



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 CEBADA (*Hordeum vulgare* L.), EN DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA EESC.”

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

Autor:

Pastuña Pilaguano Oscar Washington

Tutor:

Chasi Vizquete Wilman Paolo

Cotutor:

Ponce Molina Luis Jonatan

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Oscar Washington Pastuña Pilaguano con cédula de ciudadanía No. 1726043118, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC.”, 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

Oscar Washington Pastuña Pilaguano

Estudiante

CC: 1726043118

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.

Docente Tutor

CC: 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 **PASTUÑA PILAGUANO OSCAR WASHINGTON**, identificado con cédula de ciudadanía **172043118** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor Cristian Fabricio 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. - **EL 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 cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC.”, 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 Vizueté

Tema: “Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC.”

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, **EL 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 **EL 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 **EL 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 **EL 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 **EL 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.

Oscar Washington Pastuña Pilaguano

EL CEDENTE

Dr. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez

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 CEBADA (*Hordeum vulgare* L.), EN DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA EESC.”, de Pastuña Pilaguano Oscar Washington 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, el postulante: Pastuña Pilaguano Oscar Washington, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* EN DOS VARIEDADES MEJORADAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.), EN DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA EESC.”, 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de febrero del 2023

Lector 1 (Presidente)

Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.

CC: 0501974703

Lector 2

Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.

CC: 0501883920

Lector 3

Jorge Fabian Troya Sarzosa, Ph.D.

CC: 0501645568

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que, de una forma u otra, han estado conmigo en momentos difíciles, alegres y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo infinita gratitud por la paciencia que me han mostrado. No tengo palabras para agradecer las innumerables veces que me han apoyado en todas las decisiones que he tomado en mi vida, algunas buenas, algunas malas, algunas locas. Gracias por darme la libertad de desarrollarme como persona.

A mis hermanos que me alegran todos los días.

A mis amigos y amigas. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas, los buenos y malos momentos.

No puedo dejar de agradecer a mi director de tesis, Ing. P. Chasi y codirector Dr. L. Ponce y a los Ing. J. Garófalo, Ing. J. Noroña, Sra. R. Masacela, Sra. M. Chuquiano del Programa de Cereales del INIAP. Sin dejar de lado a la Ing. A. Pincay y Ing. C. Sangoquiza del Programa de Maíz por brindarnos la orientación y asesoramiento profesional.

Oscar Washington Pastuña Pilaguano

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios quien me dio la vida y me permitió llegar a este importante momento de formación profesional. A mi padre, madre y hermanas, quienes son mis principales pilares y siempre me demuestran su amor y apoyo incondicional a pesar de nuestras diferencias. A mi abuela M. Gavilanes, que Dios la tiene en su gloria por mostrarme, que la edad no es una limitante para aprender, con paciencia y lucha constante.

Oscar

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 CEBADA (*Hordeum vulgare* L.), EN DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA EESC.”

AUTOR: Pastuña Pilaguano Oscar Washington

RESUMEN

La presente investigación se la realizó en el Programa de Cereales en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ubicado en la Parroquia Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador. Tuvo como objetivo general evaluar un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero. Para lo cual se realizó actividades que permitieron evaluar la respuesta del *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las variedades de cebada INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alfa 2021, identificar la concentración de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de cebada, establecer los tiempos de aplicación del *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* durante su desarrollo, determinar la respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en suelos con dos niveles de materia orgánica y determinar el mejor tratamiento en respuesta a *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las variedades de cebada. Se estableció un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo factorial de A×B×C×D + 4N (adicionales/testigos), con un total de 28 tratamientos en 4 repeticiones. Para el análisis de datos se realizó la prueba de bondad de Kolmogorov y la prueba de Kruskal Wallis, generando ANOVAS, tablas 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 con base al Manual No. 111 Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales y para el conteo de unidades formadoras de colonia (UFC) de acuerdo al Manual No. 112 sobre Análisis de Calidad para Formulaciones con Base en Hongos con Biocontroladores. Con los datos obtenidos se determinó que el biofertilizante tuvo mejor efecto en la variedad INIAP-alfa 2021 con la aplicación de concentración 1×10^{11} UFC, mientras que para la variedad INIAP-Cañicapa 2003 la concentración efectiva es 1×10^{12} UFC, para las dos variedades se determinó las aplicaciones en Zadocks 0 (inoculación) y en Zadocks 50 (espigamiento) utilizando materia orgánica, donde el mejor resultado es el tratamiento V2C2E2M2 con un potencial productivo de 5728,8 kg ha⁻¹ bajo invernadero.

Palabras clave: Biofertilizante, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, cebada, producción.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF A *Bacillus subtilis* BASED BIOFERTILIZER + *Pseudomonas fluorescens* IN TWO IMPROVED VARIETIES OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.), IN TWO TIMES OF APPLICATION AND WITH THE USE OF ORGANIC MATER, UNDER GREENHOUSE IN THE EESC.”

AUTHOR: Pastuña Pilaguano Oscar Washington

ABSTRACT

The study was carried out at the Cereal Program in the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIAP) in the 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 barley (*Hordeum vulgare* L.), in two application seasons and with the use of organic matter, under greenhouse. For which activities were carried out that allowed to evaluate the response of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in the two varieties of barley INIAP-Cañicapa 2003 and INIAP-Alfa 2021, identify the concentration of application of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in the barley crop, establish the application times of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* during its development, determine the response of *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* in soils with two levels of organic matter and determine the best treatment in response to *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* of the barley varieties. Completely Random Block Design (DBCA) with a factorial arrangement of A×B×C×D + 4N (additional/ witnesses) was established, resulting in 28 treatments total, in 4 repetitions. For the data analyses was made the Kolmogorov and Kruskal Wallis tests, generating ANOVAS, media tables and figures for the evaluated variables: days to heading, plant height, amount of green and dry matter, length of spike, number of grains per spike, grain weight and yield based on the Manual No. 111 Evaluation and Selection Parameters in Cereals and for the count of colony-forming units (CFU) according to Manual No. 112 on Quality Analysis for Formulations Based on Fungi with Biocontrollers. With the data obtained was determined that the biofertilizer had a better effect on the variety INIAP-Alfa 2021 with the application of contraction 1×10^{11} CFU, while for the INIAP-Cañicapa 2003 variety the effective concentration is 1×10^{12} CFU, for both varieties the applications were determined in Zadocks 0 (inoculation) and in Zadocks 50 (heading) using organic matter, where the best result is the V2C2E2M2 treatment with a productive potential of $5728.8 \text{ kg ha}^{-1}$ under greenhouse.

Keywords: Biofertilizer, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, barley, productivity.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xv
1. Información General.....	1
2. Descripción del Proyecto.....	2
3. Justificación del Proyecto.....	3
4. Beneficiarios del Proyecto de Investigación.	4
4.1. Directo	4
4.2. Indirecto	4
5. Formulación del Problema.....	5
6. Objetivo de la Investigación.....	8
6.1. Objetivo General.....	8
6.2. Objetivos Específicos	8
6.3. Actividades y Sistema de Tareas en Relación a los Objetivos Planteados.....	9
7. Fundamentación Científico Técnica.....	11
7.1. Origen	11
7.2. Generalidades del Cultivo de Cebada.....	11
7.3. Clasificación Taxonómica	12
7.4. Características Morfológicas	12
7.4.1. Raíz.....	12
7.4.2. Tallo.....	12
7.4.3. Hojas.....	13
7.4.4. Flores	13
7.4.5. Espiga	13
7.4.6. Grano	13
7.5. Crecimiento y Desarrollo de la Cebada	14

7.6.	Variedades Mejoradas de Cebada.....	15
7.6.1.	Variedad de cebada: INIAP - CAÑICAPA 2003	15
7.6.2.	Variedad de cebada: INIAP-ALFA 2021	17
7.7.	Manejo de Cultivo	19
7.7.1.	Selección del Lote	19
7.7.2.	Preparación del Suelo	19
7.7.3.	Siembra.....	19
7.7.4.	Fertilización.....	19
7.7.5.	Control de Maleza	20
7.7.6.	Enfermedades de la Cebada.....	20
7.7.7.	Cosecha y Almacenamiento	21
7.8.	Rizobacterias Promotoras de crecimiento Vegetal RPCV o PGPR.....	22
7.8.1.	Bacillus subtilis	24
7.8.2.	Pseudomonas fluorescens	26
7.9.	Biofertilizante	29
7.10.	Materia Orgánica.....	31
7.10.1.	Abonos Orgánicos.....	31
8.	Validación de las Preguntas Científicas o Hipótesis.	35
8.1.	Hipótesis nula.....	35
8.2.	Hipótesis alternativa.....	35
9.	Materiales y Metodología.....	36
9.1.	Materiales.....	36
9.1.1.	Experimental.....	36
9.1.2.	Laboratorio	36
9.1.3.	Equipos	36
9.1.4.	Reactivos:	36
9.1.5.	Invernadero.....	37
9.2.	Metodología.....	37
9.2.1.	Localización.....	37
9.2.2.	Tipo de Investigación	38
9.2.3.	Modalidad Básica de Investigación.....	38
9.2.4.	Técnica e Instrumentos para la Recolección de Datos	38
9.2.5.	Diseño experimental	39

9.3.	Variables y Métodos de Evaluación	42
9.3.1.	Principales variables agronómicas.....	42
9.3.2.	Variables a evaluar en post-cosecha.....	43
9.4.	Distribución	44
9.4.1.	Distribución de las Unidades Experimentales	44
9.4.2.	Diseño del Ensayo en Invernadero	45
9.5.	Manejo Específico del Experimento.....	45
9.5.1.	Fase I: Campo.....	45
9.5.2.	Fase II: Laboratorio	47
10.	Análisis y Discusión de Resultados.....	50
10.1.	Variables agronómicas	50
10.1.1.	Días al espigamiento	53
10.1.2.	Altura de Planta (cm).....	56
10.1.3.	Cantidad de Materia Verde (raíz, follaje y grano) (MV) (g).	59
10.1.4.	Cantidad de Materia Seca (raíz, follaje y grano) (MS) (g).	62
10.1.5.	Longitud de Espiga (cm).....	65
10.2.	Variables de rendimiento	68
10.2.1.	Número de Granos por Espiga.....	70
10.2.2.	Peso de Grano por Espiga (g)	73
10.2.3.	Rendimiento de Grano (kg ha ⁻¹)	76
10.3.	Unidades Formadoras de Colonia (UFC×gr ⁻¹).....	79
10.4.	Análisis de Suelo.....	82
11.	Conclusiones y Recomendaciones	84
11.1.	Conclusiones	84
11.2.	Recomendaciones.....	85
12.	Referencias Bibliográficas.....	86
13.	Anexos.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados	9
Tabla 2 Clasificación taxonómica de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	12
Tabla 3 Escala Zadoks descriptiva de las etapas fenológicas de los cereales	14
Tabla 4 Características morfológicas de la variedad INIAP Cañicapa 2003 de cebada.....	16
Tabla 5 Características agronómicas de la variedad INIAP Cañicapa 2003 de cebada	17
Tabla 6 Características morfológicas de la variedad INIAP Alfa 2021 de cebada	17
Tabla 7 Características agronómicas de la variedad INIAP Alfa 2021 de cebada	18
Tabla 8 Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal y su efecto.....	24
Tabla 9 Clasificación taxonómica de <i>Bacillus subtilis</i>	25
Tabla 10 Clasificación taxonómica de <i>Pseudomonas fluorescens</i>	28
Tabla 11 Listado de ventajas y desventajas inherentes al empleo de biofertilizantes, las cuales se describen a continuación	30
Tabla 12 Clasificación de los abonos orgánicos.....	32
Tabla 13 Receta para preparar 350 kg de bocashi	33
Tabla 14 Ubicación del sitio experimental	37
Tabla 15 Esquema ADEVA del ensayo de la evaluación del biofertilizante a base de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en dos variedades de cebada.	39
Tabla 16 Tratamientos para la evaluación del biofertilizante a base de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en dos variedades de cebada en R1.	40
Tabla 17 Resumen de medias por tratamientos para las variables agronómicas.....	50
Tabla 18 Resumen de medias para las variables en estudio aplicado a las variables agronómicas	52
Tabla 19 Prueba de Kruskal Wallis para la variable días al espigamiento (días).....	53
Tabla 20 Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta (cm).....	56
Tabla 21 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable materia verde (g).....	59
Tabla 22 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable materia seca (g).....	62
Tabla 23 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable longitud de espiga (cm)	65
Tabla 24 Resumen de medias para las variables de rendimiento	68
Tabla 25 Resumen de medias para las variables en estudio aplicado a las variables de rendimiento	69
Tabla 26 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable número de granos por espiga ...	70
Tabla 27 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable peso de grano por espiga (g)....	73
Tabla 28 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	76

Tabla 29 Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable de conteo de unidades formadoras de colonia (UFC×gr ⁻¹)	79
Tabla 30 Análisis de suelo del ensayo de evaluación de un biofertilizante a base de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en dos variedades mejoradas de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Media de los valores para la variable días al espigamiento	55
Figura 2 Media para la variable altura de planta	58
Figura 3 Valores de media para la variable cantidad de materia verde	61
Figura 4 Valores de media para la variable cantidad materia seca	64
Figura 5 Valores de media para la variable longitud de espiga	67
Figura 6 Valores de media para la variable número de granos por espiga	72
Figura 7 Valores de media para el variable peso grano por espiga	75
Figura 8 Media de valores para el variable rendimiento de grano	78
Figura 9 Media de valores para el variable Unidades Formadoras de Colonia (UFC×gr-1) ...	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ilustración botánica de la cebada	11
Ilustración 2 Ciclo vegetativo y esporulación de <i>Bacillus subtilis</i>	26
Ilustración 3 Descripción general de las <i>Pseudomonas fluorescens</i> como BPCV y control biológico	27
Ilustración 4 Representación visual de la ubicación de las unidades experimentales (macetas) en R1 del ensayo	44
Ilustración 5 Representación gráfica de la ubicación de los distintos tratamientos ensayo	45
Ilustración 6 Preparación de diluciones seriadas y siembra en caja Petri	49

1. Información General

Título

“Evaluación de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC.”

Fecha de inicio

Mayo 2022

Fecha de finalización

Febrero 2023

Lugar de ejecución.

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

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales/Ingeniería Agronómica

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Proyecto de investigación vinculado

Análisis de la biodiversidad, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Nombres de equipo de investigadores

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite Mg.

Cotutor: Luis Jonatan Ponce Molina Ph.D.

Lector 1: Ing. Emerson Javier Jácome Mogro Ph.D.

Lector 2: Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.

Lector 3: Jorge Fabián Troya Sarzosa Ph.D.

Nombre: Oscar Washington Pastuña Pilaguano.

Área de Conocimiento

Agricultura-Agricultura, silvicultura y pesca- 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 colaboración interinstitucional Universidad Técnica de Cotopaxi – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

2. Descripción del Proyecto

En la presente investigación se evaluó un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, en condiciones de invernadero para determinar el efecto del biofertilizante en el cultivo en estudio.

Para este trabajo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial de $A \times B \times C \times D + 4N$ (adicionales/ testigos), con 28 tratamientos en 4 repeticiones, durante los experimentos se evaluaron diversas variables agronómicas y de poscosecha según la escala de Zadocks, se aplicaron concentraciones de biofertilizante en cada tratamiento y se completaron dos épocas de aplicación de acuerdo lo que establece el estudio. Los análisis estadísticos utilizados incluyeron la prueba de normalidad de Kolmogorov, ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis, tabla de medias y figuras.

3. Justificación del Proyecto

Actualmente el suelo es uno de los recursos más vulnerados a causa de la sobreexplotación y malas prácticas agrícolas, lo que ha derivado en problemas de erosión y baja fertilidad, por ende, esto afecta directamente a la productividad (Renzo et al., 2019). Ponce-Molina et al., (2019) menciona que la administración de nutrientes es muy importante para obtener un buen rendimiento y cumplir con los requisitos de calidad final. Bajo esta necesidad surgen los fertilizantes biológicos o biofertilizantes como una alternativa importante para paliar la escasez y excesivo uso de fertilizantes minerales (Maturano et al., 2011).

Según menciona Mahmud et al., (2021) los llamados biofertilizantes están compuesto de microorganismos vivos que residen en la biosfera o el interior de las plantas y promueven el crecimiento aumentando el suministro o disponibilidad de los nutrientes necesarios para la planta, así como a la salud del suelo, incluso en condiciones de estrés abiótico.

Además, el uso de microorganismos como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* es muy importante, por consiguiente, su inoculación en las plantas conduce a un aumento significativo del crecimiento de las raíces, la resistencia a los patógenos, inhibe la propagación de plantas parásitas, producen hormonas estimulantes de crecimiento y una mayor fijación de elementos esenciales necesarios para el desarrollo vegetativo, en consecuencia la disponibilidad de macro y micro nutrientes en el suelo determina la productividad (Moreno Reséndez et al., 2018).

Dentro de este marco el Nitrógeno es uno de los elementos primarios en la fertilidad del suelo, siendo el principal elemento limitante para la productividad agrícola; es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal, como: aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila, citocromos, coenzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados (Garófalo, 2012; González, 2019).

Por otro lado, a nivel mundial la cebada (*Hordeum vulgare* L.) se considera unos de los cultivos fundadores de la agricultura antigua en el mundo (Mulas, 2015), es uno de los más antiguos de la humanidad, su origen se remonta a 10 mil años A.C. (Munizzi, 2013). En la actualidad ocupa el 9,4% de la superficie total de cereales cultivados en el mundo (Velasco et al., 2020)

La razón de su importancia se debe a su diversidad de aplicaciones y a su amplia adaptación ecológica (Campaña et al., 2018). En Ecuador se ha adaptado a áreas marginales con temperaturas bajas y suelos bajos en nutrientes, específicamente en la serranía ecuatoriana

(Cajamarca & Montenegro, 2015). Por lo tanto, este cereal de alto valor nutritivo es una fuente importante de carbohidratos y proteínas para los agricultores y especialmente para los pueblos indígenas que habitan la zona alta de la Sierra ecuatoriana debido a su precio. Según datos recopilados de ESPAC, (2021b) en Ecuador la superficie cosecha de cebada fue de 9707 ha, con una producción de total de 14681 Tm durante el 2021.

El presente estudio se centró en el uso de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*, bacterias de la rizosfera capaz de promover el crecimiento vegetal (RPCV) en cultivos de interés agronómico, para el caso del estudio en cebada (*Hordeum vulgare* L.) se tomó como antecedente estudios realizados en maíz, soya, entre otros, cuyos resultados con incremento de rendimiento de grano por hectárea han llamado el interés para la realización de la investigación, cabe señalar que no se han realizado estudios relacionados en cebada en Ecuador.

4. Beneficiarios del Proyecto de Investigación.

4.1.Directo

Los beneficiarios directos son los estudiantes, docentes, técnicos y profesionales agrícolas, que desea aprender sobre el manejo y empleo del biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de cebada.

4.2.Indirecto

Al generar este estudio en cebada, los beneficiarios indirectos son las empresas públicas, privadas y a futuro los productores.

5. Formulación del Problema

Vivimos en un mundo globalizado donde las necesidades y demandas de la población en crecimiento a menudo plantean desafíos para que los agricultores e investigadores configuren la producción, comercialización y el consumo de cultivos donde se utilizan deliberadamente pesticidas y fertilizantes inorgánicos en el medio ambiente (ONU, 2022).

De acuerdo con la ONU (2022) se prevé un incremento del 60% de la demanda alimentos dando lugar a la intensificación de la producción agrícola, lo que en la actualidad se logra cubrir de la necesidad, es en parte por el uso de plaguicidas y fertilizantes. Siendo más específicos, entre 2018 y 2022 la producción de cereales aumentó aproximadamente el 44%, mientras que el uso de plaguicidas por hectárea de tierra de cultivo aumentó en alrededor del 30 % y el uso de fertilizantes inorgánicos por hectárea en torno al 23 % en el caso del nitrógeno, el 13 % para el fósforo y el 56 % cuando se trata del potasio.

Ante estos antecedentes según FAO & OCDE (2020), se prevé que la producción y necesidad mundial de cereales incrementará 375 millones de toneladas (Mt) en los próximos años, de modo que esto ha obligado a aumentar los rendimientos, por consiguiente, el agricultor e instituciones de investigación agrícola han visto la necesidad de invertir en el mejoramiento de semillas, avances en biotecnología y mejores métodos de cultivo, así como la capacidad de aplicar tecnología y mejorar la transferencia conocimientos en todo el mundo.

Por su parte los cereales secundarios se componen de un grupo heterogéneo de cereales que incluye cebada, avena, centeno, sorgo y mijo. La cebada es de gran importancia para la alimentación animal y humana, razón por lo cual se convirtió en la última década en el quinto producto más cultivado en el mundo (De Bernardi, 2019), donde, la producción es limitada en áreas que dependen de los sistemas de abastecimiento de agua de lluvia. De hecho, se puede aumentar el rendimiento fácilmente en regiones que son naturalmente aptas para cultivar estos cultivos y con tecnología mejorada, especialmente en Europa y América. Aunque los costos de producción de los cereales secundarios son más altos que los del trigo y el maíz, se espera que su producción siga siendo atractiva en regiones con condiciones climáticas y tecnológicas favorables para el cultivo, donde la rotación y fertilización de cultivos maximiza el rendimiento por hectárea (FAO & OCDE, 2020).

De este modo, según Tinoco & Moner (2019), la fertilización es una labor fundamental en la agricultura, ya que provee a las plantas de los nutrientes necesarios para su desarrollo. En el caso de la nutrición vegetal determina que para un óptimo desarrollo de los cultivos depende

de la capacidad del suelo para suministrar los elementos nutritivos a la planta (Mulas, 2015); por ende, la mayor limitación para la producción de cultivos en el mundo es la incapacidad de obtener nutrientes esenciales para las plantas debido a la deficiencia en el suelo y fertilizantes (Mahmud et al., 2021). Más aún, tomando en cuenta que las plantas pueden absorber del 30% al 50% del fertilizante y el resto se pierde en el suelo (González, 2019).

Actualmente, debido a la dependencia y uso deliberado de químicos industriales, plaguicidas y fertilizantes que ciertamente son necesarios, han ocasionado: pérdidas de nutrientes en el suelo, salinización, resistencia de plagas, entre otros factores que reducen el rendimiento y la rentabilidad de los cultivos, lo que han generado desequilibrios biológicos y pérdida de biodiversidad. En consecuencia afecta directamente a la microfauna, la salud y los medios de vida humanos, razones por el cual se encuentra cuestionado el modelo agrícola actual (González, 2019; Hidalgo Dávila, 2017; ONU, 2022).

Debido a su importancia el sector agrícola ha visto la necesidad de establecer sistemas productivos sostenibles para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la generación actual y futura (Dubey et al., 2021; Kumar et al., 2022). Esto ha obligado a la agricultura a enfocarse en encontrar soluciones a estos problemas y para ello se están usando diversos microorganismos para suplir la necesidad de nutrientes que fertilicen el suelo (Anafador, 2019).

De acuerdo con Anafador (2019), los biofertilizantes han emergido como una solución para la agricultura orgánica y sostenible, donde, se pretende aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo con respaldo científico para lograr un desarrollo sostenible en la agricultura.

De este modo el empleo de fertilizantes biológicos (biofertilizantes) es una medida importante para paliar la escasez y excesivo uso de fertilizantes minerales (Maturano et al., 2011), es más, los biofertilizantes son un grupo diverso de microorganismos que promueven a la actividad promotora del crecimiento de las plantas al aumentar la disponibilidad de nutrientes, así como a la salud del suelo e incluso en condiciones de estrés abiótico. Por consiguiente son de gran importancia económica, ya que pueden reemplazar parcialmente a otros productos agroquímicos que son costosos, que son aplicados en diversos cultivos de cereales y hortalizas (Anafador, 2019; Mahmud et al., 2021).

