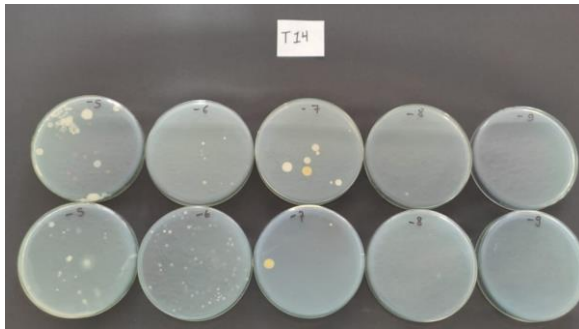
Anexo 9. Diluciones



Anexo 10. Siembra de diluciones



Anexo 11. Conteo de UFC



Anexo 12. Libro de campo

TRAT	CÓDIGOS	ALTURA DE PLANTA	DÍAS DE ESPIGAMIENTO	MATERIA VERDE (gr)	MATERIA SECA (gr)	LONGITUD DE ESPIGA (cm)	NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA	PESO DE GRANO (g)	RENDIMIENTO (Kg/ha)	UFC
1	V1C1E1M1	47,37	57	8,13	4,4	8,38	8	0,72	268,66	1,33E+09
2	V1C2E1M1	52,75	57	7,79	4,36	9,32	9	0,87	324,63	1,32E+05
3	V1C3E1M1	48,78	56	6,25	3,77	8,36	6	1,22	455,22	7,39E+06
4	V1C1E2M1	51	56	8,31	4,51	9,99	6	0,7	261,19	6,67E+07
5	V1C2E2M1	50	57	7,98	4,93	10,29	13	0,81	302,24	2,93E+05
6	V1C3E2M1	55	55	9,53	6,45	9,97	12	1,33	496,27	6,67E+08
7	V1C1E1M2	66,33	59	26,95	22,95	13,13	35	7,12	2656,72	2,33E+06
8	V1C2E1M2	66,33	58	30,22	27,23	13,69	38	6,41	2391,79	2,40E+06
9	V1C3E1M2	65,4	61	27,8	24,68	13,12	32	6,65	2481,34	1,83E+10
10	V1C1E2M2	69,8	58	28,51	24,48	13,5	37	8,36	3119,4	1,44E+08
11	V1C2E2M2	66,5	58	34,99	27,54	13,58	45	11,92	4447,76	7,00E+12
12	V1C3E2M2	67	59	28,24	23,58	13,27	36	8,22	3067,16	8,34E+09
13	V2C1E1M1	49,88	56	7,51	5,55	7,48	7	0,68	253,73	1,54E+10
14	V2C2E1M1	56,98	48	12,5	8,57	10,5	13	1,73	645,52	3,67E+07
15	V2C3E1M1	53,67	57	9,97	7,99	10,1	13	1,79	667,91	5,72E+06
16	V2C1E2M1	52,67	56	8,9	6,49	9,45	9	1,06	395,52	3,33E+10
17	V2C2E2M1	52,53	56	8,01	5,76	9,62	9	1,02	380,6	2,01E+07
18	V2C3E2M1	48,17	59	6,27	4,27	8,09	9	0,91	339,55	7,39E+06
19	V2C1E1M2	62,65	55	33,2	25,98	15,04	35	7,51	2802,24	3,27E+06
20	V2C2E1M2	61,67	59	26,6	22,2	14,88	32	3,9	1455,22	1,01E+09
21	V2C3E1M2	62	59	36,94	29,45	14,41	33	9,09	3391,79	2,53E+06
22	V2C1E2M2	60,33	60	31,5	24,47	14,81	35	6,34	2365,67	1,00E+10
23	V2C2E2M2	60,5	59	29,15	21,99	14,89	32	7,34	2738,81	1,70E+09
24	V2C3E2M2	63,33	59	41,75	37	14,45	33	11,52	4298,51	1,34E+10
25	T1 V1C0E0N	48,47	56	6,3	4,53	9,47	7	0,72	268,66	1,39E+06
26	T2 V2C0E0N	51,7	58	7,5	5,25	8,87	7	0,81	302,24	1,34E+10
27	T3 V1C0E0N	75,52	57	14,5	10,8	14,8	18	3,33	1242,54	7,27E+06
28	T4 V2C0E0N	65,75	56	11,5	9,28	14,58	17	3,28	1223,88	7,27E+06

Anexo 13. Aval de traducción de Inglés.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus Subtilis* + *Pseudomonas Fluorescens* EN DOS VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.), EN DOS TIEMPOS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA”** presentado por: **Erika Mishell Masabanda Sacatoro**, egresada de la Carrera de: **Ingeniería Agronómica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo de 2023.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
PATRICIA MARCELA
CHACON PORRAS



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Patricia Marcela Chacón Porras
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
C.C: 0502211196