En Ecuador la producción agrícola presenta el 7% del PIB aproximadamente de los ingresos anuales por esta actividad, donde sus principales productos son: banano (*Mussa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), café (*Coffea arabica*), papa (*Solanum tuberosum*),

maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum sp*), cebada (*Hordeum vulgare*) y rosas (*Rosa sp*), entre los principales (Aragón et al., 2019). Estos cultivos en su mayoría se lo producen en las serranía ecuatoriana perteneciente a un sistema montañoso conocido como los Andes, compuesto en gran parte, por una topografía irregular, clima variable y suelos pobres con signos evidentes de deficiencia de nutrientes (Portilla, 2018). Datos recopilados por ESPAC (2021a) determinan que esta región es la más cultivada por los agricultores ecuatorianos en lo que se refiere a la producción de cereales, incluida la cebada.

En este contexto, es bien conocido el daño a la salud humana y al medio ambiente causado por el abuso de fertilizantes minerales por parte de los agricultores en muchos cultivos a lo largo de los siglos en la agricultura intensiva, principalmente en cereales, donde se encuentra nuestro objeto de estudio la cebada con alto valor nutricional y de vital importancia en la dieta humana. Este trabajo de investigación se basa en el uso de un fertilizante biológico capaz de cubrir las necesidades nutricionales del cultivo de cebada, se trata de una nueva alternativa tecnología ecológica, económica para los agricultores y no dañina para la salud humana.

6. Objetivo de la Investigación

6.1. Objetivo General

Evaluar un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero.

6.2. Objetivos Específicos

- Identificar la mejor respuesta *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las variedades de cebada INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alfa 2021.
- Identificar la concentración de aplicación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de cebada.
- Establecer los tiempos de aplicación del *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* durante el desarrollo del cultivo de la cebada.
- Determinar la respuesta *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en suelos con dos niveles de materia orgánica.
- Determinar el mejor tratamiento en respuesta *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en las variedades de cebada INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alfa 2021.

6.3. Actividades y Sistema de Tareas en Relación a los Objetivos Planteados

Tabla 1

Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados.

Objetivo 1	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Evaluar la respuesta del <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en las variedades de cebada INIAP- Cañicapa 2003 e INIAP-Alfa 2021.	<ul style="list-style-type: none"> –Preparación del sustrato suelo. –Inoculación en la variedad 1 (INIAP- Cañicapa 2003). –Inoculación en la variedad 2 (INIAP- Alfa 2021). 	<ul style="list-style-type: none"> –Sustrato suelo desinfectado. –Semillas inoculadas variedad 1 y 2. 	<ul style="list-style-type: none"> –Macetas. –Libro de campo. –Fotografías. –Tabla de medias x variable VARIEDADES.
Objetivo 2	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Identificar la concentración de aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> en el cultivo de cebada.	<ul style="list-style-type: none"> –Concentración 1 de <i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> (1×10^{10} UFC). –Concentración 2 de <i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> (1×10^{11} UFC). –Concentración 3 de <i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> (1×10^{12} UFC). 	<ul style="list-style-type: none"> –Semillas inoculadas con las tres concentraciones. –Semillas inoculadas + segunda aplicación con las tres concentraciones. 	<ul style="list-style-type: none"> –Libro de campo. –Fotografías. –Tabla de medias x variable DOSIS

Objetivo 3	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Establecer los tiempos de aplicación del <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> durante el desarrollo del cultivo de la cebada.	<ul style="list-style-type: none"> – Inoculación de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> tiempo 1 (Zadoks 0). – Aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> tiempo 2 (Zadoks 0 + Zadoks 50). 	<ul style="list-style-type: none"> – Semillas inoculadas en tiempo 1. – Semillas inoculadas + segunda aplicación en tiempo 1 y 2. 	<ul style="list-style-type: none"> – Libro de campo. – Fotografías. – Tabla de medias x variable TIEMPO DE APLICACIÓN.
Objetivo 4	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Determinar la respuesta <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). 	<ul style="list-style-type: none"> – Libro de campo. – Fotografías. – Tabla de medias x variable MATERIA ORGANICA. – Conteo UFC×gr⁻¹.
Objetivo 5	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Determinar el mejor tratamiento en respuesta <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	<ul style="list-style-type: none"> – 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. Fundamentación Científico Técnica

7.1. Origen

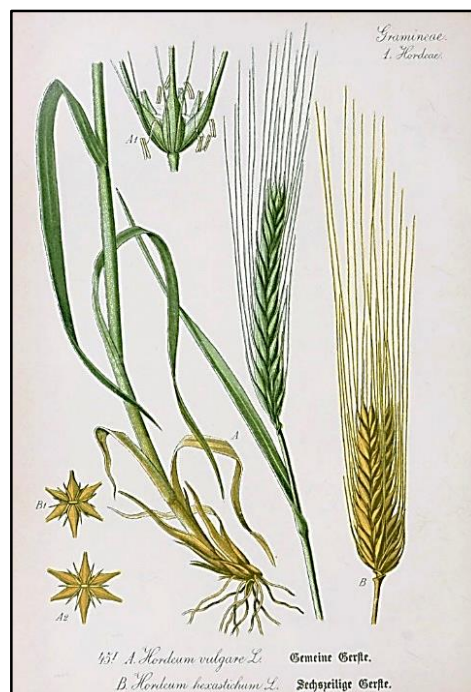
El cultivo de cebada (*H. vulgare* L.) tiene su origen en dos centros situados en el Sudeste de Asia y en Abisinia y Eritrea (África), a esta región también se la conoce con el nombre Creciente Fértil antigua Mesopotamia, donde se encontraron restos arqueológicos de granos de cebada determinando que es uno de los primeros cultivos domesticados. En base a estos antecedentes se considera como una de las piedras angulares de la producción de alimentos del Neolítico en el Viejo Mundo y actualmente es uno de los cereales más importantes (Aguado, 1957; Ponce-Molina et al., 2019; Zhang & Li, 2015).

7.2. Generalidades del Cultivo de Cebada

La cebada es una planta monocotiledónea, herbácea, anual, perteneciente a la familia Poaceae (Gramíneas), el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis difiere a la variedad cultivada. Para ser más específicos se puede tener espigas de cebada con dos hileras de granos (*Hordeum distichum*), con cuatro hileras (*Hordeum tetrastichum*) y con seis hileras (*Hordeum hexastichum*) (Aguado, 1957; Ponce-Molina et al., 2019).

Ilustración 1

Ilustración botánica de la cebada.



Fuente: (CC License, 1903)

7.3. Clasificación Taxonómica

Según manifiesta Ponce-Molina et al., (2019) la clasificación taxonómica de la cebada es de la siguiente manera (**Tabla 2**).

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la cebada (Hordeum vulgare L.).

Reino	Plantae - Plantas
Subreino	Tracheobionta – Plantas vasculares
Superdivisión	Spermatophyta – Plantas con semilla
División	Magnoliophyta – Plantas que florecen
Clase	Liliopsida - Monocotiledóneas
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae – Familia de las gramíneas
Género	Hordeum – Cebada
Especie	vulgare L. – Cebada común
Nombre Científico	Hordeum vulgare L.
Nombre Común	Cebada

Elaborado: Autor, 2023.

7.4. Características Morfológicas

7.4.1. Raíz

El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza una profundidad de hasta 1,20 m. Posee dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las raíces seminales de las plántulas se desarrollan desde la germinación a la etapa de macollaje. Las raíces adventicias o de la corona, aparecen con el macollamiento y cumplen con la función de anclar la planta y proporcionar agua y nutrientes (Ilustración 1) (Ponce-Molina et al., 2019).

7.4.2. Tallo

Son erectos y huecos, con 5 a 7 entrenudos cilíndricos o juntas, separados por los nudos, que llevan las hojas, las cuales se colocan opuestas a sus vecinas a lo largo del tallo. La altura

de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0,50 cm a 1,20 cm (Ilustración 1) (Ponce-Molina et al., 2019)

7.4.3. Hojas

Las hojas son lineales, lanceoladas y compuestas de una vaina, una lámina, una lígula y dos aurículas. Son glabras (no pubescentes) y rara vez pubescentes; su ancho varía entre 5 y 15 mm. Las vainas envuelven el tallo completamente. La lígula y especialmente las aurículas, distinguen a la cebada de otros granos de cereales: son glabras, envuelven el tallo y puede estar pigmentadas con antocianinas (Ilustración 1) (Ponce-Molina et al., 2019).

7.4.4. Flores

Las flores son hermafroditas, de manera que, en cada flor, se encuentran reunidos el órgano masculino, formado por tres estambres con anteras en forma de X, y el femenino, que es un ovario con estigma plumoso. Son autógamas, o sea que el ovario es fecundado por el órgano masculino que le acompaña en esa flor. La fecundación es muy precoz, tiene lugar antes de que la espiga salga al exterior, cuando todavía está encerrada por la vaina, por lo cual es una planta en la que no hay ningún riesgo de que se cruce con otras, pues cuando aparece la espiga ya están fecundadas todas las flores (Ilustración 1) (Aguado, 1957).

7.4.5. Espiga

Las espigas pueden ser barbadadas, sin barbas (múticas) y también pueden ser lisas o dentadas. La espiga está formada por espiguillas, las cuales están dispuestas de a tres en forma alterna a ambos lados del raquis. Si todas las espiguillas se presentan fértiles se originará una espiga de seis hileras (hexástica), si, sólo resultan fértiles las espiguillas centrales, se originará una espiga de dos hileras (dística) (Ilustración 1) (Ponce-Molina et al., 2019).

7.4.6. Grano

El grano es una carióspside oval, acanalado con extremos redondeados, está generalmente cubierto por la palea y la lemma adheridas a este, o puede ser desnudo; puede ser de color blanco, amarillo, azul, negro, etc. (Ponce-Molina et al., 2019).

7.5.Crecimiento y Desarrollo de la Cebada

Cómo en toda especie vegetal la cebada cumple con etapas de desarrollo fenológico que va desde la germinación hasta llegar a la madurez. En la actualidad la escala Zadoks es la más empleada en lo que se refiere a la descripción del desarrollo de cereales (Tabla 3) (Ponce-Molina et al., 2019).

Tabla 3

Escala Zadoks descriptiva de las etapas fenológicas de los cereales.

Escala Zadocks	Descripción
0	Germinación
07	Emergencia del coleóptilo
09	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	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
30	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
40	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
50	Emergencia de la inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
60	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis completa
70	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
80	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
90	Madurez
91	Cariopse duro (difícil de dividir)
92	Cariopse duro (no se marca con la uña)

Fuente: (Zadoks et al., 1974).

En Ecuador existen 15 variedades mejoradas de cebada generadas por los Investigadores del Programa de Mejoramiento de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) desde su fundación en 1963 hasta la actualidad (Ponce-Molina et al., 2019). En el presente estudio se han seleccionado las dos variedades de cebada por su relevancia en los agricultores ecuatorianos que son: INIAP-CAÑICAPA 2003 e INIAP-ALFA 2021.

7.6. Variedades Mejoradas de Cebada

7.6.1. Variedad de cebada: INIAP - CAÑICAPA 2003

INIAP-CAÑICAPA 2003 que proviene de la cruce realizada por el Programa de Cereales del INIAP entre la variedad INIAP-SHYRI 89 y la línea GAL/PI6384//ESC-II-72-607-1E-1E-

1E-5E, de acuerdo al historial de selección E97-9053-3E-0EC-1E-0E-0E-0E-0E (Rivadeneira et al., 2008).

Es la primera variedad mejorada con alto contenido proteico en el Ecuador. Se puede cultivar en áreas con una altitud de 2400-3200 msnm. Y una precipitación de 500-700 mm por ciclo de cultivo (Rivadeneira et al., 2008). Esta variedad para consumo humano fue liberada en el año 2003 y permanece vigente hasta la fecha.

7.6.1.1. Características Morfológicas.

Tabla 4

Características morfológicas de la variedad INIAP Cañicapa 2003 de cebada.

Características	Descripción
Número de hileras	2
Número de granos por espiga	30
Tipo de espiga	Barbada
Tipo de grano	Cubierto
Densidad de espiga	Compacta
Forma de grano	Oblongo
Color de espiga	Amarillo claro
Color de aleurona	Blanco
Número de macollos	8-10
Tipo de tallo	Tolerante al vuelco
Tamaño de espiga	12 cm
Peso de 1000 granos	62 g

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente: (Rivadeneira et al., 2008)

7.6.1.2. Características Agronómicas

Tabla 5

Características agronómicas de la variedad INIAP Cañicapa 2003 de cebada.

Características	Descripción
Altura de planta (cm)	110 - 130 cm
Días de espigamiento (días)	85 - 90
Ciclo de cultivo (días)	170 - 180
Rendimiento (t/ha⁻¹)	3,0 - 5,0 t/ha
Estrés hídrico	Tolerante
Reacción a enfermedades	
Roya amarilla (<i>Puccinia hordei</i>)	Resistente
Roya de la hoja (<i>Puccinia striiformis</i>)	Resistente
Escaldadura	Resistente
Fusarium	Resistente
Carbón desnudo	Resistente

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente: (Rivadeneira et al., 2008)

7.6.2. Variedad de cebada: INIAP-ALFA 2021

La nueva variedad maltera INIAP-ALFA 2021 se obtuvo del cruce entre la línea STANDER-BAR y la línea CALI92/ROBUST en CIMMYT-México. Fue introducido, evaluado y seleccionado para su liberación por el Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en 2007.

INIAP-ALFA 2021 se puede cultivar en las zonas del altiplano ecuatoriano en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo y Azuay a una altura de 2000 -3200 msnm. con temperaturas que oscilen entre 13 y 24 grados centígrados con precipitaciones de 400 a 700 mm (Ponce-Molina et al., 2021). Es la primera variedad mejorada generada para la producción de malta y cerveza artesanal en el Ecuador, fue liberada en el año 2021 y se encuentra vigente hasta la fecha. INIAP-ALFA 2021 sirve para elaborar cervezas rubias.

7.6.2.1. Características morfológicas

Tabla 6

Características morfológicas de la variedad INIAP Alfa 2021 de cebada.

Características	Descripción
Número de hileras	6 (hexástica)
Número de granos por espiga	30 - 40
Tipo de espiga	Barbada
Tipo de grano	Cubierto
Densidad de espiga	Compacta
Forma de grano	Oblongo
Color de grano	Amarilla
Color de espiga	Amarilla
Número de macollos	3 - 5
Tipo de tallo	Resistente al Acame
Tamaño de espiga (cm)	8 - 9
Altura de planta (cm)	90 - 100

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente:(Ponce-Molina et al., 2021)

7.6.2.2.Características agronómicas

Tabla 7

Características agronómicas de la variedad INIAP Alfa 2021 de cebada.

Características	Descripción
Ciclo del cultivo (días)	160 - 180
Días al espigamiento (días)	80 - 90
Rendimiento de grano (kg/ha⁻¹)	3000 - 4000
Peso de 1000 granos (g)	40
Peso hectolítrico (Kg/hl⁻¹)	69
Estrés hídrico	Tolerante
Reacción a enfermedades	
Roya amarilla (<i>Puccinia hordei</i>)	Resistencia /Parcial
Roya de la hoja (<i>Puccinia striiformis</i>)	Resistencia /Parcial
Enanismo de los cereales (BYDV)	Resistente

Elaborado: Autor, 2023

Fuente:(Ponce-Molina et al., 2021)

En el presente estudio se realizó un manejo agronómico a las dos variedades de cebada de acuerdo con las especificaciones del Manual 116, Plegables N° 208 y Plegables N° 462 respectivamente para las dos variedades mejoradas cebada por el Programa de Cereales del INIAP, agregando modificaciones de acuerdo con las necesidades del estudio realizado.

7.7. Manejo de Cultivo

7.7.1. Selección del Lote

Las condiciones ideales para la producción de cebada son suelos que promuevan una germinación rápida, uniforme y una emergencia temprana. Un suelo medio-fino pero firme proporciona el máximo contacto entre las semillas y el suelo húmedo, asegurando una germinación rápida y uniforme (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.2. Preparación del Suelo

Esto debe hacerse dos meses antes de la siembra. El motivo de la preparación previa del suelo es que las malas hierbas deben descomponerse para integrarse en el suelo. Con un tractor, la preparación del lote puede consistir en un arado y dos rastras. Al usar la yunta después del arado requiere dos pasadas (Falconí-Castillo et al., 2010).

7.7.3. Siembra

7.7.3.1. Época de Siembra. La cebada cultivada en Ecuador requiere una temperatura del suelo de al menos 4 °C y una temperatura óptima de 12 a 24 °C para la germinación. El mejor momento para plantar varía según la ubicación y el año. En Ecuador, la siembra en cada región es el inicio de la época de lluvias o invierno, y se estima que la cosecha coincida con la época seca (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.3.2. Densidad de Siembra. La cebada es sembrada a densidades de 135 a 150 kilogramos por hectárea empleando semillas de calidad. La densidad puede variar dependiendo del porcentaje de germinación (Carrillo & Minga, 2021; Falconí-Castillo et al., 2010; Ponce-Molina et al., 2019; Rivadeneira et al., 2008).

7.7.3.3. Profundidad de Siembra. Las semillas de cebada germinan y emergen bien cuando se plantan a 2,5-4,0 cm de profundidad (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.4. Fertilización

La dosis de fertilizante debe determinarse mediante análisis de suelo, pero si los agricultores no tienen uno, la cantidad promedio recomendada de fertilizante por hectárea es: N 60 kg, P₂O₅

60 kg, K₂O 30 kg, S 20 kg, de acuerdo con este requisito, los productores pueden usar dos sacos de fertilizante compuesto al momento de la siembra 11-52-00 más un saco de Sulpomag. Si el fertilizante 11-52-00 no está disponible, se pueden usar cuatro bolsas de 10-30-10 en su lugar. Luego, al macollamiento (30-45 días después de la siembra) se aplica una bolsa de urea por hectárea (Campaña et al., 2018; Carrillo & Minga, 2021; Falconí-Castillo et al., 2010; Rivadeneira et al., 2008).

En cuanto a los fertilizantes orgánicos aumentan la fertilidad del suelo y mejoran su estructura, que son una alternativa al uso de fertilizantes químicos. Se recomienda añadir de 40 a 60 sacos (45 kg) de fertilizantes orgánicos (compost, bocashi, gallinaza, etc.) por hectárea. Se debe aplicar bien descompuestos al momento de la arada (Falconí-Castillo et al., 2010).

7.7.5. Control de Maleza

El control de malezas exitoso y económico depende de la integración de las mejores prácticas de control preventivo, culturales, mecánicos y químico. Las prácticas de prevención de cultivo incluyen el control de malezas en cultivos anteriores o en el cultivo de cebada, limpieza de malezas en los bordes del campo, siembra de semillas libres de malezas de alta calidad y el uso de técnicas agrícolas que promuevan el desarrollo completo del cultivo. Si se requiere el control químico de malezas de hoja ancha, se pueden usar herbicidas específicos de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Falconí-Castillo et al., 2010; Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.6. Enfermedades de la Cebada

En Ecuador, las enfermedades más limitantes en la producción de cebada son las royas, caracterizadas por ser patógenos policíclico de rápida mutación; otras enfermedades importantes son: la escaldadura, virus del enanismo de la cebada, Septoria y carbón (Falconí-Castillo et al., 2010; Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.6.1. Roya Amarilla. La roya amarilla es causada por el hongo *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *hordei* y puede atacar al follaje y espigas. Se caracteriza por un color amarillo que crece en líneas rectas o rayas a lo largo de las nervaduras. El patógeno puede reducir los rendimientos hasta en un 70 %. La forma más económica y eficiente de combatirlo es a través del uso de variedades resistentes (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.6.2. Roya de la Hoja. La roya de la hoja de cebada 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 (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.6.3. Virus del Enanismo Amarillo de la Cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV). El virus del enanismo amarillo de la cebada es probablemente el virus de los cereales más común en el mundo. La enfermedad es causada por un virus transportado por vectores como varias especies de áfidos; este virus causa enanismo al afectar la elongación internodar y hacer que las hojas pierdan color desde la punta hasta el margen y la base. La presencia o ausencia de enanismo depende del momento de la inoculación del virus en relación con el desarrollo de la planta y el cultivar. Se deben usar cultivares resistentes para controlar este patógeno (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.6.4. Escaldadura. la mancha foliar conocida como "escaldadura" es causada por el hongo *Rhynchosporium secalis*, que ataca todos los órganos de la planta; se presenta como manchas solitarias o agrupadas, en forma de diamante, de color verde oliva claro a verde grisáceo. La enfermedad se puede propagar a través de semillas y por rastros infectados que se dejan en el campo. Para combatirlo se deben utilizar variedades resistentes y semillas esterilizadas de alta calidad (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.6.5. Carbón. La cebada es atacada por un hongo llamado *Ustilago nuda*. Las semillas se infectan durante la floración y son la principal fuente de inóculo para la siguiente cosecha. El hongo vive dentro de la semilla y, a medida que la semilla germina, el micelio fúngico propaga la planta hasta la yema apical y el primordio de la semilla. La aparición de la enfermedad comienza durante la floración y aparece antes de que la espiga abandone la vaina que la envuelve. La infección es visible solo después del final. Las espigas infectadas aparecen antes que otras espigas y son fáciles de identificar porque las espigas son reemplazadas por numerosas esporas de carbón similares al hollín. Las teliosporas producidas en semillas sistémicamente infectadas infectan semillas nuevas adyacentes o cercanas. Germinan e infectan los tejidos internos de las semillas recién infectadas en un día, circulando así a través del grano. Para combatir esto, use semillas de alta calidad y la desinfección de semillas (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.7. Cosecha y Almacenamiento

El manejo del cultivo de cebada continúa durante la cosecha y el almacenamiento. La cebada se debe cosechar antes de que se rompa o brote en la espiga, pero debe estar lo suficientemente seca para almacenarse de manera segura (humedad inferior al 15%). Si el contenido de humedad del grano es superior al 13%, debe secarse antes del almacenamiento. Las trilladoras deben calibrarse correctamente para evitar que el grano se astille o se agriete y para minimizar la pérdida de rendimiento. Los granos descascarillados o agrietados germinan en cualquier momento y son más susceptibles al daño por moho e insectos. Las bolsas de almacenamiento de granos deben estar limpias y el área debe estar seca y ventilada (Cajamarca & Montenegro, 2015; Carrillo & Minga, 2021; Ponce-Molina et al., 2019).

Después de establecer el manejo que dará al cultivo de cebada, se indagó sobre las rizobacterias PGPR y sus distintos mecanismos benéficos con sus respectivos comportamientos en cultivos a fines al que se está empleando en el presente estudio con el único fin de aumentar la productividad agrícola.

7.8. Rizobacterias Promotoras de crecimiento Vegetal RPCV o PGPR

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPR por sus siglas en inglés, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, son bacterias vivas aisladas principalmente de la rizosfera que promueven el crecimiento de las plantas mediante una amplia variedad de mecanismos (Moreno Reséndez et al., 2018; Reyes, 2019).

Así mismo se han introducido ampliamente en las plantas para aumentar la productividad agrícola o la eficiencia de la fitorremediación de suelos contaminados con metales a través de varios mecanismos, que incluyen la fijación de nitrógeno, la solubilización de fosfato, la producción de fitohormonas y el control biológico. Los géneros más conocidos y utilizados en la agricultura son: *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Actinoplanes*, *Agrobacterium*, *Azobacter*, *Bacillus*, etc. (Moreno Reséndez et al., 2018; Munizzi, 2013).

En otras palabras, los RPCV tienen efectos beneficiosos sobre las plantas a través de mecanismos directos e indirectos o ambos. Los mecanismos directos ocurren cuando las bacterias sintetizan metabolitos que benefician a las plantas, o cuando aumentan la disponibilidad de varios nutrientes que necesitan para los procesos metabólicos y nutricionales. Entre los mecanismos inmediatos destacan: la fijación de nitrógeno (N); síntesis de hormonas vegetales, vitaminas y enzimas, fósforo inorgánico (P) solubilización y mineralización de

fosfatos orgánicos, oxidación de sulfuros, producción de ácido nítrico, acumulación de nitratos, reducción de la toxicidad de metales pesados y actividad de ACC desaminasa, secreción de sideróforos, reducción de niveles de etileno en el suelo, aumento de la permeabilidad de la raíz (Moreno Reséndez et al., 2018; Reyes, 2019; Wang et al., 2022)

En donde los mecanismos indirectos resultan en la reducción o destrucción de microorganismos fitopatógenos mediante la producción de antimicrobianos o antibióticos, de enzimas líticas o una combinación de los mismos; compitiendo por nutrientes o espacio de nicho ecológico y utilizando mecanismos de control biológico que estimulan las defensas naturales; la inducción de resistencia sistémica (IRS) frente a diversos patógenos y la producción de sideróforos como mecanismo de unión del hierro (Fe) disponible en el suelo, limitando así el desarrollo y presencia de los mencionados fitopatógenos; producción de antibióticos y cianuro de hidrógeno que afectan a los fitopatógenos; las moléculas que producen (como el ácido fusárico) se hidrolizan, liberando 1-3-glucanasa, que inhibe el desarrollo de las paredes fúngicas (Moreno Reséndez et al., 2018; Wang et al., 2022).

De modo que, una limitante de las RPCV es que promueven diferentes efectos beneficiosos en una especie de planta que, en otras, es decir el uso combinado de agentes de control biológico generalmente no se recomienda en la práctica sin una comprensión clara de sus principales mecanismos de control y su competitividad relativa. Para evitar lo anterior, ha habido varios informes hasta la fecha que explican los tipos de RPCV y sus funciones (Tabla 8) (Moreno Reséndez et al., 2018).

Tabla 8

Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal y su efecto.

RPCV o PGPR	Efecto
<i>Azospirillum spp.</i> , <i>Azotobacter spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Burkholderia spp.</i> , <i>Gluconacetobacter spp.</i> , <i>Herbaspirillum spp.</i>	Biofertilización Fijan N ₂
<i>Bacillus spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Streptomyces spp.</i> , <i>Paenibacillus spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Azospirillum spp.</i>	Biocontrol (enfermedades, patógenos e insectos)
<i>Methylobacterium spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Alcaligenes spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Variovorax spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Azospirillum spp.</i> , <i>Rhizobium spp.</i> , <i>Klebsiella spp.</i>	Elongación, crecimiento Cultivos
<i>Aeromonas spp.</i> , <i>Agrobacterium spp.</i> , <i>Alcaligenes spp.</i> , <i>Azospirillum spp.</i> , <i>Bradyrhizobium spp.</i> , <i>Comamonas spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Rhizobium spp.</i> , <i>Paenibacillus spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i>	Productoras de fitohormonas [ácido-3-indol-acético (AIA), citoquininas, giberelinas]

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente:(Moreno Reséndez et al., 2018)

En el presente estudio se emplearán 2 microorganismos benéficos, como son: *Bacillus* y *Pseudomonas* que tienen un efecto tanto de biocontrol como de elongación y crecimiento del cultivo.

7.8.1. *Bacillus subtilis*

7.8.1.1. Características. *Bacillus subtilis* es conocido como *Rhizobacterium* debido a que sintetiza hormonas vegetales, como el ácido indolacético, el ácido abscísico, las giberelinas y las citoquininas, que son beneficiosas para el crecimiento de las raíces y el crecimiento de los vellos radiculares. La inoculación en semillas ayuda en el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas (Caicedo & Chacón, 2017; Junges et al., 2013).

Los microorganismo del género *Bacillus*, representan una gran variedad de bacterias del suelo, Gram positivas, aerobias estrictas o anaerobias facultativas, pertenecientes al grupo de las bacterias formadoras de endosporas (BAFEs), con una morfología oval o cilíndrica que les permite soportar condiciones ambientales adversas, móvil por la presencia de fosas laterales, catalasa positiva, muestra

hemólisis variable y crecimiento activo en el rango de pH de 5,5 a 8,5 (Caicedo & Chacón, 2017; Cobo, 2017; Pulido, 2016).

Son un grupo de bacterias que son resistentes a condiciones climáticas adversas como temperaturas extremas, radiación UV, sustancias oxidantes y corrosivas, sequía, lluvia intensa y procesos de esterilización, gracias a su capacidad de formar esporas, viven en temperaturas extremas entre 55 y 70 °C, puede soportar valores de pH de hasta 2 o 3 (Pulido, 2016).

7.8.1.2. Taxonomía.

Tabla 9

Clasificación taxonómica de Bacillus subtilis.

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

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente:(ITIS, 1980a)

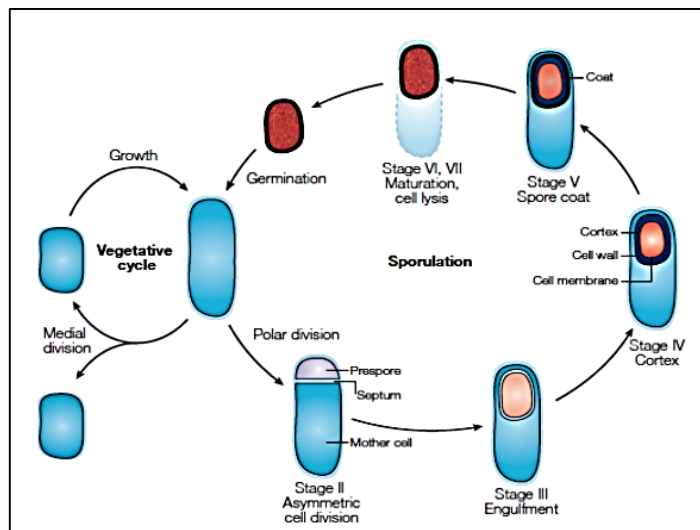
7.8.1.3. Ciclo de Vida. En el ciclo de vida de estos microorganismos destacan dos morfologías celulares: las células vegetativas y las esporas. Las células vegetativas colonizan el suelo a altas densidades de población, mientras que las esporas pueden sobrevivir en condiciones extremas debido a su forma extremadamente latente (Pulido, 2016).

La formación de esporas *B. subtilis* se origina a través de varios mecanismos en los que la presencia de nutrientes como nitrógeno, carbono y fósforo puede inducir la esporulación, que se logra en la fase de crecimiento estacionario cuando se agotan los nutrientes. La Ilustración 2 muestra el proceso de esporulación de *Bacillus subtilis*. Las células en estado vegetativo dejan de crecer y forman dos tipos de células, pre-esporas y esporangios (Estadio II) con mitosis asimétrica, seguida de la

formación de septos subpolares (Estadio III) en las pre-esporas y surge una corteza entre la membrana interna y externa dentro del esporangio (Estadio VI) y se forman las capas de la cubierta de la spora (Estadio V), cuando la spora madura (Estadio VI), los esporangios experimentan lisis celular (Estadio VII) y finalmente se liberan las esporas (Pulido, 2016).

Ilustración 2

Ciclo vegetativo y esporulación de *Bacillus subtilis*.



Fuente: (Pulido, 2016)

Desde un punto de vista técnico, los microorganismos de este género son considerados los mejores candidatos para el desarrollo de productos biopesticidas y biofertilizantes altamente efectivos debido a su capacidad para producir esporas resistentes que permiten obtener productos con una mayor vida útil y una formulación y producción más sencillas, las cepas de *Bacillus subtilis* destacan su utilidad cuando se utilizan semillas o plántulas en beneficio de la agricultura y el medio ambiente. La capacidad de estos microorganismos para producir compuestos orgánicos, llevar a cabo la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y solubilizar fosfatos (SF) utilizando enzimas como la nitrogenasa y la fitasa tiene un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, aumentando el potencial de producción y controlar enfermedades (Corrales Ramírez et al., 2014; Pulido, 2016).

7.8.2. *Pseudomonas fluorescens*

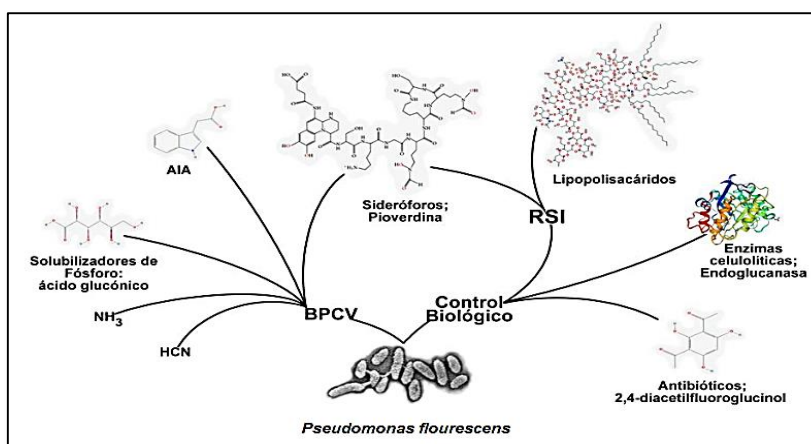
7.8.2.1. Características. Las *Pseudomonas* son bacterias aerobias, Gram negativas, quimioheterotróficas, con forma de bastoncillo, móviles, no productoras de esporas,

tiene dimensiones que están entre 0.5-1.0 x 1.5-5 μm , presentan movilidad debido a que poseen varios flagelos polares, pertenecientes a la clase Gammaproteobacteria y a la familia Pseudomonadaceae, que contienen aproximadamente 191 especies diferentes. Debido a su versatilidad metabólica, que por sus características genéticas y una amplia gama de capacidades metabólicas capaces de adaptarse y colonizar diferentes tipos de suelo (Álvarez-García et al., 2020; Sánchez & Guerra, 2022).

Las *Pseudomonas fluorescens* presentan un amplio repertorio metabólico, que les permite actuar como bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), debido a la producción de fitohormonas como el ácido indolacético (AIA), solubilizadores de fósforo como al ácido glucónico, la fijación de nitrógeno atmosférico a amoníaco (NH_3) y la producción de ácido cianhídrico (ACN); asimismo, tienen capacidad de control biológico estimulando la resistencia sistémica inducida (RSI) mediante los lipopolisacáridos de la superficie celular y la producción de sideróforos, como la pioverdina, además de secreción de enzimas celulolíticas y la amplia gama de antibióticos como la pioluteorina (Ilustración 3)(Sánchez & Guerra, 2022).

Ilustración 3

Descripción general de las *Pseudomonas fluorescens* como BPCV y control biológico.



Fuente:(Sánchez & Guerra, 2022)

Las *P. fluorescens* tiene una amplia gama de mecanismos directos e indirectos y propiedades que las hacen ideales para su uso como inoculantes, por ejemplo, pueden usar diferentes fuentes de carbono, que son genéticamente fáciles de manipular y están presentes en el suelo y las raíces debido a que son buenos colonizadores, crecen rápidamente y pueden ser introducidos a la rizosfera por bacterización de semillas. Otros estudios en agricultura se han utilizado con éxito

para controlar patógenos de plantas en varios sistemas patológicos. El principal mecanismo de control biológico se basa en la síntesis de metabolitos secundarios y la inducción de resistencia sistémica en las plantas (Yanes, 2009).

7.8.2.2. Taxonomía.

Tabla 10

Clasificación taxonómica de Pseudomonas fluorescens.

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

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente:(ITIS, 1980b)

Además, estas cepas *P. fluorescens* desempeñan un rol importante en la promoción del crecimiento vegetal y el biocontrol que pueden afectar directamente a las plantas a través de fitohormonas, síntesis de vitaminas, estimulación de la germinación de semillas y emergencia de plántulas, inhibición de la síntesis de etileno y solubilización de fósforo inorgánico. Con su adaptabilidad fisiológica y versatilidad metabólica, *P. fluorescens* es una enmienda clave del cambio de suelo en los agroecosistemas y tiene efectos positivos en la alta tolerancia a la sal, el aumento del rendimiento y la mejora de la calidad del suelo, lo que ayuda a reducir el uso de agroquímicos y mantener un manejo integral del cultivo (Álvarez-García et al., 2020; Sánchez & Guerra, 2022).

Al establecer las características y función de los dos microorganismos benéficos que se emplearon en el estudio, se indaga en los conceptos de biofertilizante, para poder establecer un manejo adecuado del producto a utilizado en la investigación.

7.9. Biofertilizante

El biofertilizante es una sustancia que contiene microorganismos vivos que, cuando se aplica a las semillas, la superficie de las plantas o el suelo, coloniza la rizósfera o el interior de las plantas y promueve su crecimiento al aumentar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios. Por lo tanto, el término biofertilizante se refiere a un producto que contiene microorganismos del suelo que se aplica a las plantas para promover su crecimiento. Sin embargo, a menudo se usa incorrectamente como sinónimo de varios productos diferentes, como fertilizantes orgánicos, compost, estiércol, etc. (Anafador, 2019).

En igual forma la tecnología de fórmula de biofertilizante es simple y el costo de instalación es bajo. Así mismo los primeros pueden consistirse en una sola cepa o la mezcla de dos o más cepas de diferentes microorganismos como: *Acetobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, PGPB (Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal) y AM (Micorrizas Arbusculares) (Kumar et al., 2022).

Por una parte, la inoculación de biofertilizantes que contienen bacterias de la rizosfera puede aumentar significativamente la productividad de los cultivos. Por consiguiente, las bacterias asociadas a las especies vegetales son capaces de producir o promover reguladores del crecimiento, de los cuales alrededor del 80% son productores de auxinas. Considerando cuantitativamente, la auxina con mayor importancia es el ácido indol acético (IAA), que es responsable del aumento del sistema radicular y consecuentemente de la absorción de nutrientes (Moreno Reséndez et al., 2018).

Por esto, los biofertilizantes microbianos funcionales se han utilizado en algunos países tropicales durante más de medio siglo con resultados positivos y negativos (Tabla 11), tanto en investigaciones pequeñas como grandes (Anafador, 2019).

Tabla 11

Listado de ventajas y desventajas inherentes al empleo de biofertilizantes, las cuales se describen a continuación:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Un suministro más equilibrado de nutrientes ayuda a mantener la salud de las plantas. • Ayudan a aumentar la actividad biológica del suelo y por tanto mejoran la movilización de nutrientes y la descomposición de sustancias tóxicas. • Dan estructura al suelo para un mejor crecimiento de las raíces. • Aumentan el contenido de materia orgánica (MO) del suelo y, por lo tanto, aumentan la capacidad de intercambio catiónico, aumentan la retención de agua, promueven la formación de agregados y mitigan los cambios repentinos de acidez, alcalinidad, salinidad, pesticidas y metales pesados tóxicos. • Liberan nutrientes de manera gradual o lenta, contribuyen a las reservas residuales de nitrógeno orgánico y fósforo en el suelo, reducen la pérdida de nitrógeno por lixiviación y fijación de fósforo, y pueden proporcionar micronutrientes. • Promueven el crecimiento de lombrices y microorganismos benéficos. • Ayudan a suprimir enfermedades y parásitos propagados por organismos nativos del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparativamente, con respecto a los fertilizantes sintéticos son bajos en nutrientes y deben aplicarse en grandes cantidades para satisfacer las necesidades de nutrientes del cultivo durante el crecimiento. • Los nutrientes se liberan con demasiada lentitud para satisfacer las necesidades de las plantas, por lo que pueden desarrollar algunas deficiencias de nutrientes. • Los niveles de macronutrientes clave en los fertilizantes orgánicos pueden no ser suficientes para garantizar el máximo crecimiento de los cultivos.

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente: (Mishra & Dash, 2014; Moreno Reséndez et al., 2018)

Donde, los principales beneficios observados por los investigadores y desarrolladores de productos que usan tales inoculantes biológicos son: la fijación biológica de nitrógeno, la promoción del crecimiento vegetal, la solubilización del fósforo y las micorrizas (Anafador, 2019).

Por otra parte, la materia orgánica es un factor determinante en el estudio, ya que su papel es fundamental para la determinación de su nivel de influencia en el cultivo de cebada sumada a eso con la aplicación del biofertilizante previamente mencionado anteriormente.

7.10. Materia Orgánica

Es la materia que consiste en compuestos que contienen átomos de carbono, razón por la cual la química orgánica se llama "química del carbono". Si hablamos de sustancias orgánicas, se pueden dividir en las siguientes categorías: sustancias primarias u original, que representan los restos de las plantas, y sustancias secundarias, que componen los organismos vivos, así como la mayoría de sus sustancias y desechos (Corbella & Fernandez, 2015).

Dentro de este marco Corbella & Fernandez, (2015) manifiesta que la materia orgánica del suelo juega un papel fundamental en el balance global de carbono y se considera un importante contribuyente al calentamiento global o al efecto invernadero. Aunque la materia orgánica constituye solo una pequeña fracción de la masa total de la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que afecta significativamente muchas propiedades físicas, químicas y biológicas.

Por su parte los abonos orgánicos son una mezcla compleja y diversa de materia orgánica, que juega un papel importante en los suelos agrícolas. A menudo, un efecto lleva a otro, por lo que agregar materia orgánica al suelo crea un conjunto complejo de múltiples beneficios (Corbella & Fernandez, 2015).

Los derivados de materia orgánica se lo conoce cómo abonos orgánicos que son el resultado de la descomposición de sustancia orgánicas un elemento clave para la agricultura sostenible.

7.10.1. Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos son un elemento clave en la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; sus principales funciones son bien conocidas como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, manteniendo el nivel original de materia orgánica del suelo y complementando o reemplazando los fertilizantes sintéticos (Ramos & Elein, 2014).

Dicho de otro modo, es una sustancia que surge como resultado de la descomposición natural de sustancias orgánicas bajo la influencia de microorganismos en el medio ambiente, digiere estas sustancias, transformándolos en otras sustancias beneficiosas y proporciona

nutrientes al suelo. En este sentido se comprende que los fertilizantes orgánicos contienen un alto contenido de nitrógeno mineral y una gran cantidad de otros nutrientes para las plantas y se pueden clasificar según la fuente de los nutrientes, el grado de procesamiento y su estado agregado (sólido o líquido) (Tabla 12) (Ramos & Elein, 2014).

Tabla 12

Clasificación de los abonos orgánicos.

Fuente de nutrientes	Grado de procesamiento	Sólido	Líquidos
Materia Orgánica	Sin Procesar	Residuos vegetales: <ul style="list-style-type: none"> • Residuos de cosecha. • Residuos de poda. • Residuos de poscosecha. Residuos de animales: <ul style="list-style-type: none"> • Estiércoles frescos • Residuos de mataderos y otros. Coberturas: <ul style="list-style-type: none"> • Abonos verdes • Mulch 	Efluentes: <ul style="list-style-type: none"> • Pulpa de café. • Desechos de origen animal. • Otros residuos líquidos.
	Procesado	<ul style="list-style-type: none"> • Compost • Lombricompuesto • Bocashi • Ácidos húmicos Líquidos	<ul style="list-style-type: none"> • Biofermentos • Té de compost • Ácidos húmicos • Té de estiércol • Extractos de algas

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente:(Ramos & Elein, 2014)

Dentro de los abonos orgánicos se encuentra el bocashi, elemento empleando en la investigación como fertilizante orgánico con el objetivo principal de enriquecer la microfauna de suelos de suelos estériles.

7.10.1.1. Bocashi. Bocashi es una palabra japonesa que significa "materia orgánica fermentada". Los agricultores japoneses han utilizado Bocashi como fertilizante orgánico durante muchos años, así pues, este abono puede descomponerse por procesos aeróbicos de material animal o vegetal. Así su uso activa e incrementa el número de microorganismos en el suelo y mejora sus propiedades físicas y aporta nutrientes a las plantas (Garro, 2017; Ortíz & Díaz, 2017; Ramos & Elein, 2014).

Si bien es cierto la función principal de Bocashi es enriquecer el suelo mediante la adición de una amplia variedad de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras). Donde es posible cultivar plantas sanas y fuertes que puedan defenderse mejor de los patógenos (Dibella et al., 2021). Ahora bien, su elaboración no es complicada, empleando materiales que se encuentran a nuestro alcance.

7.10.1.1.1. Materiales. No existe una receta única para hacer bocashi. Es importante entender lo que hace cada ingrediente para que pueda crear la combinación adecuada en función de los materiales y la experiencia adquirida en el proceso.

Tabla 13

Receta para preparar 350 kg de bocashi

Ingredientes	Medidas necesarias		
	KG por bolsa	Bolsas	KG
Guanos	25	4	100
Tierra*	35	4	140
Rastrojo	15	4	60
Semita			6
Azúcar			1,5
Ceniza			15
Carbón Molido			15
Levadura			0,5
Bocashi semilla			8
Agua	Hasta alcanzar 35 a 45% de humedad en la mezcla		

Elaborado: Autor, 2023.

Fuente:(Dibella et al., 2021)

7.10.1.1.2. Elaboración. Para hacer bocashi, se debe seguir este proceso:

1. Mezclar en una cubeta con un poco de agua la levadura y la melaza hasta que todos los ingredientes estén incorporados.
2. Colocar la cascarilla (pajilla) de café, la gallinaza o estiércol, la tierra, el salvado, la harina de rocas y el carbón por capas y después mezclar hasta tener una mezcla homogénea.

3. Mientras se mezclan todos los materiales incorporar poco a poco la mezcla de melaza y levadura hasta un 80 % de humedad.
4. Realizar la prueba de puño para verificar que la mezcla tenga un 75-80 % de humedad.
5. Cubrir con plástico para evitar el exceso de humedad o el secado de la pila y retener el calor generado.
6. Voltar la pila durante los primeros 3 días, dos veces al día (mañana y tarde), esto para regular la temperatura.
7. Posteriormente voltear una vez al día durante 2-3 semanas.
8. Llevar un registro de temperaturas.
9. El abono estará listo cuando ya no se reconozcan los materiales que incorporamos inicialmente, teniendo un color oscuro y una textura suelta y seca. O bien la temperatura deje de bajar y mantenerse alrededor de 30 °C (Ortíz & Díaz, 2017).

Sin duda el bocashi como todo producto agrícola al usarse y aplicar en cualquier cultivo tiene sus respectivas ventajas y desventajas:

7.10.1.1.3. Ventajas.

- Tiene una alta carga microbiana benéfica que aumentan la actividad del suelo y la biodiversidad.
- Ayuda a absorber su alto contenido de nutrientes y utilizar otros fertilizantes. Su población microbiana aumenta la actividad inhibidora y mejora la salud de los cultivos.
- Aporta un mayor contenido energético porque sufre menos pérdidas por evaporación al no alcanzar temperaturas elevadas.
- Mejora y mantiene la estructura biológica del suelo favoreciendo la formación de agregados (Garro, 2017).

7.10.1.1.4. Desventajas.

- Es un abono orgánico inestable porque la materia orgánica no se descompone por completo y puede causar problemas de germinación o "quemadura" de cultivos ya desarrollados por la concentración de ácidos orgánicos de cadena corta, amoníaco o sales.
- No se recomienda usar la semilla en camas o viveros, idealmente cuando esté madura.
- Si el bocashi no se calienta a altas temperaturas, existe el riesgo de patógenos e insectos dañinos (Garro, 2017).

8. Validación de las Preguntas Científicas o Hipótesis.

8.1. Hipótesis nula

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

8.2. Hipótesis alternativa

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

9. Materiales y Metodología

9.1. Materiales

9.1.1. *Experimental*

- Biofertilizante de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*.
- Semillas de cebada de la variedad INIAP-Cañicapa 2003
- Semillas de cebada de la variedad INIAP-Alfa 2021
- Sustrato (suelo y bocashi)

9.1.2. *Laboratorio*

- Cajas Petri de plástico y vidrio
- Micro pipetas
- Puntas para micro pipetas de 1000 μ l y 100 μ l
- Espátula Drigalsky vidrio y plástico
- Matraz de Erlenmeyer (500ml.)
- Probeta
- Espátula cuchara de acero
- Vasos de precipitación
- Tubos de ensayo tapa rosca (30ml.)
- Papel Kraft para autoclavar
- Botellas tapa azul pyrex de 1000 ml

9.1.3. *Equipos*

- Cámara de flujo laminar
- Autoclave eléctrico
- Incubadora
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Agitador de tubos de ensayo Vórtex
- Agitador orbital

9.1.4. *Reactivos:*

- Alcohol antiséptico 75%

- Alcohol potable 95%
- Cloruro de Sodio (NaCl)
- Bacto Agar (Extracto de carne)
- Agar
- Peptona Bacteriana

9.1.5. *Invernadero*

- Sacos de yute
- Macetas
- Palas metálicas
- Flexómetro
- Balanza
- Etiquetas
- Libro de campo
- Mesas

9.2. Metodología

9.2.1. Localización

9.2.1.1. Características del Sitio Experimental. El ensayo se implementó en el invernadero del Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Anexo 1).

Tabla 14

Ubicación del sitio experimental.

Ubicación	Localidad
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Sitio	EESC
Altitud	3058
Latitud	78°33'16" S
Longitud	00°22'03" O

Fuente: Autor, 2023.

9.2.2. Tipo de Investigación

9.2.2.1. Investigación Experimental. Este es un estudio de tipo experimental que involucra la manipulación de una (o más) variables experimentales que no han sido validadas, en este caso, tres concentraciones de biofertilizante, aplicando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo factorial $A \times B \times C \times D + 4$ testigos, con cuatro repeticiones realizado bajo condiciones de invernadero con el objetivo de determinar la eficiencia del fertilizante orgánico en el cultivo de cebada.

9.2.2.2. Cuantitativa. Este es un estudio cuantitativo ya que recopila datos numéricos sobre varias variables de investigación y el análisis estadístico de estas variables se realiza en los programas estadísticos como InfoStat e IBM SPSS.

9.2.3. Modalidad Básica de Investigación

9.2.3.1. De Campo. El estudio está destinado a la investigación de campo, debido a que permite obtener datos de las observaciones realizadas in situ tal como se presentan en el lugar donde se establece el ensayo, sin manipular las variables para describir y comparar los factores de estudio. Tiene como principal instrumento la recopilación de información en libros de campo con el fin de analizarlo posteriormente en programas estadísticos.

9.2.3.2. De Laboratorio. El estudio está direccionado a la investigación de laboratorio, dado que una fase de la investigación se lleva a cabo en un lugar equipado con instrumentos y equipos que ayudan a la investigación a crear situaciones artificiales y está especialmente diseñado para la necesidad del investigador que busca el control absoluto sobre las variables independientes.

9.2.3.3. Bibliográfico Documental. En la investigación, los materiales bibliográficos y documentales nos permiten recolectar y seleccionar información, formada en el contexto del marco teórico y discusión de los resultados obtenidos.

9.2.4. Técnica e Instrumentos para la Recolección de Datos

9.2.4.1. Observación de Campo. La observación es un método de investigación que nos permitió explorar el lugar del ensayo y mantener contacto directo con el objeto de estudio para recopilar información sobre cada tratamiento.

9.2.4.2. Registro de Datos. Los datos se registraron en un libro de trabajo de campo junto con las acciones, observaciones e información relacionadas a cambios en los tratamientos.

9.2.4.3. Análisis Estadístico. A los datos recolectados de las variables evaluadas, se realizará la prueba de normalidad de Kolmogorov. Si los datos se ajustan a la normal, se realizará un análisis de varianza – ADEVA (Tabla 15), y si no se ajustan a la normal, se realizará la prueba de Kruskal Wallis. Para los factores e interacciones de los mismos, que presenten significancia estadística, se realizará la prueba de separación de medias de Tukey al 5%. Para el análisis se utilizará los paquetes estadísticos: INFOSTAT profesional versión 2021 e IBM SPSS versión 25.

9.2.5. *Diseño experimental*

El experimento se implementará en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo factorial A x B x C x D + 4 testigos, con cuatro repeticiones. Mediante análisis estadístico se determinará el método de tratamiento que mejor se adapta a las condiciones del campo de estudio y tiene un buen desempeño.

Tabla 15

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

Fuente de variación	Grados de libertad	
TOTAL	$(T \times R) - 1$	111
Tratamientos	R-1	27
Repeticiones	T-1	3
Variedades (V)	V-1	1
Concentración (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×C×M	(V-1) (C-1) (M-1)	2
C×E×M	(C-1) (E-1) (M-1)	2
E×M×V	(E-1) (M-1) (V-1)	1
V×C×E×M	(V-1) (C-1) (E-1) (M-1)	2
Factorial vs Adicional	(F; Ad) -1	1
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	(Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4) -1	1
Ad1 vs Ad2	(Ad1 vs Ad2) -1	1
Ad3 vs Ad4	(Ad3 vs Ad4) -1	1
Error	SC TOT – SC TRAT – SC REP	81

Elaborado: Autor, 2023.

9.2.5.1. Factores en estudio.

- Dos variedades mejoradas de Cebada: INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alfa 2021.
- 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) y Siembra (Zadoks 0) + espigamiento (Zadoks 50).
- Materia orgánica: 100% suelo + 0% bocashi y 50% suelo + 50% bocashi.

9.2.5.2. Tratamientos. Los tratamientos están constituidos por los factores en estudio; más dos tratamientos que corresponde al Testigo sin inocular (Tabla 16).

Tabla 16

Tratamientos para la evaluación del biofertilizante a base de Bacillus subtilis + Pseudomonas fluorescens en dos variedades de cebada en RI.

No. Macetas	Identificación	Código
1	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1×10^{10} UFC + ZADOCKS 0 + 100% suelo y 0% bocashi	V1C1E1M1
2	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1×10^{11} UFC + ZADOCKS 0 + 100% suelo y 0% bocashi	V1C2E1M1
3	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1×10^{12} UFC + ZADOCKS 0 + 100% suelo y 0% bocashi	V1C3E1M1

4	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 100% suelo y 0% bocashi	V1C1E2M1
5	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 100% suelo y 0% bocashi	V1C2E2M1
6	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 100% suelo y 0% bocashi	V1C3E2M1
7	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 + 50% suelo y 50% bocashi	V1C1E1M2
8	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 + 50% suelo y 50% bocashi	V1C2E1M2
9	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 + 50% suelo y 50% bocashi	V1C3E1M2
10	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 50% suelo y 50% bocashi	V1C1E2M2
11	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 50% suelo y 50% bocashi	V1C2E2M2
12	INIAP-CAÑICAPA 2003 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 50% suelo y 50% bocashi	V1C3E2M2
13	INIAP-ALFA 2021 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 + 100% suelo y 0% bocashi	V2C1E1M1
14	INIAP-ALFA 2021 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 + 100% suelo y 0% bocashi	V2C2E1M1
15	INIAP-ALFA 2021 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 + 100% suelo y 0% bocashi	V2C3E1M1
16	INIAP-ALFA 2021 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 100% suelo y 0% bocashi	V2C1E2M1
17	INIAP-ALFA 2021 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 100% suelo y 0% bocashi	V2C2E2M1
18	INIAP-ALFA 2021 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 100% suelo y 0% bocashi	V2C3E2M1
19	INIAP-ALFA 2021 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 + 50% suelo y 50% bocashi	V2C1E1M2

20	INIAP-ALFA 2021 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 + 50% suelo y 50% bocashi	V2C2E1M2
21	INIAP-ALFA 2021 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 + 50% suelo y 50% bocashi	V2C3E1M2
22	INIAP-ALFA 2021 + 1x1010 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 50% suelo y 50% bocashi	V2C1E2M2
23	INIAP-ALFA 2021 + 1x1011 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 50% suelo y 50% bocashi	V2C2E2M2
24	INIAP-ALFA 2021 + 1x1012 UFC + ZADOCKS 0 y ZADOCKS 50 + 50% suelo y 50% bocashi	V2C3E2M2
25	TESTIGO (INIAP-CAÑICAPA 2003) 100% suelo y 0% bocashi	TESTIGO
26	TESTIGO (INIAP-CAÑICAPA 2003) 0% suelo y 100% bocashi	TESTIGO
27	TESTIGO (INIAP-ALFA 2021) 100% suelo y 0% bocashi	TESTIGO
28	TESTIGO (INIAP-CAÑICAPA 2003) 0% suelo y 100% bocashi	TESTIGO

Elaborado: Autor, 2023

9.2.5.3.Unidad Experimental. Consistirá en una maceta plástica de 2 kg en las cuales se sembrará cinco semillas de cebada y se aplicará los tratamientos descritos en la (Tabla 16).

9.3.Variables y Métodos de Evaluación

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.

9.3.1. Principales variables agronómicas

9.3.1.1.Días al Espigamiento (DE). El parámetro días al espigamiento, es el número de días contados desde la siembra hasta que las espigas de las plantas de la parcela aparecen. La evaluación de este parámetro se realiza en forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas aparecen en su

totalidad en la parcela. Se recomienda hacer lecturas continuas debido a que los materiales florecen en diferentes tiempos (Ponce- Molina et al., 2019).

9.3.1.2. Altura de la Planta (AP). Esta variable se registra en la etapa de desarrollo fenológico del cultivo de cariósido duro (difícil de dividir), Z91, según la escala de Zadoks (Tabla 3). La altura de planta se mide, con una regla graduada, desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga y se lo expresa en centímetros (Ponce- Molina et al., 2019).

9.3.1.3. Conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC). Se evaluará a través de análisis microbiológicos la población de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* del suelo de las unidades experimentales, aplicando las directrices del Manual No. 112 sobre Análisis de Calidad para Formulaciones con Base en Hongos con Biocontroladores (Báez et al., 2019). Considerando la recomendación del empleo del medio de cultivo Agar Nutritivo (Cultimed, 2010).

9.3.1.4. Cantidad de Materia Verde (raíz, follaje y grano) (MV). Peso Verde o Materia Verde/Fresca, simplemente se realiza el pesaje en una balanza digital en el momento de la cosecha. Si se 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)

9.3.1.5. Cantidad de Materia Seca (raíz, follaje y grano) (MS). La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco (materia verde) (Escobar et al., 2020), la obtención de MS se lo realiza secando la muestra, usando la estufa, para proceder a estimar el contenido de materia seca (MS) realizando el pesaje en una balanza digital (Calistro, 2012).

9.3.1.6. Longitud de Espiga (LE). No es otra cosa que el tamaño final que ha alcanzado la espiga durante el desarrollo del cultivo. Este parámetro se lo mide desde la base de la espiga hasta el extremo de la misma, sin incluir las aristas. Se usa una regla y se expresa en centímetros. La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 92 (Tabla 3), CARIÓPSIDE DURO (NO SE MARCA CON LA UÑA). La evaluación se lo realiza cuando el cultivo ha alcanzado la madurez comercial, es decir a la cosecha (Ponce- Molina et al., 2019).

9.3.2. Variables a evaluar en post-cosecha

9.3.2.1. Número de Granos por Espiga. Es el número de granos que alcanzó la espiga durante su desarrollo completo, se lo realiza mediante un conteo manual del número

de granos llenos que tiene cada espiga y estimar un promedio. La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 92 (Tabla 3), CARIÓPSIDE DURO (NO SE MARCA CON LA UÑA). Este parámetro y el tamaño de espiga se pueden tomar al mismo tiempo (Ponce- Molina et al., 2019).

9.3.2.2. Peso de Granos. Consiste en pesar el grano de la espiga seleccionada al azar en una balanza; mientras mayor es el peso, mayor es el rendimiento potencial del cultivo. Adicionalmente, se le utiliza para calcular la densidad de siembra (Ponce- Molina et al., 2019).

9.3.2.3. Rendimiento de Grano. Es el parámetro más importante a evaluar, nos indica básicamente la producción potencial en grano que cada material puede alcanzar. Para ello debemos pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición el grano debe estar con 13% de humedad y limpio, para lo cual se utilizará una balanza electrónica y se expresará en gramos por parcela y luego se transformará a kilogramos por hectárea (Ponce- Molina et al., 2019).

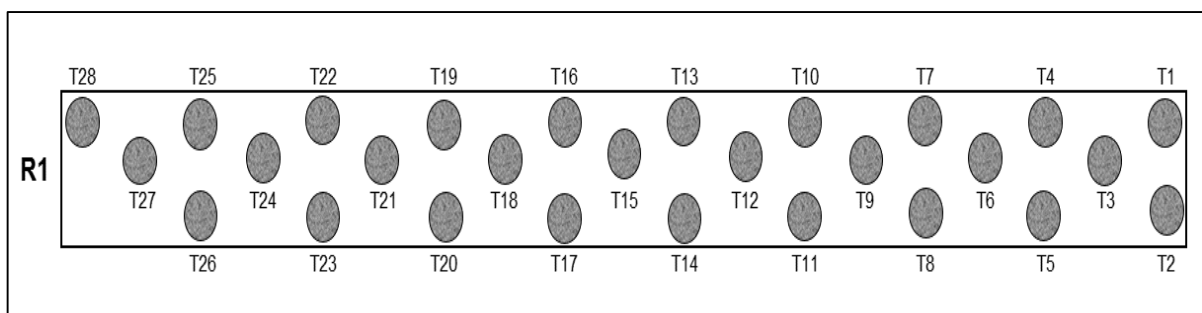
9.3.2.4. Análisis de Suelo. Antes de sembrar las semillas de cebada en las respectivas macetas en el invernadero, se realizará un análisis de suelo y el sustrato a utilizar (Bocashi). Al finalizar el experimento, se recolectarán muestras de suelo con mejor y peor rendimiento dentro de las unidades experimentales, con la finalidad de enviar las muestras recolectadas al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) del INIAP.

9.4. Distribución

9.4.1. Distribución de las Unidades Experimentales

Ilustración 4

Representación visual de la ubicación de las unidades experimentales (macetas) en R1 del ensayo.

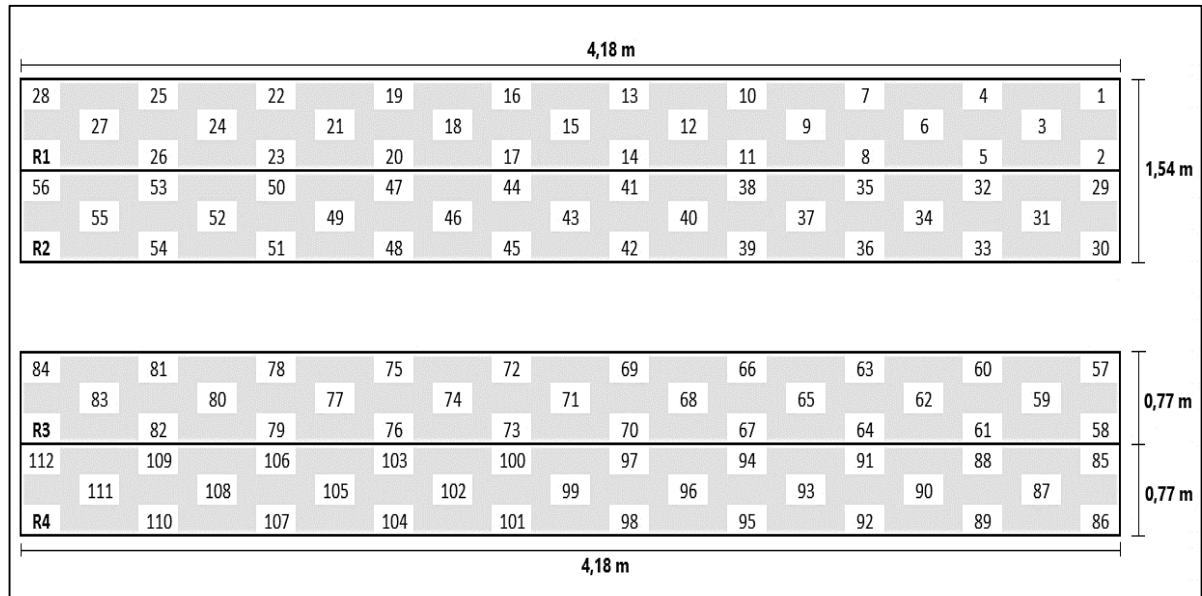


Elaborado: Autor, 2023

9.4.2. Diseño del Ensayo en Invernadero

Ilustración 5

Representación gráfica de la ubicación de los distintos tratamientos ensayo.



Elaborado: Autor, 2023

9.5. Manejo Específico del Experimento

9.5.1. Fase I: Campo

9.5.1.1. Manejo del Cultivo.

9.5.1.1.1. Selección y Recolección del Suelo. Se utilizó suelo de un lote o terreno con baja fertilidad, principalmente en Nitrógeno. La recolección del suelo se lo realizó en los primeros 0.20 m y se empleó un azadón, para ser almacenados y transportados en sacos de yute.

9.5.1.1.2. Desinfección del Suelo. La desinfección del suelo se realizó con un tratamiento físico empleando vapor de agua y/o el uso de agua hirviendo que permite eliminar ciertos patógenos del suelo sin causar daños al medio ambiente y a la salud humana. Este método consiste básicamente en colocar agua hirviendo con una temperatura aproximada de 70°C por un tiempo de 3 horas para eliminar los organismos patogénicos y en lo posible mantener algunos microorganismos benéficos para el desarrollo del suelo (Enríquez et al., 2010) (Anexo 2)

- 9.5.1.1.3. Preparación de la Semilla.** Las semillas empleadas en el ensayo son de alta calidad al tener pureza genética y buena calidad fisiológica.
- 9.5.1.1.4. Inoculación de Semillas en *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*.** La inoculación de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* se lo realizó el día de siembra (Zadoks 0), donde se expuso la semilla dentro de un recipiente al biofertilizante durante 15 min.
- 9.5.1.1.5. Preparación de Sustrato.** Para este proceso se realizó la mezcla de la materia orgánica (bocashi) con el suelo previamente recolectado, donde se mezcló 50% suelo + 50% bocashi, y 100% de suelo para los grupos determinados de tratamientos.
- 9.5.1.1.6. Siembra.** La siembra se realizó de forma manual. En cada maceta, previamente llenas con los sustratos a evaluarse, se colocarán cinco semillas. Las macetas fueron distribuidas en mesas dentro del invernadero, según el diseño y randomización previamente establecidos (Anexo 3).
- 9.5.1.1.7. Riego.** El riego se realizó de 2 a 3 veces por semana, dependiendo de las condiciones ambientales. En el riego se procura que los sustratos se encuentren en capacidad de campo.
- 9.5.1.1.8. Aplicación Complementaria del Biofertilizante.** La aplicación se la realizó mediante Drench, 50ml por maceta del biofertilizante en la etapa de espigamiento (Zadoks 50) (Anexo 4).
- 9.5.1.1.9. Muestreo de Suelo para Conteo de Población *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*.** Para la toma de muestras, se aplicó un muestreo bidimensional, es decir, recolectando tres sub-muestras de cada tratamiento dentro de las cuatro repeticiones para tener un total de veinte ocho muestras compuestas tomados en tres momentos: antes de la siembra, antes de la aplicación en Z50 (Tabla 3) y a la cosecha. Se utilizó el método de muestreo superficial de la Guía para Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente (Altamirano, 2014).
- 9.5.1.1.10. Cosecha.** La cosecha se realizó al momento de la madurez comercial (Anexo 5).
- 9.5.1.1.11. Pesaje de Materia Verde y Seca.** Para este proceso, que forma parte de la cosecha, todas las plantas de la unidad experimental se cosecharon y se colocaron en bolsas de tela, incluidas las raíces, con etiquetas de identificación del tratamiento correspondiente y se pesaron en una balanza previamente encerada para tomar el peso de materia verde (MV). A continuación, la bolsa se coloca en un horno de calibración a una temperatura de 30°C a 40°C durante 24

a 48 horas. Al final de este período, se realizó el pesaje correspondiente a materia seca (MS).

9.5.2. Fase II: Laboratorio

9.5.2.1. Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonia (UFC). Se realizó mediante la recolección previa de las muestras de suelo de los tratamientos (Tabla 16). Para este proceso de conteo de UFC se aplicó la metodología del Manual No. 112 sobre 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). Considerando modificaciones según sea necesario para el ensayo, empleado el medio de cultivo Agar Nutritivo el cual nos permite una mayor visibilidad de las UFC (Cultimed, 2010) y NaCl al 0,85% (Anexo 6).

9.5.2.1.1. Preparativos previos de la muestra para el conteo de UFC.

1. Preparar NaCl al 0,85% de acuerdo al volumen necesario.
2. Colocar 9 ml NaCl al 0,85% en tubos de ensayo de 15ml.
3. Colocar 180 ml de NaCl al 0,85% en matraz de Erlenmeyer de 500ml.
4. Esterilizar en el autoclave eléctrico los tubos de ensayo y matraz de Erlenmeyer anteriormente mencionados.
5. Colocar 20 gr de muestra de suelo en el matraz mencionado con anterioridad
6. Agitar en el agitador orbital durante 30 min a 120 rpm el matraz.

9.5.2.1.2. Preparación de la muestra para conteo de UFC.

1. Tomar una muestra de 1000 μ l (1ml) con Micropipetas del matraz previamente preparado
2. Colocar la muestra en tubos de ensayo de 15ml previamente preparados.
3. Agitar en Vórtex hasta que la muestra se disperse completamente.
4. La suspensión resultante corresponde a la muestra madre o dilución 10^{-1} .

9.5.2.1.3. Preparación de diluciones seriadas.

1. Tomar 1000 μ l (1ml) de la muestra madre y colocar en otro tubo con 9 ml de solución estéril de NaCl al 0,85%.
2. Agitar en Vórtex vigorosamente el tubo hasta que la muestra se disperse completamente (dilución 10^{-2}).

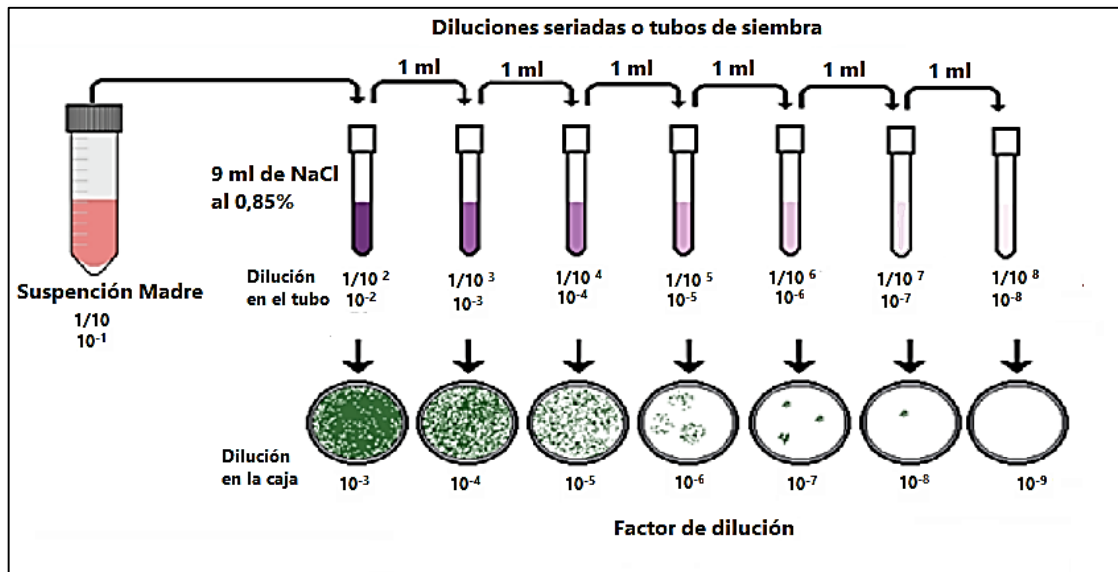
3. A partir de la dilución 10^{-2} , repetir los pasos anteriores tantas veces como sea necesario hasta llegar al número de diluciones deseado. Etiquete los tubos con los nombres de las diluciones correspondiente (ej. 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , etc.). El número de diluciones dependerá de la necesidad del estudio y/o muestra.

9.5.2.1.4. Determinación del número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

1. Como se desconoce la concentración de la muestra se debe seleccionar un rango amplio de diluciones para sembrar. En caso de conocer el rango y/o concentración de la muestra seleccionar las diluciones a sembrar para el conteo.
2. Rotular las cajas Petri con medio de Agar Nutritivo con el nombre de la muestra, la fecha y el número de la dilución siguiente a la del tubo a que es utilizado para sembrar. Tener en cuenta que se requiere repeticiones (cajas inoculadas) por dilución y se debe sembrar tres diluciones por muestra como mínimo.
3. Transferir $100 \mu l$ de las diluciones a sembrar a las respectivas cajas Petri debidamente rotuladas utilizando una Micropipetas y puntas estériles.
4. Extender la muestra por la superficie de la caja Petri utilizando un asa de Drigalsky.
5. Incubar las cajas Petri sembradas de manera invertida a temperatura de $24^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$, hasta que las colonias estén suficientemente grandes para ser contadas.
6. Seleccionar la dilución adecuada para realizar el conteo.
7. Contar el número de colonias en las repeticiones de cajas Petri de la dilución seleccionada.

Ilustración 6

Preparación de diluciones seriadas y siembra en caja Petri.



Elaborado: Autor, 2023

Fuente: Adaptado de (Báez et al., 2019).

9.5.2.1.5. Interpretación de resultados.

1. Promediar el número de colonias registrados de las repeticiones de cajas Petri en la dilución seleccionada.
2. Realizar el cálculo de UFC con la siguiente fórmula:

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

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.

10. Análisis y Discusión de Resultados

En el presente trabajo de investigación se evaluó la respuesta de un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en dos variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC. Donde se utilizó la prueba de normalidad Kolmogorov, el cual estableció la realización de la prueba de Kruskal Wallis para el análisis estadístico (Anexo 7) perteneciente al programa InfoStat. Los resultados de este proyecto se detallan a continuación:

10.1. Variables agronómicas

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 17 se observa que los valores de las variables agronómicas las cuales nos permanente visualizar el desarrollo de la planta, manifestando un menor biomasa en el tratamiento sin el contenido de materia orgánica (M1) , mientras el mejor tratamiento con mayor envergadura son los tratamientos con materia orgánica (M2).

Tabla 17

Resumen de medias por tratamientos para las variables agronómicas.

Tra.	Código	Días al Espigamiento	Altura (cm)	Materia Verde (g)	Materia Seca (g)	Longitud Espiga (cm)
1	V1C1E1M1	88	70,8	3,6	2,6	15,3
2	V1C2E1M1	88	79,8	3,7	3,1	16,5
3	V1C3E1M1	88	105,7	8,4	5,1	19,4
4	V1C1E2M1	88	74,3	5,0	4,3	16,0
5	V1C2E2M1	90	73,5	3,3	2,8	15,3
6	V1C3E2M1	90	74,5	6,0	4,9	17,2
7	V1C1E1M2	90	74,2	71,1	63,0	16,8
8	V1C2E1M2	90	82,3	72,5	63,5	16,3
9	V1C3E1M2	90	79,5	74,4	63,3	16,6
10	V1C1E2M2	77	74,2	74,4	63,3	16,3
11	V1C2E2M2	80	85,6	67,8	57,3	17,8
12	V1C3E2M2	90	88,8	70,3	61,3	18,5

13	V2C1E1M1	60	63,3	3,6	3,0	12,6
14	V2C2E1M1	56	64,5	5,6	4,8	12,6
15	V2C3E1M1	70	57,3	3,4	2,6	12,4
16	V2C1E2M1	63	56,4	4,0	3,0	12,4
17	V2C2E2M1	59	69,3	3,4	2,4	11,6
18	V2C3E2M1	60	69,5	5,4	4,9	15,6
19	V2C1E1M2	63	64,0	66,4	61,3	17,3
20	V2C2E1M2	63	65,1	61,5	56,5	16,5
21	V2C3E1M2	66	66,3	64,1	61,1	16,5
22	V2C1E2M2	70	67,1	62,3	57,3	16,3
23	V2C2E2M2	70	67,2	61,0	55,9	16,6
24	V2C3E2M2	63	67,3	61,5	58,9	17,3
25	T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M1	90	83,5	5,3	4,8	15,4
26	T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2	90	76,5	43,3	32,2	11,1
27	T0 (INIAP-ALFA 2021) M1	56	60,5	4,0	3,5	14,4
28	T0 (INIAP-ALFA 2021) M2	70	68,4	38,0	30,6	16,7

Elaborado: Autor, 2023

Con base a la Tabla 18, las variables agronómicas presentadas denotan mayor efectividad para la V1 (INIAP-Cañicapa 2003) frente a la otra variedad (INIAP-Alfa 2021). Para el caso la Concertación, la mejor concentración es C3(1×10^{12} UFC), por su parte, en cuanto a épocas de aplicación, obtuvo mejores variables agronómicas la aplicación de una época (Zadocks 0), y finalmente, con el uso de materia orgánica se determinó que el empleo de 50% suelo y 50% bocashi tiene mejor resultado.

Tabla 18

Resumen de medias para las variables en estudio aplicado a las variables agronómicas.

	Variedades	Días al Espigamiento	Altura (cm)	Materia Verde (g)	Materia Seca (g)	Longitud Espiga (cm)
V1	INIAP-CAÑICAPA 2003	87	80,3	38,4	32,9	16,8
V2	INIAP-ALFA 2021	64	64,8	33,5	31,0	14,8
Concentración						
C1	1×10^{10} UFC	75	68,0	36,3	32,2	15,4
C2	1×10^{11} UFC	75	73,4	34,8	30,8	15,4
C3	1×10^{12} UFC	77	76,1	36,7	32,8	16,7
Época						
E1	Z 0	76	72,7	36,5	32,5	15,7
E2	Z 0 y Z 50	75	72,3	35,3	31,3	15,9
Materia Orgánica						
M1	100% suelo y 0% bocashi	75	71,6	4,6	3,6	14,7
M2	50% suelo y 50% bocashi	76	73,5	67,3	60,2	16,9

Elaborado: Autor, 2023

10.1.1. Días al espigamiento

Tabla 19

Prueba de Kruskal Wallis para la variable días al espigamiento (días).

F.V.	p-valor	
Repetición	>0,9999	n.s.
Tratamiento	<0,0001	**
Variedades (V)	<0,0001	**
Concentración (C)	0,381	n.s.
V×C	<0,0001	**
Épocas (E)	0,8584	n.s.
V×E	<0,0001	**
C×E	0,8062	n.s.
Materia Orgánica (M)	0,1085	n.s.
V×M	<0,0001	**
C×M	0,454	n.s.
E×M	0,3191	n.s.
V×C×E	<0,0001	**
V×C×M	<0,0001	**
C×E×M	0,842	n.s.
E×M×V	<0,0001	**
V×C×E×M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,4988	n.s.
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	<0,0001	**
Ad1 vs Ad2	>0,9999	n.s.
Ad3 vs Ad4	0,0514	n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

Al observar la Tabla 19 prueba de Kruskal Wallis se puede identificar diferencias estadísticas altamente significativo (**) para la interacción de los cuatro factores V×C×E×M, donde también manifiesta el mismo nivel de significación los tratamientos, variedades, distintas interacciones como: V×C, V×E, V×M, V×C×E, V×C×M, E×M×V y dentro de los adicionales existe diferencias en la comparación entre: Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4 ya que p-valor fue <0,0001.

Con respecto al resto de variables e interacciones no existe significancia (n.s.) estadística determinando que su comportamiento es similar presentado en p -valor $>0,05$.

Con base a los datos de la Tabla 18 sobre días al espigamiento en la variable variedades, se determina que la variedad INIAP-ALFA 2021 fue más precoz con 64 días y la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 fue más tardía con 87 días. Para el caso de las concertaciones C1 y C2, estas tuvieron un comportamiento similar con 75 días al espigamiento y para C3 de 77 días. Las variables época de aplicación y materia orgánica tuvieron un comportamiento similar con 75 días para E1 (aplicación mediante inoculación-Zadocks 0) y M1 (100% suelo + 0% materia orgánica); y 76 días para E2 (inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50) y M2 (50% suelo + 50% materia orgánica).

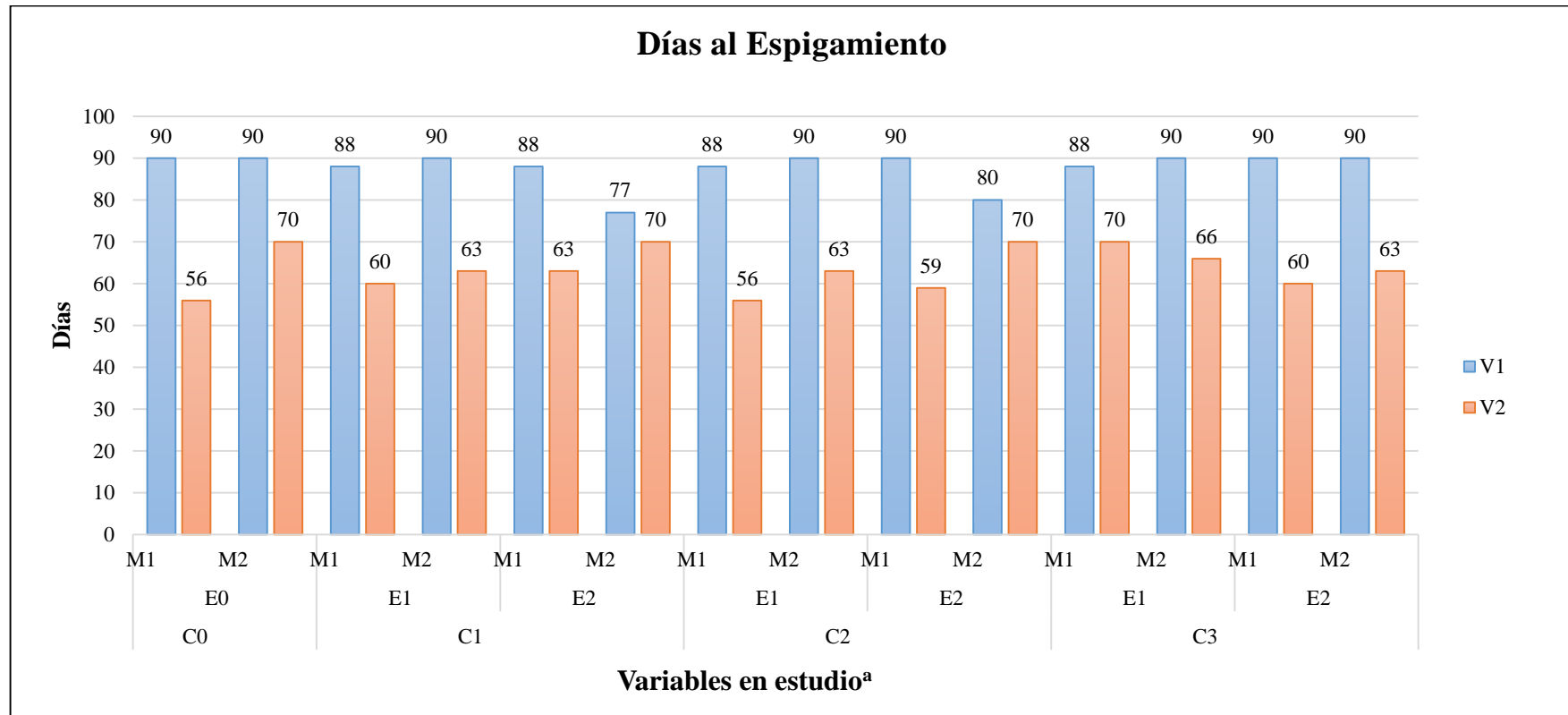
Según Rivadeneira et al., (2008), la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 alcanza su espigamiento en campo entre los 85-90 días, entre tanto que la variedad INIAP-ALFA 2021 espiga entre los 80-90 (Ponce-Molina et al., 2021).

Sustentado en los resultados presentados en la Tabla 17 y Tabla 18, se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 estableciendo que el comportamiento de las dos variedades de cebada con la aplicación del biofertilizante son distintas, existiendo una anticipado espigamiento en la variedad INIAP-ALFA 2021 en condiciones de invernadero frente a la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 que manifiesta un comportamiento similar, bajo invernadero como en campo.

Con base a los datos presentados en la Tabla 17 y Figura 1, se determina que los tratamientos: V2C2E1M1 y T0 (INIAP-ALFA 2021) M1 espigaron en menor tiempo con 56 días. Por su parte, los tratamientos: V1C2E2M1, V1C3E2M1, V1C1E1M2, V1C2E1M2, V1C3E1M2, V1C3E2M2, T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M1 y T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2 presentan mayor tiempo al espigamiento con 90 días después de la siembra.

Figura 1

Media de los valores para la variable días al espigamiento.



Nota: Variables en estudio= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×10¹⁰ UFC, (C2) 1×10¹¹ UFC, (C3) 1×10¹² UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.1.2. Altura de Planta (cm)

Tabla 20

Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta (cm).

F. V.	p-valor	
Repetición	0,998	n.s.
Tratamiento	<0,0001	**
Variedades (V)	<0,0001	**
Concentración (C)	0,0258	*
V×C	<0,0001	**
Épocas (E)	0,2482	n.s.
V×E	<0,0001	**
C×E	0,1198	n.s.
Materia Orgánica (M)	0,1669	n.s.
V×M	<0,0001	**
C×M	0,0897	n.s.
E×M	0,3138	n.s.
V×C×E	<0,0001	**
V×C×M	<0,0001	**
C×E×M	0,4212	n.s.
E×M×V	<0,0001	**
V×C×E×M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,6836	n.s.
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	0,0001	**
Ad1 vs Ad2	0,4858	n.s.
Ad3 vs Ad4	0,1143	n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

La Tabla 20 prueba de Kruskal Wallis muestra altos niveles de significancia estadística (**) en tratamientos, variedades, interacciones: V×C, V×M, V×C×E, V×C×M, E×M×V, V×C×E×M y dentro de los adicionales existe en Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4 prestando en p-valor de <0,0001. El factor concentración expresa significancia (*) estadística con p-valor de <0,005.

El resto de factores, interacciones y adicionales no presentan significancia estadística (n.s.) ya que se encuentran con valores superiores a 0,005 en p-valor.

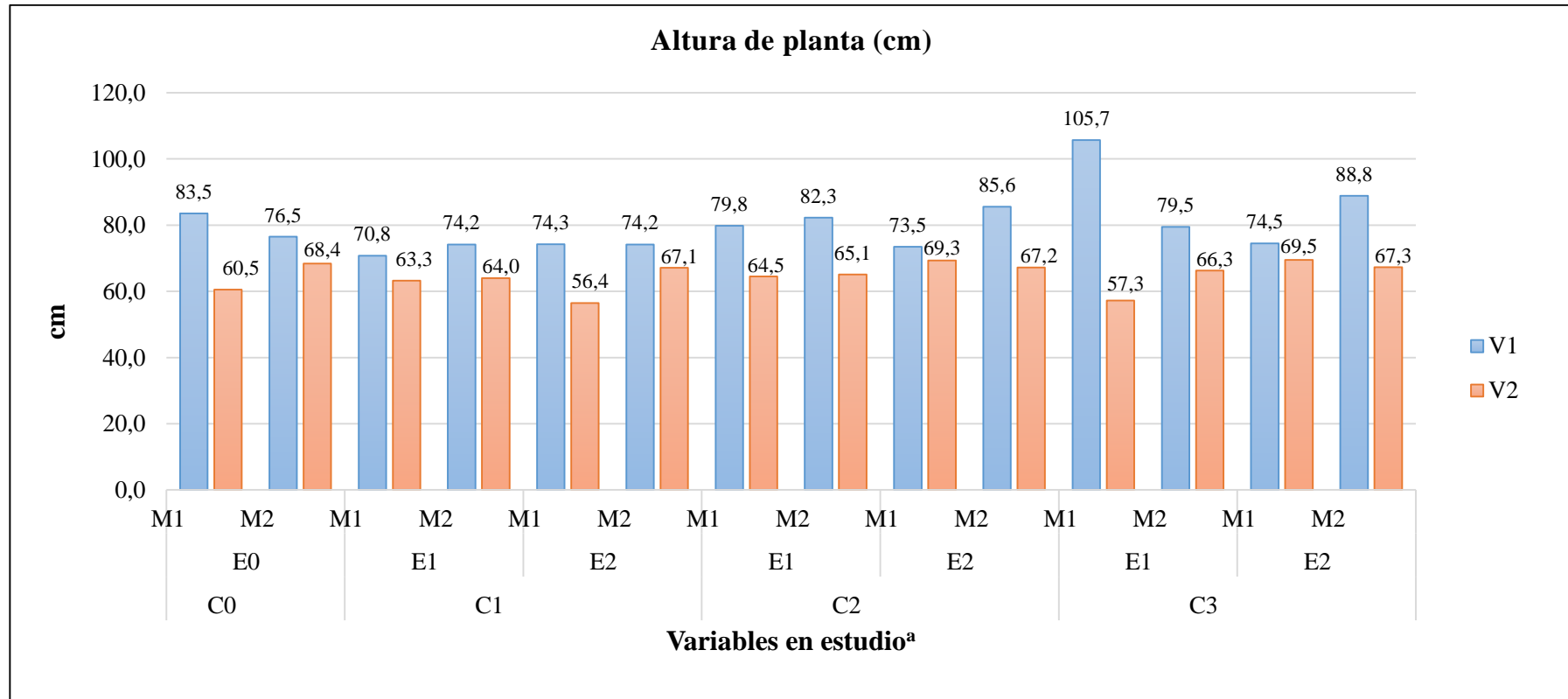
En la Tabla 18 se observa que V1(INIAP-CAÑICAPA 2003) con promedio de 80,3cm es más alta que V2 (INIAP-ALFA 2021) que tiene un promedio de 64,8cm. Además, en concentraciones, C3 es más alto que C2, mientras que C2 es más grande que C1, que es el más pequeño con 68cm. Por otro lado, no hubo diferencias entre épocas de aplicación E1 72,7cm y E2 72,3cm. Además, no hay mucha diferencia en materia orgánica, M1 muestra un valor de 71,6cm y M2 muestra un valor de 73,5cm.

Los resultados de este estudio muestran una relación entre variedades y concentración en el desarrollo de la planta mostrando diferencia entre las dos variedades con la aplicación de diferentes concentraciones de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*. De acuerdo con Płaza et al. (2022), la aplicación de PGPR afectan al crecimiento de manera significativa. En ese mismo contexto, Moussa et al. (2013) enuncia que el empleo de *B. subtilis* y *P. fluorescens* por separado o en combinación afectan significativamente el crecimiento. No obstante los resultados presentados en las Tabla 17, Tabla 18 y Figura 2 expresan valores inferiores a los presentados en el manual de cebada N° 111 desarrollado por Ponce-Molina et al., (2019) referente a INIAP-CAÑICAPA 2003 (p.32) y el plegable N° 462 de la variedad ALFA-2021, estudios y publicaciones realizados en Ecuador en condiciones de campo y no bajo invernadero para las variedades en estudio; donde INIAP-CAÑICAPA 2003 tiene un rango de altura de 110-130 cm e INIAP ALFA 2021 puede alcanzar entre 90-100 cm de altura, concordando con este estudio que Cañicapa tiene una mayor desarrollo que Alfa.

Según los datos presentados en la Tabla 17 y Figura 2 se observa que el tratamiento V1C3E1M1 es el más alto con 105,7cm, mientras que el tratamiento V2C1E2M1 es el más pequeño con un altura de 56,4cm y no tan distante se encuentra con una altura similar de 57,3cm el tratamiento V2C3E1M1. Así mismo el resto de tratamientos se encuentra en un rango de altura de 60cm a 90cm.

Figura 2

Media para la variable altura de planta.



Nota: Variables en estudio^a= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×1010 UFC, (C2) 1×1011 UFC, (C3) 1×1012 UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.1.3. Cantidad de Materia Verde (raíz, follaje y grano) (MV) (g).

Tabla 21

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable materia verde (g).

F. V.	p-valor
Repetición	0,9978 n.s.
Tratamiento	<0,0001 **
Variedades (V)	0,0092 **
Concentración (C)	0,3604 n.s.
V×C	0,078 n.s.
Épocas (E)	0,5668 n.s.
V×E	0,0686 n.s.
C×E	0,4975 n.s.
Materia Orgánica (M)	<0,0001 **
V×M	<0,0001 **
C×M	<0,0001 **
E×M	<0,0001 **
V×C×E	0,2472 n.s.
V×C×M	<0,0001 **
C×E×M	<0,0001 **
E×M×V	<0,0001 **
V×C×E×M	<0,0001 **
Factorial vs Adicional	0,1868 n.s.
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	0,5399 n.s.
Ad1 vs Ad2	0,34 n.s.
Ad3 vs Ad4	0,141 n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

La prueba de Kruskal Wallis en la Tabla 21 demuestra que existe un alto nivel de significancia estadística (**) en los tratamientos, variedades, materia orgánica e interacciones: V×M, C×M, E×M, V×C×M, C×E×M, E×M×V, V×C×E×M con valores menores al 0.005 en p-valor. No obstante, el resto de variables e interacciones incluidos los adicionales no presentan significancia estadística (n.s.) por presentar en p-valor valores superiores al 0,005.

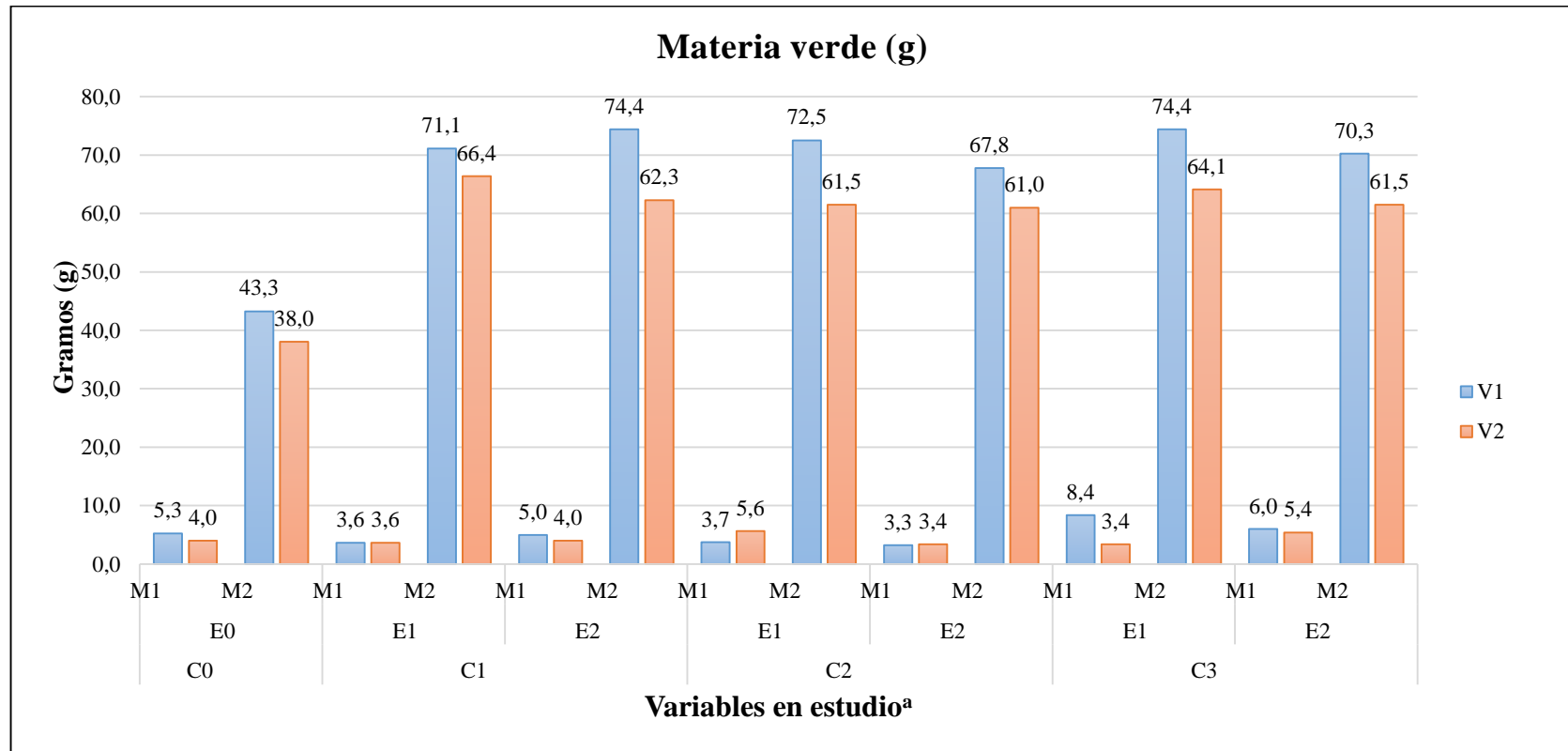
De los datos que se muestran en la Tabla 18 establecemos que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 con 38,4g es superior a INIAP-ALFA 2021 con 33,5g de MV. Además, 36,7g de C3 es levemente mayor que C2 con 36,3g mientras que 34,8 g de C1 es menor en comparación a ambas. Mientras tanto, E1 pesa 36,5g y E2 es menor con 35,3g de peso. Por otro lado, existe una gran diferencia de peso entre M1 con 4,6g y M2 con 67,3g.

Estudios previos han señalado la importancia de la materia orgánica sumado a la aplicación de *B. subtilis* y *P. fluorescens*. Según Ramos & Elein, (2014), en su trabajo expresa que el empleo de materia orgánica estimula el crecimiento de las plantas activando una serie de fitohormonas y fitorreguladores, a su vez por medio de la inoculación biológica natural de bacterias autorregulan agentes patógenos del suelo. De manera semejante, en el presente estudio se estable la influencia de materia orgánica más la aplicación de biofertilizante para las dos variedades de cebada en contenido de biomasa verde que son más altas en comparación a los tratamientos con solo suelo M1 (100% suelo + 0% suelo).

De acuerdo a la Tabla 17 y Figura 3, se puede observar que los tratamientos con mayor contenido de materia verde fueron: V1C3E1M2 y V1C1E2M2 con un peso de 74,4g. Por otro lado, los tratamientos que presentan menor peso son: V1C2E2M1, V2C3E1M1, V2C2E2M1, V1C1E1M1, V2C1E1M1 y V1C2E1M1 con pesos que varían de 3,25g a 3,75g. Además, se puede incluir a los siguientes tratamientos: V2C1E2M1, T0 (INIAP-ALFA 2021) M1, V1C1E2M1, T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M1, V2C3E2M1, V2C2E1M1, V1C3E2M1 y V1C3E1M1 como de menor peso ya que sus valores están en un rango de 4g hasta un máximo de 8,38g de peso MV.

Figura 3

Valores de media para la variable cantidad de materia verde.



Nota: Variables en estudio^a=(V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×10¹⁰ UFC, (C2) 1×10¹¹ UFC, (C3) 1×10¹² UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.1.4. Cantidad de Materia Seca (raíz, follaje y grano) (MS) (g).

Tabla 22

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable materia seca (g).

F. V.	p-valor
Repetición	0,9957 n.s.
Tratamiento	<0,0001 **
Variedades (V)	0,043 *
Concentración (C)	0,1911 n.s.
V×C	0,1805 n.s.
Épocas (E)	0,3414 n.s.
V×E	0,1717 n.s.
C×E	0,251 n.s.
Materia Orgánica (M)	<0,0001 **
V×M	<0,0001 **
C×M	<0,0001 **
E×M	<0,0001 **
V×C×E	0,3071 n.s.
V×C×M	<0,0001 **
C×E×M	<0,0001 **
E×M×V	<0,0001 **
V×C×E×M	<0,0001 **
Factorial vs Adicional	0,2751 n.s.
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	0,5474 n.s.
Ad1 vs Ad2	0,4164 n.s.
Ad3 vs Ad4	0,1887 n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

Los valores expresados en la Tabla 22 son altamente significativo (**) con valores <0,005 para tratamientos, materia orgánica, interacciones donde se encuentren en relación con la materia orgánica que son: V×M, C×M, E×M, V×C×M, C×E×M, E×M×V, V×C×E×M con <0,0001 en p-valor. Con un valor de 0,043 (<0,005) el factor variedades presenta significancia

(*). No obstante, no presentaron significancia (n.s.) para concentración, época, interacciones: V×C, V×E, C×E, V×C×E y adicionales presentando valores >0,005.

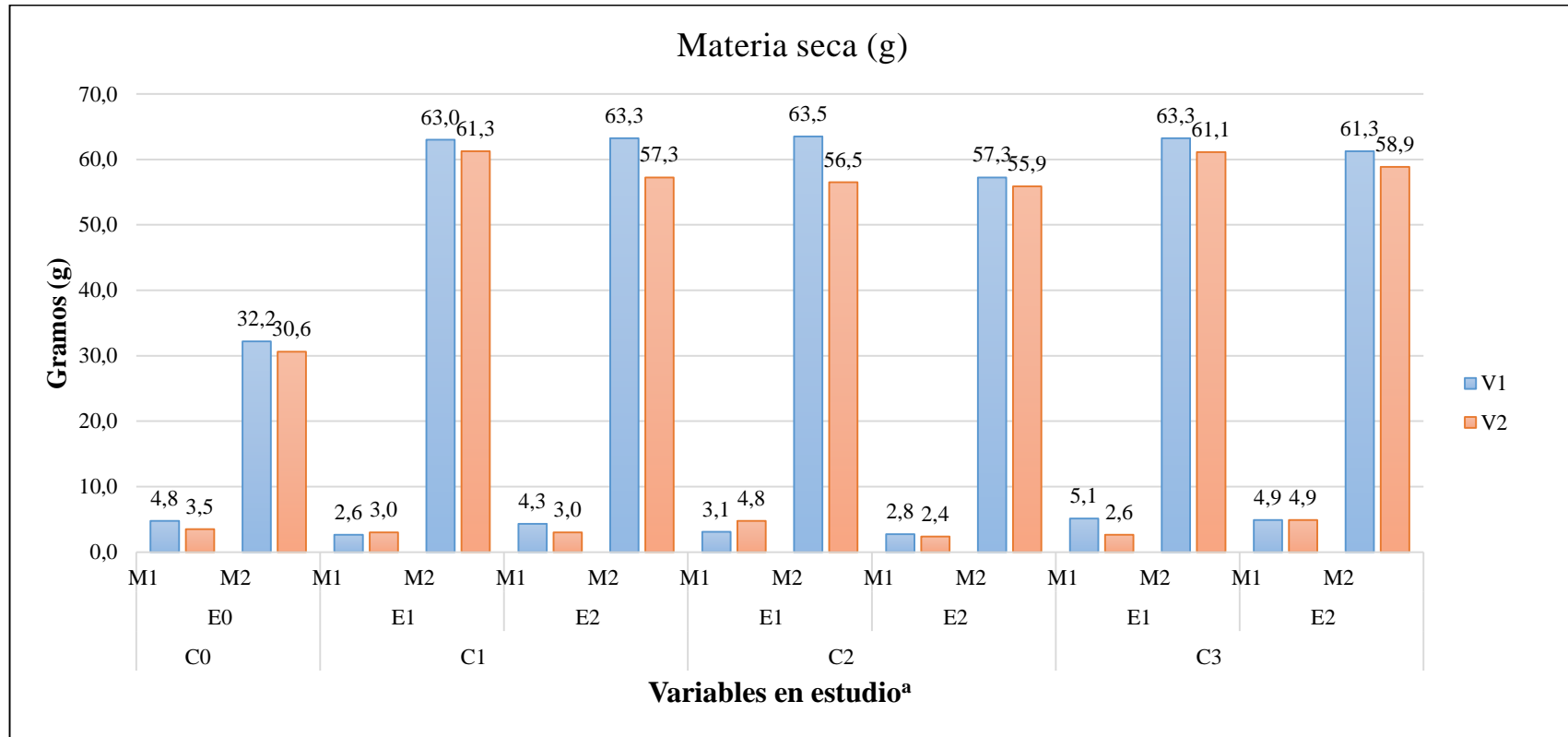
De la materia seca, en la Tabla 18 se determina un comportamiento similar para la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 que fue de 32,9g e INIAP-ALFA 2021 que pesó 31g. Del mismo modo, C1 pesa 32,2g y C3 32,8g, mientras que C2 presenta un peso inferior con 30,8g. En paralelo no se encontró diferencias estadísticas significativas de pesos en las dos épocas de aplicación, E1 32,5g y E2 31,3g. Sin embargo, la principal diferencia está en el uso de materia orgánica ya que los 3,6g del tratamiento M1 es muy inferior a los 60,2g de materia seca del tratamiento M2.

La literatura existente denota que el empleo de biofertilizantes mediante inoculación influye en el índices de materia seca (Grageda-Cabrera et al., 2018). Por ello, los valores revelados en la Figura 4 son la clara explicación de la influencia existente del bocashi (materia orgánica) sumado a la aplicación del biofertilizante en el presente estudio, por lo tanto, todos los tratamientos con materia orgánica manifiestan valores superiores a 50g de MS. Sin duda en este apartado se descarta la H1, aceptando la H0 presentando semejanzas con Bocashi y biofertilizante. Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los resultados alcanzados en el estudio de Angelina et al., (2020) quien expresa que “la inoculación de *P. fluorescens* y la coinoculación con *B. subtilis* dan como resultado un aumento de la biomasa microbiana solo en el sistema orgánico”.

La Tabla 17 y Figura 4 proporcionan una visión general de cantidad de materia seca donde se muestra mayor peso en los tratamientos: V1C2E1M2, V1C3E1M2, V1C1E2M2 y V1C1E1M2 cuyos pesos varían de 63g a un máximo de 63,5g. Mientras tanto, los que presentaron menor peso de materia seca son los tratamientos relacionados a M1 (100% suelo): V1C3E1M1, V1C3E2M1, V2C3E2M1, V2C2E1M1, T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M1, V1C1E2M1, T0 (INIAP-ALFA 2021) M1, V1C2E1M1, V2C1E1M1, V2C1E2M1, V1C2E2M1, V1C1E1M1, V2C3E1M1 y V2C2E2M1 con pesos que varían entre 2,38g a 5,11g.

Figura 4

Valores de media para la variable cantidad materia seca.



Nota: Variables en estudio^a= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×1010 UFC, (C2) 1×1011 UFC, (C3) 1×1012 UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.1.5. Longitud de Espiga (cm)

Tabla 23

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable longitud de espiga (cm).

F. V.	p-valor
Repetición	0,9845 n.s.
Tratamiento	<0,0001 **
Variedades (V)	0,0001 **
Concentración (C)	0,0061 **
V×C	<0,0001 **
Épocas (E)	0,6733 n.s.
V×E	0,0018 **
C×E	0,0198 *
Materia Orgánica (M)	<0,0001 **
V×M	<0,0001 **
C×M	<0,0001 **
E×M	<0,0001 **
V×C×E	0,0003 **
V×C×M	<0,0001 **
C×E×M	<0,0001 **
E×M×V	<0,0001 **
V×C×E×M	<0,0001 **
Factorial vs Adicional	0,004 **
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	0,0668 **
Ad1 vs Ad2	0,1273 n.s.
Ad3 vs Ad4	0,0428 *

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

Elaborado: Autor, 2023

En la tabla 23 se puede ver diferentes niveles de significancia estadística. Para los factores como: variedades, concentración y materia orgánica, interacciones: V×C, V×E, V×M, C×M, E×M, V×C×E, V×C×M, C×E×M, E×M×V y V×C×E×M y las relaciones entre Factorial vs Adicional y Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4 son altamente significativos (**). Entre tanto, son significativos (*) las interacciones: C×E (0,0198) y Ad3 vs Ad4 (0,0428) con valores en p-valor

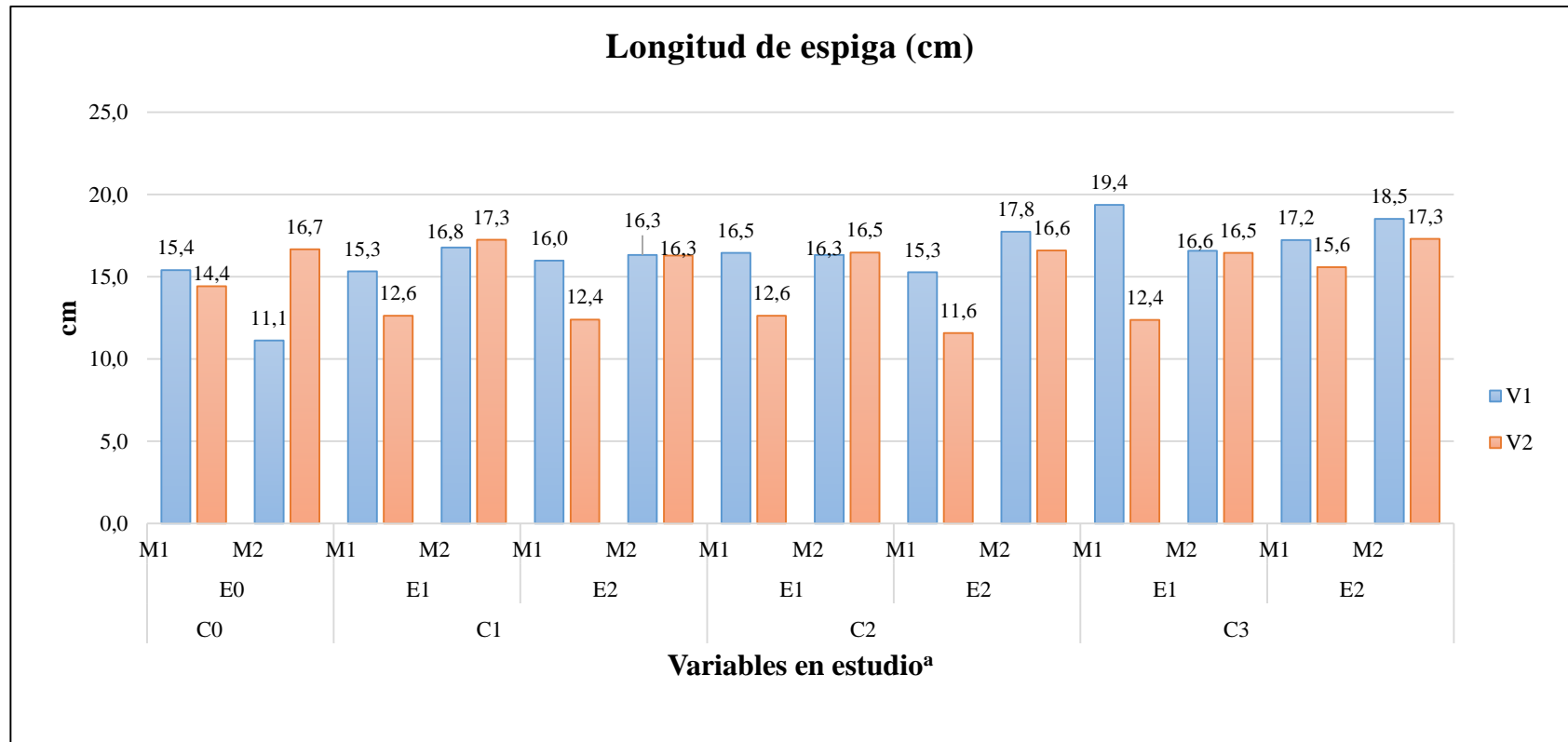
<0.005. Por su parte, no presenta significancia (n.s.) repeticiones, época y Ad1 vs Ad2 con valores >0.005 en p-valor.

La Tabla 18 revela que en longitud de espiga INIAP-CAÑICAPA 2003 alcanzo 16,8cm, siendo más grande que INIAP-ALFA 2021 con 14,8cm. Por parte de concentración C3 es mayor con 16,7cm en comparación a C1 y C2 que son de 15,4cm. Vinculado a esto las épocas de aplicación en E1 con 15,7cm y E2 con 15,9 son estadísticamente semejantes entre sí. Además, con materia orgánica se muestran diferencias M1 con 14,7cm y de mayor tamaño M2 con 16,9cm.

De acuerdo con Rivadeneira et al., (2008) la espiga de INIAP-CAÑICAPA 2003 tiene un tamaño de 12cm. Por su lado INIAP-ALFA 2021 tiene una espiga de 8-9cm (Ponce-Molina et al., 2021). Ahora bien, los resultados de este estudio muestran espigas de gran envergadura en los distintos manejos (Figura 5), donde se observa que las dos variedades de cebada superan el tamaño promedio de espiga. Por otro lado, se puede hacer referencia de otros cereales como lo es trigo y maíz, tal como lo expresa Yauyo (2015) en su estudio, donde concluye que “La inoculación con *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Clostridium sp.* y *Penicillium sp.* incrementa la producción de biomasa aérea (tallos, espigas, grano) en los cultivos de maíz y trigo” esta información concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio para longitud de espiga en cebada.

A partir de la Figura 5 y Tabla 17 se puede establecer que los tratamientos: V1C3E1M1 con 19,4cm y V1C3E2M2 con 18,5cm tienen las espigas más grandes. Por otra parte, los tratamientos con el menor tamaño de espiga son: V2C2E2M1 con 11,6cm y T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2 con 11,1cm. Para el resto de tratamientos el tamaño de espiga varía de 12,4cm hasta 17,8cm.

Figura 5
Valores de media para la variable longitud de espiga.



Nota: Variables en estudio= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×1010 UFC, (C2) 1×1011 UFC, (C3) 1×1012 UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.2. Variables de rendimiento

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 24 se observa que los valores de la variable rendimiento nos permiten visualizar que el menor nivel productivo es para T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2, mientras que el mejor tratamiento con mayor productividad fue V2C2E2M2.

Tabla 24

Resumen de medias para las variables de rendimiento.

Tra.	Código	Número de Granos×Espiga	Peso de grano×Planta (g)	Peso grano kg×ha ⁻¹
1	V1C1E1M1	7	0,6	206,6
2	V1C2E1M1	6	0,5	189,9
3	V1C3E1M1	8	0,9	332,6
4	V1C1E2M1	8	0,5	201,4
5	V1C2E2M1	6	0,6	207,8
6	V1C3E2M1	8	0,5	171,5
7	V1C1E1M2	14	0,6	221,1
8	V1C2E1M2	15	1,2	429,9
9	V1C3E1M2	13	3,6	1330,6
10	V1C1E2M2	12	0,5	186,2
11	V1C2E2M2	15	0,9	317,3
12	V1C3E2M2	15	1,7	615,6
13	V2C1E1M1	9	0,8	290,8
14	V2C2E1M1	6	0,8	281,1
15	V2C3E1M1	5	0,6	220,0
16	V2C1E2M1	8	1,0	359,9
17	V2C2E2M1	4	0,6	205,3
18	V2C3E2M1	10	1,2	440,4
19	V2C1E1M2	19	8,6	3189,8
20	V2C2E1M2	19	11,1	4148,2
21	V2C3E1M2	22	12,6	4685,4
22	V2C1E2M2	24	13,3	4978,1
23	V2C2E2M2	25	15,4	5728,8

24	V2C3E2M2	27	12,3	4595,3
25	T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003)M1	8	0,4	155,8
26	T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2	9	0,2	65,3
27	T0 (INIAP-ALFA 2021) M1	9	1,1	394,0
28	T0 (INIAP-ALFA 2021) M2	27	3,2	1208,2

Elaborado: Autor, 2023

Con base a la Tabla 25, las variables de rendimiento presentadas denotan mayor productividad para la V2 (INIAP-Alfa 2021) frente a la otra variedad (INIAP-Cañicapa 2003). Para el caso de la Concentración, la mejor concentración es C3(1×10^{12} UFC), por su parte, en cuanto a épocas de aplicación, obtuvo mejor rendimiento la aplicación de dos épocas (Z 0 y Z 50), y finalmente, con la aplicación de materia orgánica se determinó que el empleo de 50% suelo y 50% bocashi tiene mejor resultado.

Tabla 25

Resumen de medias para las variables en estudio aplicado a las variables de rendimiento.

	Variedades	Número de Granos/Espiga	Peso de grano (g)	Peso grano kg/ha⁻¹
V1	INIAP-CAÑICAPA 2003	10	1,0	367,5
V2	INIAP-ALFA 2021	15	6,5	2426,9
Concentración				
C1	1×10^{10} UFC	13	3,2	1204,2
C2	1×10^{11} UFC	12	3,9	1438,5
C3	1×10^{12} UFC	13	4,2	1548,9
Época				
E1	Z 0	12	3,5	1293,8
E2	Z 0 y Z 50	13	4,0	1500,6
Materia Orgánica				
M1	100% suelo y 0% bocashi	7	0,7	258,9
M2	50% suelo y 50% bocashi	18	6,8	2535,5

Elaborado: Autor, 2023

10.2.1. Número de Granos por Espiga

Tabla 26

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable número de granos por espiga.

F. V.	p-valor
Repetición	0,9958 n.s.
Tratamiento	<0,0001 **
Variedades (V)	0,0369 *
Concentración (C)	0,3808 n.s.
V×C	0,2231 n.s.
Épocas (E)	0,3358 n.s.
V×E	0,1212 n.s.
C×E	0,5521 n.s.
Materia Orgánica (M)	<0,0001 **
V×M	<0,0001 **
C×M	<0,0001 **
E×M	<0,0001 **
V×C×E	0,5128 n.s.
V×C×M	<0,0001 **
C×E×M	<0,0001 **
E×M×V	<0,0001 **
V×C×E×M	<0,0001 **
Factorial vs Adicional	0,6644 n.s.
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	0,0312 *
Ad1 vs Ad2	0,3972 n.s.
Ad3 vs Ad4	0,0071 **

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

Elaborado: Autor, 2023

Los resultados del análisis de la prueba Kruskal Wallis, Tabla 26 resumen que existe una alta significancia estadística (**) para tratamientos, materia orgánica, interacciones: V×M, C×M, E×M, V×C×M, C×E×M, E×M×V, V×C×E×M y para Ad3 vs Ad4. Mientras que variedades y Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4 son estadísticamente significativos (*), para los dos niveles mencionados se presenta valores en p-valor <0,005. Por un lado, no son significativos (n.s.)

concentración, época, Factorial vs Adicional e interacciones: $V \times C$, $V \times E$, $C \times E$, $V \times C \times E$ y Ad1 vs Ad2 con valores superiores a 0,005.

La Tabla 25 muestra los datos experimentales sobre número de granos por espiga donde V2 con 15 granos fue más productivo que V1 con 10 granos por espiga. Por su parte, las concentraciones C1 y C3 mostraron un número similar de granos con 13 y C2 12 granos de media por espiga. Mientras tanto, E1 con 12 granos y E2 con 13 granos. Entretanto, M1 con 7 granos de media es menor que M2 con 18 granos de media por espiga.

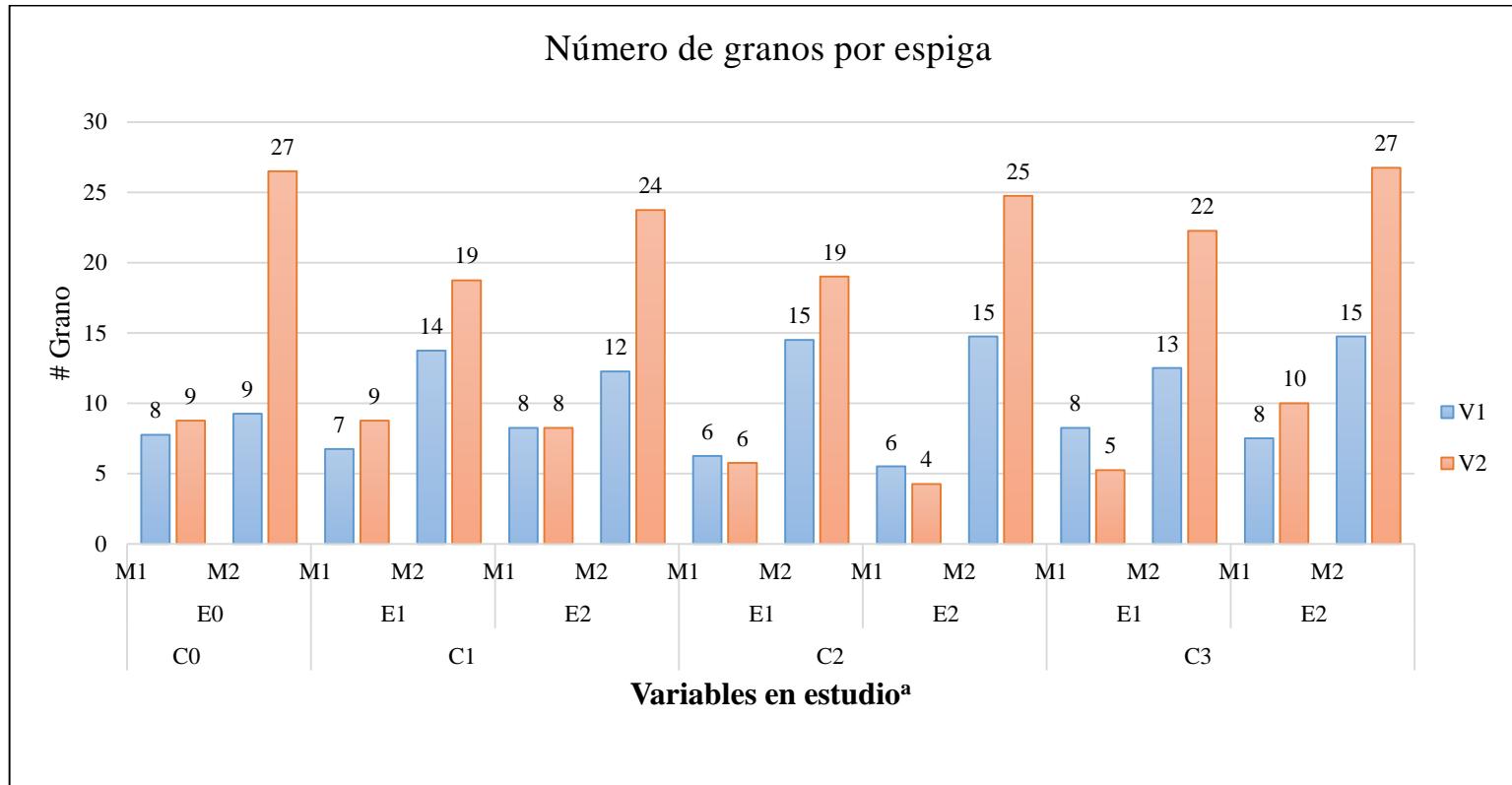
Para el número de granos que contiene una espiga, los valores obtenidos en el presente estudio (Tabla 24 y Tabla 25) no concuerdan para las dos variedades de cebada en estudio, con los datos obtenidos en campo, donde INIAP-CAÑICAPA según el plegable N° 208 tiene una media de 30 granos/espiga (Rivadeneira et al., 2008), por su parte en el plegable N° 462 desarrollado por Ponce-Molina et al., (2021) establece una media de 30 a 40 granos/espiga para INIAP-ALFA.

Este componente es el que permite estimar el nivel de productividad del cultivo, dado que este parámetro está relacionado directamente con la genética y se puede ver afectado por factores como: disponibilidad de nutrientes, precipitación, pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, nubosidad, fotoperiodo y temperatura (Ponce- Molina et al., 2019). No obstante, las condiciones fueron favorables para un buen desarrollo vegetativo. Sin embargo, cabe mencionar que pudo haber existido alguna deficiencia de nutrientes debido a que no se empleó dentro de los tratamientos fertilizantes con elementos mayores y menores, este puede ser motivo de un estudio complementario. Por ejemplo, la deficiencia de Cu, puede ser causado por suelos con alto contenido de MO, alcalinos, arenosos y calcáreos (Sharma & Kumar, 2011).

La Figura 6 y Tabla 24 muestran en resumen la cantidad de granos por espiga, denotando que los tratamientos: V2C3E2M2 y T0 (INIAP-ALFA 2021) M2, ambas alcanzaron 27 granos, siendo los de mayor producción. No obstante, V2C3E1M1 con 5 granos y V2C2E2M1 con 4 granos, son los tratamientos que menos granos. El resto de tratamientos: V2C3E2M1, T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2, V2C1E1M1, T0 (INIAP-ALFA 2021) M1, V1C3E1M1, V1C1E2M1, V2C1E2M1, T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M1, V1C3E2M1, V1C1E1M1, V1C2E1M1, V2C2E1M1 y V1C2E2M1, alcanzaron entre 6 a 10 granos por espiga.

Figura 6

Valores de media para la variable número de granos por espiga.



Nota: Variables en estudio^a= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×1010 UFC×gr-1, (C2) 1×1011 UFC×gr-1, (C3) 1×1012 UFC×gr-1; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.2.2. Peso de Grano por Espiga (g)

Tabla 27

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable peso de grano por espiga (g).

F. V.	p-valor
Repetición	0,9986 n.s.
Tratamiento	<0,0001 **
Variedades (V)	<0,0001 **
Concentración (C)	0,1093 n.s.
V×C	<0,0001 **
Épocas (E)	0,6602 n.s.
V×E	<0,0001 **
C×E	0,4414 n.s.
Materia Orgánica (M)	<0,0001 **
V×M	<0,0001 **
C×M	<0,0001 **
E×M	<0,0001 **
V×C×E	<0,0001 **
V×C×M	<0,0001 **
C×E×M	<0,0001 **
E×M×V	<0,0001 **
V×C×E×M	<0,0001 **
Factorial vs Adicional	0,0237 *
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	<0,0001 **
Ad1 vs Ad2	0,8617 n.s.
Ad3 vs Ad4	0,486 n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

En la Tabla 27 de la prueba de Kruskal Wallis para peso de grano, se encontró de alta significancia estadística (**) para tratamiento, variedades, materia orgánica, interacciones: V×C, V×E, V×M, C×M, E×M, V×C×E, V×C×M, C×E×M, E×M×V, V×C×E×M y Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4. Mientras que Factorial vs Adicional muestra significancia estadística (*). Por su lado no son significativos (n.s.) repetición, concentración, época e interacciones tales como: C×E, Ad1 vs Ad2, Ad3 vs Ad4 que presentaron en p-valor >0,005.

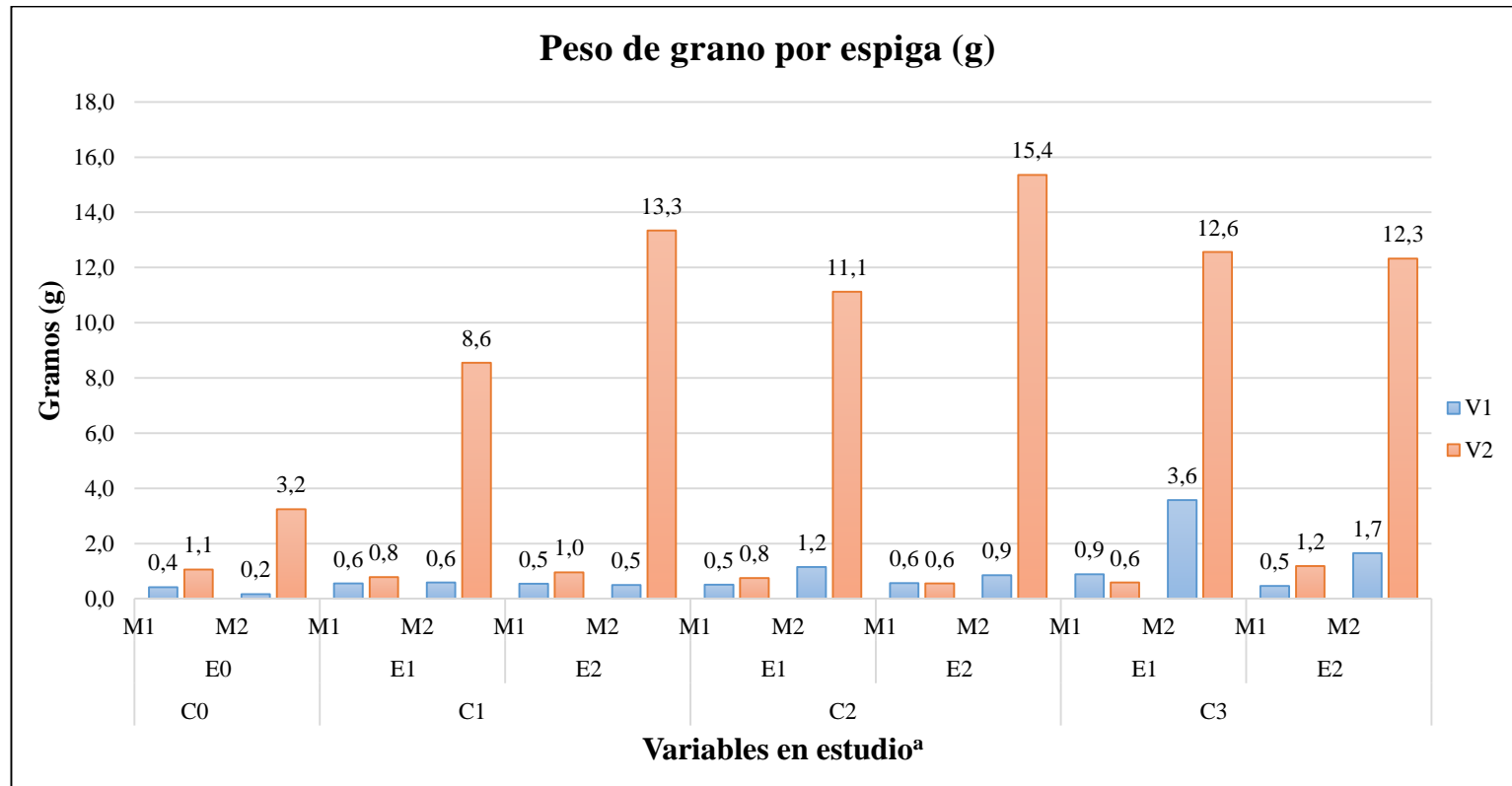
A partir de los datos de la Tabla 25, se evidencia que la variedad INIAP-ALFA 2021 con un peso promedio de 6,5g por espiga es superior a INIAP-CAICAPA 2003 con peso promedio de grano por espiga de 1g. Por su parte, las contracciones alcanzaron diferentes pesos, C1 un peso de 3,2g, C2 un peso de 3,9g y C3 un peso de grano de 4,2g fue la mayor. Mientras tanto, para épocas de aplicación se tiene que E2 con 4g es más pesado que E1 con un peso de 3,5g. Para en materia orgánica, se observó un mayor peso en M2 con 6,8g de media de peso de grano en comparación a M1 con 0,7g de peso.

El peso de grano está relacionado al potencial del cultivo, mientras mayor sea el peso mayor es el rendimiento (Ponce- Molina et al., 2019). En este entorno, el estudio estableció un mayor peso de grano para la variedad INIAP-ALFA 2021 la cual fue desarrollada para la elaboración de malta. Por otro lado, INIAP-CAÑICAPA 2003 alcanzo un menor peso. En efecto la absorción de nutrientes con disponibilidad se encuentra de mejor manera para las variedades malteras produciendo granos de buen peso (Lazzari et al., 2001). Se puede agregar que para la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 el alto contenido de materia orgánica combinado sumado a un suelo alcalino produjo deficiencia o menor movilidad de Cu, el cual su disponibilidad determina la calidad de grano (Kyrkby & Römheld, 2007; Sharma & Kumar, 2011).

Como se puede observar en la Figura 7 y la Tabla 24, relacionado a peso de grano por espiga, se muestra que el tratamiento V2C2E2M2 tiene mayor peso que el resto de tratamientos con 15,4g. Por el contrario, con pesos que varían entre 1,6g a 0,2g se encuentran los tratamientos: V1C3E2M2, V1C2E1M2, V2C3E2M1, T0 (INIAP-ALFA 2021) M1, V2C1E2M1, V1C3E1M1, V1C2E2M2, V2C1E1M1, V2C2E1M1, V1C1E1M1, V1C2E2M1, V1C1E1M2, V2C3E1M1, V2C2E2M1, V1C2E1M1, V1C1E2M1, V1C3E2M1, V1C1E2M2, T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M1 y (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2 las cuales son las de menor peso dentro del ensayo.

Figura 7

Valores de media para el variable peso grano por espiga.



Nota: Variables en estudio^a= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×10¹⁰ UFC, (C2) 1×10¹¹ UFC, (C3) 1×10¹² UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.2.3. Rendimiento de Grano (kg ha^{-1})

Tabla 28

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable rendimiento de grano (kg ha^{-1})

F. V.	p-valor	
Repetición	0,9986	n.s.
Tratamiento	<0,0001	**
Variedades (V)	<0,0001	**
Concentración (C)	0,1093	n.s.
V×C	<0,0001	**
Épocas (E)	0,6602	n.s.
V×E	<0,0001	**
C×E	0,4414	n.s.
Materia Orgánica (M)	<0,0001	**
V×M	<0,0001	**
C×M	<0,0001	**
E×M	<0,0001	**
V×C×E	<0,0001	**
V×C×M	<0,0001	**
C×E×M	<0,0001	**
E×M×V	<0,0001	**
V×C×E×M	<0,0001	**
Factorial vs Adicional	0,0237	n.s.
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	<0,0001	**
Ad1 vs Ad2	0,8617	n.s.
Ad3 vs Ad4	0,486	n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

La prueba de Kruskal Wallis Tabla 28 muestra alta significancia estadística (**) para tratamiento, variedades, materia orgánica e interacciones como: V×C, V×E, V×M, C×M, E×M, V×C×E, V×C×M, C×E×M, E×M×V, V×C×E×M y también Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4 con valores <0,0001(<0,005), Por su parte, repetición, concentración, época, Factorial vs Adicional e

interacciones: C×E, Ad1 vs Ad2 y Ad3 vs Ad4 son no significativos estadísticamente (n.s.) por presentar valores superiores a 0,005 en p-valor.

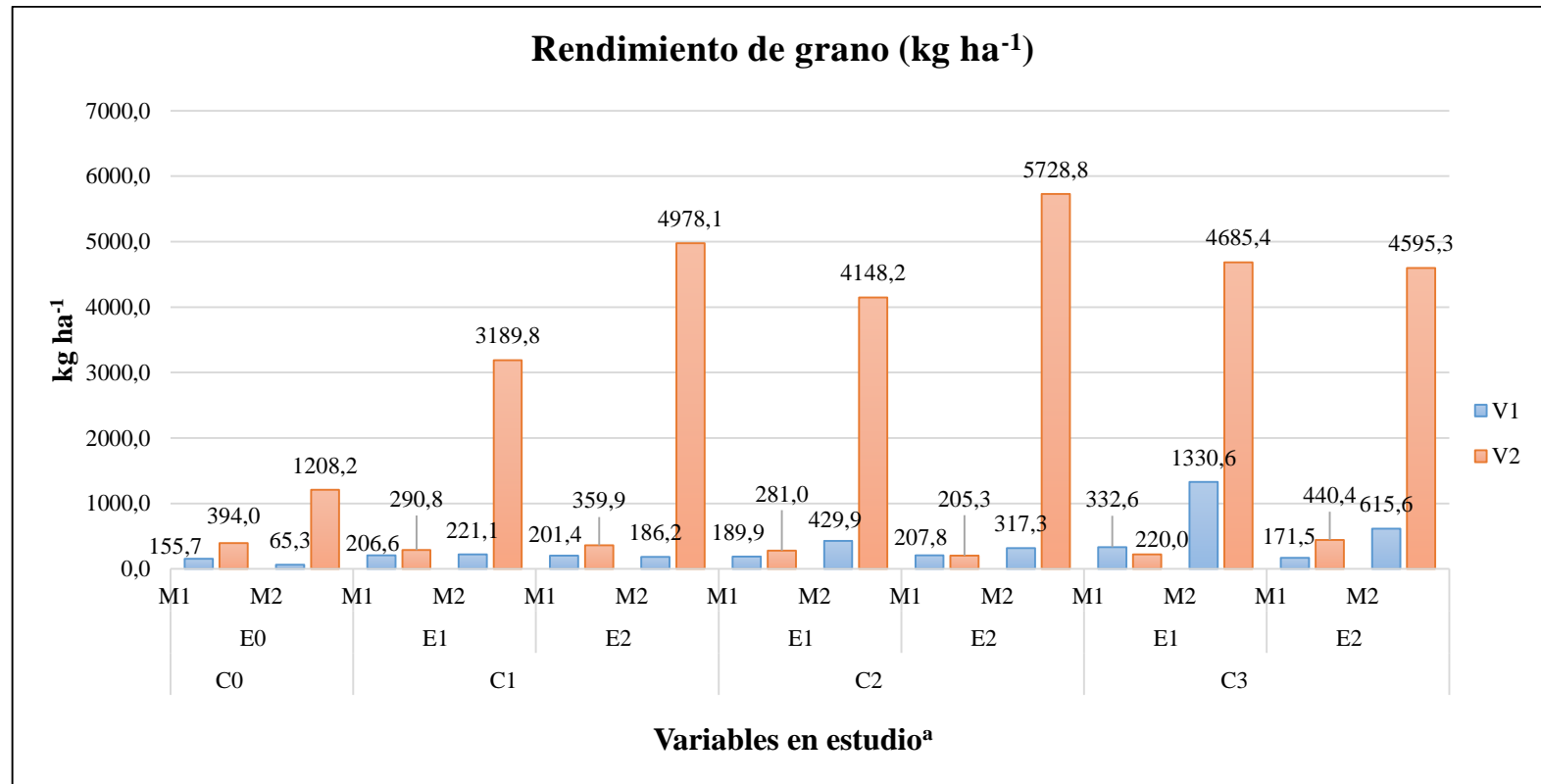
La Tabla 25 muestra en rendimiento promedio que la V2 es mejor la con 2426,9 kg ha⁻¹ frente a V1 con 367,5 kg ha⁻¹. Por su parte, dentro de las concentraciones el de mayor peso es el C3 con 1548,9 kg ha⁻¹ seguido de C2 con 1438,5 kg ha⁻¹ y finalmente C1 es el de menor peso con 1204,2 kg ha⁻¹. Para épocas de aplicación, E2 con 1500, kg ha⁻¹ es mejor en rendimiento que E1 con 1293,8 kg ha⁻¹. Del mismo modo en materia orgánica M2 con 2535,5 kg ha⁻¹ alcanzo mejor rendimiento promedio que M1 con 258,9 kg ha⁻¹.

Ponce-Molina et al. (2021) en el plegable N° 462 mencionan que el rendimiento promedio de la variedad de cebada INIAP-ALFA 2021 es de 3000 a 4000 kg ha⁻¹, mientras que para INIAP-CAÑICAPA 2003 es de 3000 a 5000 kg ha⁻¹ (Rivadeneira et al., 2008). Uno de los resultados más importantes del presente estudio es que el tratamiento V2C2E2M2 alcanzo un alto potencial productivo de 5728,8 kg ha⁻¹. El valor alcanzado se encuentra plasmado en la Tabla 24 y Figura 8 respectivamente, con lo cual se objeta la H0, por consecuencia se acepta la H1: que formula que las aplicación de *B. subtilis* + *P. fluorescens* en las dos variedades de cebada no presentan similares respuestas agronómicas. Los resultados concuerdan con los estudios realizados por Angelina et al., (2020) y Płaza et al., (2022) donde manifiestan que la materia orgánica, acompañada de una aplicación combinada de bacterias PGPR contribuyen al rendimiento total de grano de cebada.

La Tabla 24 muestra y la Figura 8 ilustra que el mejor rendimiento es el del tratamiento V2C2E2M2 con peso de 5728,8 kg ha⁻¹ seguido de los tratamientos: V2C1E2M2 con 4978,1 kg×ha⁻¹, V2C3E1M2 con 4685,4 kg ha⁻¹, V2C3E2M2 con 4595,3 kg ha⁻¹, V2C2E1M2 con 4148,2 kg×ha⁻¹ y V2C1E1M2 con 3189,8 kg ha⁻¹. Sin embargo, el tratamiento T0 (INIAP-CAÑICAPA 2003) M2 tiene un peso de 65,3 kg ha⁻¹ considerado como el tratamiento con menor producción.

Figura 8

Media de valores para el variable rendimiento de grano.



Nota: Variables en estudio= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×1010 UFC, (C2) 1×1011 UFC, (C3) 1×1012 UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.3. Unidades Formadoras de Colonia ($UFC \times gr^{-1}$)

Tabla 29

Análisis prueba de Kruskal-Wallis para la variable de conteo de unidades formadoras de colonia ($UFC \times gr^{-1}$).

F. V.	p-valor
Repeticiones	>0,9999 n.s.
Tratamientos	<0,0001 **
Variedades (V)	0,7248 n.s.
Concentración (C)	0,0628 n.s.
V×C	0,0042 **
Épocas (E)	0,0049 **
V×E	0,0073 **
C×E	0,0008 **
Materia Orgánica (M)	0,0098 **
V×M	0,0375 *
C×M	0,0006 **
E×M	0,0009 **
V×C×E	<0,0001 **
V×C×M	<0,0001 **
C×E×M	<0,0001 **
E×M×V	0,0002 **
V×C×E×M	<0,0001 **
Factorial vs Adicional	0,0001 **
Ad1; Ad2 vs Ad3; Ad4	0,9019 n.s.
Ad1 vs Ad2	0,5418 n.s.
Ad3 vs Ad4	0,663 n.s.

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

Elaborado: Autor, 2023

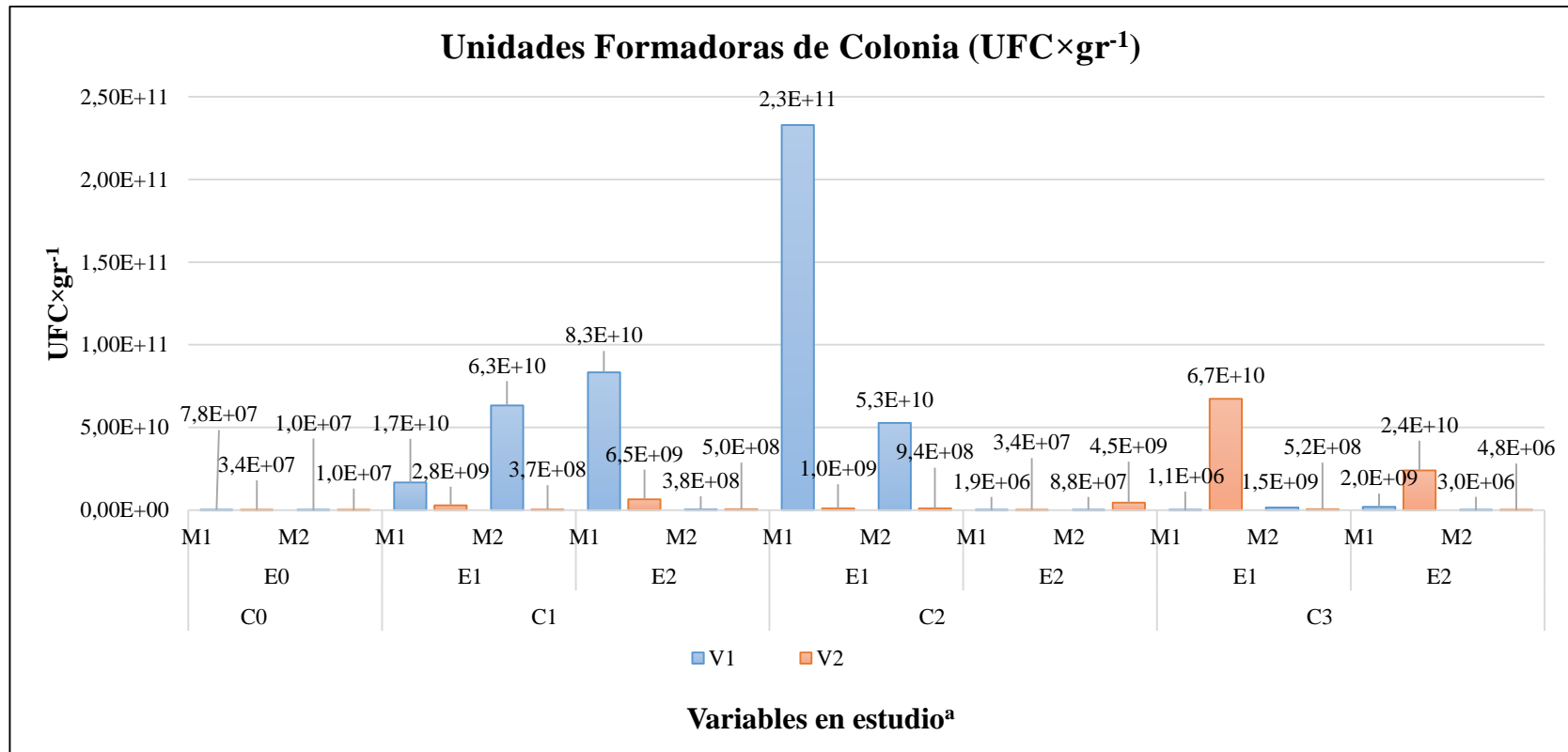
En la Tabla 29 se observa que mediante la prueba de Kruskal Wallis existe un alto nivel de significancia estadística (**) en tratamientos, épocas, materia orgánica, Factorial vs Adicional e interacciones como: V×C, V×E, C×E, C×M, E×M, V×C×E, V×C×M, C×E×M,

$E \times M \times V$ y $V \times C \times E \times M$. Mientras que, la interacción $V \times M$ es estadísticamente significativa (*) porque presenta valores $<0,005$ en p-valor. No obstante, el resto de factores e interacciones expresan valores estadísticos no significativos (n.s.) en p-valor ($>0,005$).

La Figura 9 compara los resultados obtenidos en las distintas unidades experimentales determinando que en V1C2E1M1 contiene mayor cantidad de UFC con $2,33E+11$ UFC \times gr $^{-1}$. Por otro lado, los tratamientos con menor contenido de UFC son: V1C2E2M1 con $1,89E+06$ UFC \times gr $^{-1}$ y V1C3E1M1 $1,05E+06$ UFC \times gr $^{-1}$.

Figura 9

Media de valores para el variable Unidades Formadoras de Colonia ($UFC \times gr^{-1}$)



Nota: Variables en estudio= (V1) INIAP-Cañicapa 2003, (V2) INIAP-Alfa 2021; (C0) sin concentración, (C1) 1×10^{10} UFC, (C2) 1×10^{11} UFC, (C3) 1×10^{12} UFC; (E0) sin aplicación, (E1) aplicación mediante inoculación-Zadocks 0, (E2) inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; (M1) 100% suelo + 0% materia orgánica, (M2) 50% suelo + 50% materia orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

10.4. Análisis de Suelo.

En los análisis de suelo realizados para los dos niveles de materia orgánica y para el mejor tratamiento por variedad de cebada y para el peor tratamiento en el estudio excluyendo los testigos, Tabla 30, establece niveles altos de pH para los mejores tratamientos por variedad de cebada valores de 8,2 y 8,3 considerados como medianamente alcalino. Los niveles de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn y MO son altos para los tratamientos donde se encuentra 50% suelo + 50% materia orgánica, por el contrario, los niveles son bajos y medio de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn y MO en los tratamientos con 100% suelo (Anexo 8).

Conforme a lo mostrado en la Tabla 30, establecemos altos niveles de micro y macronutrientes en el suelo con contenido de 50% suelo + 50% materia orgánica, en el cual existió aumento de biomasa (seca y verde) incremento en rendimiento Tabla 18 y Tabla 25, según menciona Orcellet et al., (2015) en su estudio el aumento significativo con la aplicaciones de diferentes fertilizantes. Sin embargo en el estudio se utilizó dos variedades de cebada: consumo humano y la otra maltera. En los cereales las necesidades de nitrógeno son altas para mejorar la calidad del grano (Orcellet et al., 2015). No obstante, existen variedades de cebada que no tiene una necesidad tan alta de macro nutrientes y en el caso de otras variedades si sin necesarias las cuales establecen consecuencias en el rendimiento Tabla 25, según menciona Mamani Sánchez, (2011), Sin embargo, siempre se debe recordar que los micronutrientes, aunque estén presentes en concentraciones más bajas, tienen la misma importancia para el crecimiento de las plantas que los macronutrientes. En ausencia de estos micronutrientes, cualquier reducción de los mismos puede afectar el desarrollo de la planta (Ley de Mínimo). Cada planta tiene una tolerancia mínima, óptima y máxima para cada elemento nutritivo, por lo que su disponibilidad es anormal o, por defecto, puede provocar inanición o deficiencias de nutrientes, y en caso de exceso puede causar fitotoxicidad (intoxicación), la ley del máximo establece que el exceso de insumos contribuye a la reducción de rendimientos (INPOFOS, 1993). En conclusión, en el presente estudio, con bases a los análisis de suelo tanto micro y macro nutrientes tuvieron niveles tóxicos, presentando alta sensibilidad la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, mientras que INIAP-ALFA 2021 mostró tolerancia.

Tabla 30

Análisis de suelo del ensayo de evaluación de un biofertilizante a base de Bacillus subtilis + Pseudomonas fluorescens en dos variedades mejoradas de cebada (Hordeum vulgare L.), en dos épocas de aplicación y con el uso de materia orgánica, bajo invernadero en la EESC.

Análisis	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+	Σ Bases	MO	CO*												
																			ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100 g	meq/100 g	meq/100 g	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100 g
23-001 ^a	6,6	PN	13,7	B	5,5	B	8,6	B	0,2	B	1,1	A	6,8	A	2,0	A	2,5	B	5,7	A	63,0	A	3,5	B	3,4	1,9	8,3	9,8	0,4	B
23-002 ^b	7,9	LAI	406,2	A	594,9	A	1270,8	A	2,4	A	26,7	A	28,9	A	13,7	A	73,0	A	10,2	A	219,0	A	133,6	A	2,1	0,5	1,6	69,3	12,2	A
23-005 ^c	8,2	Me AI	144,1	A	430,7	A	63,6	A	1,0	B	3,9	A	23,6	A	6,9	A	44,9	A	6,1	A	155,0	A	26,7	A	3,4	1,8	7,9	34,4	5,9	A
23-0432 ^d	8,3	Me AI	172,9	A	546,3	A	76,3	A	1,1	B	6,4	A	23,1	A	9,0	A	58,1	A	5,1	A	176,0	A	24,3	A	2,6	1,4	5,0	38,6	7,0	A
23-006 ^e	7,7	LAI	10,1	B	4,3	B	12,1	M	0,1	B	1,0	A	7,5	A	2,3	A	2,0	B	6,1	A	46,0	B	1,4	B	3,2	3,4	10,1	10,8	0,4	B

Nota: ^a 100% suelo, ^b Bocashi, ^c Mejor tratamiento×variedad (V1C3E1M2), ^d Mejor tratamiento×variedad (V2C2E2M2), ^e Peor tratamiento general (V1C3E2M1); Interpretación pH: Ac=Acido, N=Neutro, LAc=Liger. Acido, LAI=Lige. Alcalino, PN=Prac. Neutro, AI=Alcalino; Interpretación Elementos: B=Bajo, M=Medio; A=Alto, T=Tóxico (Boro); Abreviaturas: M.O.=Materia Orgánica.

Elaborado: Autor, 2023

Fuente: LAPSA, 2023

11. Conclusiones y Recomendaciones

11.1. Conclusiones

- Entre las dos variedades de cebada que tuvieron diferente respuesta al biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*, el mejor efecto se encontró en INIAP-ALFA 2021, que mostró mejores resultados para las variables de peso de grano/espiga y rendimiento kg ha⁻¹. Por su parte INIAP-CAÑICAPA 2003 respondió positivamente a las variables altura de planta, biomasa (seca y verde) y longitud de espiga.
- Con base a nuestros datos, hemos determinado una concentración efectiva C2 (1×10¹¹ UFC) para la variedad INIAP-ALFA 2021 mostrando resultados superando las expectativas en las variables peso de grano y rendimiento kg ha⁻¹. No obstante C3 (1×10¹² UFC) para la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 mostró resultados para las variables altura de planta, materia verde y seca, estableciendo para el uso de forraje.
- Se estableció una inoculación para las dos variedades de cebada, en la Época N° 2 (E2): inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50, mostró resultados positivos para las variables: días al espigamiento, altura de planta, biomasa (verde y seca), longitud de espiga, número de granos /espiga, peso de grano y rendimiento.
- Se determinó que el nivel 2 de materia orgánica (50% suelo + 50% materia orgánica) responde de manera eficiente a la aplicación del fertilizante orgánico a base de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* tuvo un efecto significativo en días al espigamiento, altura de planta, biomasa (verde y seca), longitud de espiga, número de granos /espiga, peso de grano y rendimiento. Sin embargo, al final del estudio en M1 (100% suelo + 0% materia orgánica) persistieron más unidades formadoras de colonia en el suelo.
- Este estudio se propuso determinar la respuesta de *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* en condiciones de invernadero, estableciendo que el mejor manejo es el V2C2E2M2 (INIAP-Alfa 2021; 1×10¹¹ UFC; inoculación-Zadocks 0 + aplicación en Zadocks 50; 50% suelo + 50% materia orgánica) para la mayoría de variables, sobresaliendo en la variable más importante que es el de rendimiento obteniendo un potencial productivo de 5728,8 kg ha⁻¹.

11.2. Recomendaciones

- Esta investigación recomienda el uso del biofertilizante a base *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* a una concentración de 1×10^{11} UFC para variedades malteras de cebada y por otro lado para variedades de cebada de consumo humano una concentración de 1×10^{12} UFC.
- El autor de este trabajo investigativo recomienda que se emprendan investigaciones en campo, para obtener resultados relacionados a la realidad de la agricultura cerealera ecuatoriana.
- Para la actualidad, se recomienda indagar más en combinaciones de microorganismos PGRP, que es una alternativa a los fertilizantes minerales que dañan el suelo y el ecosistema microbiano del mismo, así como ambientales, mientras son utilizados en cultivos de cereales, además estos pueden reducir los costos de producción, asegurando el beneficio económico de los agricultores y sus familias.
- Se recomienda realizar estos ensayos en condiciones de campo, para corroborar la información reportada de invernadero.
- Realizar estudios complementarios para determinar la calidad nutricional de los granos, con el uso del biofertilizante.

12. Referencias Bibliográficas

- Aguado, M. (1957). La cebada. *HOJAS DIVULGADORAS*, 2–9. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1957_17.pdf%0A
- Altamirano, E. (2014). Guía para muestreo de suelos. *Ministerio Del Ambiente*, 38. http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- 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. <https://doi.org/10.33154/rlrn.2020.01.01>
- Anafador, L. N. (2019). Biofertilizantes: conceptos , beneficios y su aplicación en Colombia (Biofertilizers : concepts , benefits and its application in Colombia). *Ingeciencia*, 2(1), 65–76.
- Angelina, E., Papatheodorou, E. M., Demirtzoglou, T., & Monokrousos, N. (2020). Effects of bacillus subtilis and pseudomonas fluorescens inoculation on attributes of the lettuce (*Lactuca sativa* L.) soil rhizosphere microbial community: The role of the management system. *Agronomy*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy10091428>
- Aragón, J. P., Parra, E., Chicaiza, Á., & Aragón, M. (2019). Natura @ economía. *La Molina*, 4(2), 70–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.21704/ne.v4i2.1410>
- Báez, F., Perdomo, C., Pincay, A., Tello, C., Villamizar, L., Jackson, T., Jaronski, S., & Viera, W. (2019). Manual de análisis de calidad, formulaciones de biocontrol. In *Iniap*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5553>
- Caicedo, S., & Chacón, J. (2017). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. *Tesis*, 1–100. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Cajamarca, G. B., & Montenegro, I. S. (2015). Selección de una línea promisorio de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Bio-fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana. *Tesis*, 1–118. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS CEBADA.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS%20CEBADA.pdf)
- Calistro, E. (2012). Cálculo práctico de forraje disponible. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–2. www.produccion-animal.com.ar

- Campaña, J. G., Noroña, P. J., Gabriela Torrens, L. J. P. M., & Racines, M. R. (2018). *Avances de la clonación de Plantas Progenitoras del Híbrido INIAP-Tenera* (Issue June 2020).
- Carrillo, F., & Minga, F. (2021). Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi Agronomic characterization of 16 varieties of malting barley carried out in the Tunshi experimental center Caracterização agronómica de 16 variedades. *Polo Del Conocimiento*, 6(1), 637–655. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i1.2169>
- CC License, T. (1903). *barley-antique-botanical-illustration-from-flora-of-germany-circa-1903-698x1024*. <https://ctgpublishing.com/barley-antique-botanical-print-circa-1903/>
- Cobo, C. (2017). Universidad San Francisco de Quito USFQ Universidad San Francisco de Quito USFQ Evaluación de medios líquidos para la multiplicación de la bacteria *Bacillus subtilis*. *Evaluación de Medios Líquidos Para La Multiplicación de La Bacteria Bacillus Subtilis*, 1, 52.
- Corbella, R., & Fernandez, J. (2015). *Ma t e r i a O r g á n i c a d e l S u e l o. Facultad de Agronomía y Zootecnia*.
- Corrales Ramírez, L. C., Sánchez Leal, L. C., Arévalo Galvez, Z. Y., & Moreno Burbano, V. E. (2014). *Bacillus*: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. *Nova*, 12(22), 165. <https://doi.org/10.22490/24629448.1041>
- Cultimed. (2010). Manual Básico de Microbiología. *Cultimed*, 545.
- De Bernardi, L. A. (2019). Perfil de la cebada. *Ministerio de La Agricultura, Ganadería y Pesca*, 1–9. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf
- Dibella, E., Aguilera, P., & Furlani, N. S. (2021). Elaboración de abono orgánico Bocashi. *Revista*, 20.
- Dubey, P. K., Singh, A., Chaurasia, R., Pandey, K. K., Bundela, A. K., Dubey, R. K., & Abhilash, P. C. (2021). Planet friendly agriculture: Farming for people and the planet. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100041>
- Enríquez, M., Suquilanda1, M., & Tulcán, M. L. (2010). *X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia*

del Suelo X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 2008, 1–10.

- Escobar, P., Etcheverría, P., Vial, M., & Daza, J. (2020). Concepto de materia seca y su uso : guía práctica. *Instituto de Investigación Agropecuarias, Mv*, 1–3. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR42143.pdf>
- ESPAC. (2021a). *POR REGIÓN Y PROVINCIA Región y Provincia. 2021.* <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- ESPAC. (2021b). *SUPERFICIE, SEGÚN PRODUCCIÓN Y VENTAS: POR CULTIVOS TRANSITORIOS. 2021.* <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Falconí-Castillo, E., Garófalo, J., Llangarí B., P., & Espinoza, M. (2010). *El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. 18 p.* <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- FAO & OCDE. (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029. 130–148.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
- Garófalo, J. A. S. (2012). EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR EL CULTIVO DE CEBADA. *TESINA.* <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1136/1/T-UC-0004-2.pdf>
- Garro, J. (2017). El suelo y los abonos orgánicos. *Sector Agro Alimentario, 11(1), 77–81.* <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria, 1–5.* https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Grageda-Cabrera, O. A., Vera Ñuñez, J. A., & Peña Cabriales, J. J. (2018). Efecto de los biofertilizantes sobre la asimilación de nitrógeno por el cultivo de trigo Resumen Introducción Materiales y métodos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9(2), 281–289.* <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n2/2007-0934-remexca-9-02-281.pdf>
- Hidalgo Dávila, J. L. (2017). La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: In *Universidad Andina Simón Bolívar (Vol. 1).* <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562->

MRI-Hidalgo-La situacion.pdf

- INPOFOS. (1993). La Ley Del Maximo. *Informaciones Agronómicas*, 12, 1–3.
[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8ADF5DFD4FAD27498525801300594AA9/\\$FILE/Art1.pdf%0Ahttp://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/issue/IA-LACS-2013-?OpenDocument&toc=0](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8ADF5DFD4FAD27498525801300594AA9/$FILE/Art1.pdf%0Ahttp://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/issue/IA-LACS-2013-?OpenDocument&toc=0)
- ITIS. (1980a). *Integrated Taxonomic Information System - Report Species Bacillus subtilis (Ehrenberg , 1835) Cohn , 1872 contains : 1.*
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=958555#null
- ITIS. (1980b). *Integrated Taxonomic Information System - Report Species Pseudomonas fluorescens Migula , 1895 contains : 1.*
<https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>
- Junges, E., Toebe, M., dos Santos, R. F., Finger, G., & Muniz, M. F. B. (2013). Effect of priming and seed-coating when associated with bacillus subtilis in maize seeds. *Revista Ciencia Agronomica*, 44(3), 520–526. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300014>
- Kumar, S., Diksha, Sindhu, S. S., & Kumar, R. (2022). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- Kyrkby, E., & Römheld, V. (2007). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*, 1–21.
- Lazzari, M. A., Landriscini, M. R., Cantamutto, M. A., Miglierina, A. M., Rosell, R. A., Möckel, F. E., & Echagüe, M. E. (2001). Absorción De Nitrogeno por Cebada Cervecera En Dos Suelos Del Sur Bonaerense, Argentina. *Ciencia Del Suelo*, 19(2), 101–108.
- Mahmud, A. A., Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K., & Bhojiya, A. A. (2021). Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100063>
- Mamani Sánchez, B. (2011). Principales Funciones de lo Macronutrientes y Síntomas de Deficiencia en las plantas. *Sistemas de Producción Vegetal II*, 23–25.

www.espaciograficosa.com

- Maturano, M., Fuster, P. L., & Madrona, F. V. (2011). Uso de biofertilizantes para cebada de secano en zonas vulnerables de la Mancha Oriental. *Vida Rural, Dossier fer*(3), 62–66.
- Mishra, P., & Dash, D. (2014). Rejuvenation of Biofertiliser for Sustainable Agriculture Economic Development (SAED). *Consilience: The Journal of Sustainable Development, Vol. 11*(1), 41–61. <http://www.consiliencejournal.org/index.php/consilience/article/viewFile/350/176>
- Moreno Reséndez, A., García Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología, 20*(1), 68–83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Moussa, T. A. A., Almaghrabi, O. A., & Abdel-Moneim, T. S. (2013). Biological control of the wheat root rot caused by *Fusarium graminearum* using some PGPR strains in Saudi Arabia. *Annals of Applied Biology, 163*(1), 72–81. <https://doi.org/10.1111/aab.12034>
- Mulas, R. (2015). *ANÁLISIS DEL VALOR AGRONÓMICO DE LOS BIOFERTILIZANTES BASADOS EN RIZOBIOS, EN LOS CULTIVOS EXTENSIVOS DE CEREAL.*
- Munizzi, J. S. (2013). *Glomus intraradices y Azospirillum brasilense: efectos locales y sistémicos en plantas de cebada (Hordeum vulgare L.). 2022.*
- ONU. (2022). Fertilizantes Sobre El Salud Y Formas De Reducirlos Índice. *Onu-Programa Para El Ambiente, 5*, 1–26. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Sp.pdf
- Orcellet, J. M., Reussi, N., Echeverría, H., Sainz, H., Diovisalvi, N., & Berardo, A. (2015). Eficiencia De Uso De Nitrógeno En Cebada En El Sudeste Bonaerense : *ResearchGate, 33*(June), 97–105. https://www.researchgate.net/publication/317533626_EFICIENCIA_DE_USO_DE_NITROGENO_EN_CEBADA_EN_EL_SUDESTE_BONAERENSE_EFECTO_DE_APLICACIONES_DIVIDIDAS
- Ortíz, B. C., & Díaz, K. B. (2017). Manual de abonos orgánicos. *Universidad Veracruzana, 1–30.*
- Płaza, A., Niewiadomska, A., Górski, R., Rudziński, R., & Rzażewska, E. (2022). The Effect

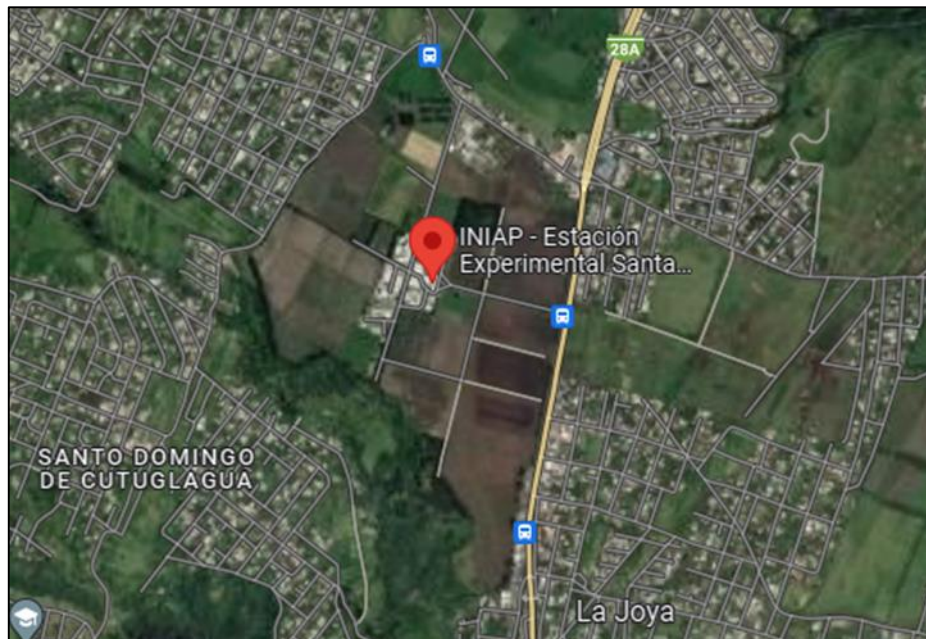
- of the Nitrogen-Fixing Bacteria and Companion Red Clover on the Total Protein Content and Yield of the Grain of Spring Barley Grown in a System of Organic Agriculture. *Agronomy*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy12071522>
- Ponce- Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. J. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales* (Issue 111).
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., Noroña, P., Coronel, J., Jiménez, C., Villacrés, E., Asaquibay, C., Nieto, M., & López, V. (2021). *INIAP Alfa 2021* (p. 6).
- Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2019). La cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. In *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (Issue 116). [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual 116 La cebada.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf)
- Portilla, F. (2018). Introducción. Agroclimatología del Ecuador. *Editorial Abya- Yala*, 17–40. <https://doi.org/10.7476/9789978104927.0001>.
- Pulido, A. (2016). *Evaluación del efecto de Bacillus subtilis EA-CB0575 en la promoción de crecimiento de Zea mays y Solanum lycopersicum a nivel de invernadero*. 107.
- Ramos, D., & Elein, A. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(1819–4087), 52–59. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
- Renzo, L. P. C. Y. J. Di, González, P., Alfonso, E. T., Leyva, Á., Hernández, A., Anafador Barajas, L. N., Munizzi, J. S., Wang, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z., Natarajan, D., Ma, Y., & Reyes, A. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.966226>
- Reyes, A. (2019). *Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) y su aporte en la nutrición mineral de tomate (Lycopersicon sculentum L.)*. 94. [http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/935/1/Tesis Rizobacterias promotoras.pdf](http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/935/1/Tesis%20Rizobacterias%20promotoras.pdf)
- Rivadeneira, M., Ponce, L., Abad, S., & Coronel, J. (2008). INIAP -Estación Experimental Santa Catalina. *Plegable*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Sánchez, R., & Guerra, P. (2022). Resumen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 715–

725.

- Sharma, K., & Kumar, P. (2011). *Deficiencia Nutrientes*. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19700/60621.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Tinoco, & Moner, T. (2019). Aporte Santiaguino. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 214–227. http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/AS_V10N2/article/view/172
- Velasco, Y., Sana, W., & Morillo, A. (2020). Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L .) en el Municipio de Chivatá Boyacá , Colombia * Agromorphological characterization of barley (*Hordeum vulgare* L .) in the Municipality of Chivatá Boyacá , Colombia Caracterização agromorfoló. *Scielo*, 18(2), 103–116. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v18n2/1692-3561-bsaa-18-02-103.pdf>
- Wang, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z., Natarajan, D., & Ma, Y. (2022). Plant growth-promoting bacteria in metal-contaminated soil: Current perspectives on remediation mechanisms. *Frontiers in Microbiology*, 13(August), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.966226>
- Yanes, M. (2009). Caracterización de una cepa de *Pseudomonas fluorescens* promotora del crecimiento vegetal. *Tesis*, 1–210. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8857/1/uy24-17276.pdf>
- Yauyo, M. (2015). “*Efecto de la Inoculación Con Microorganismos Solubilizadores de Fósforo Sobre el Crecimiento y Nutrición de Frijol Castilla, Maíz, Trigo y Haba.*” 80. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1628/t007349.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Zadoks, J. C., Chang, T. . . , & C.F., K. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *World Pumps*, 14(388), 415–421. [https://doi.org/10.1016/s0262-1762\(99\)80614-2](https://doi.org/10.1016/s0262-1762(99)80614-2)
- Zhang, G., & Li, C. (2015). Exploration, Identification and Utilization of Barley Germplasm. In *アジア経済*.

13. Anexos

Anexo 1. Sitio Experimental.



Fuente: Google maps,2022.

Anexo 2. Desinfección del suelo.



Fuente: Autor,2023

Anexo 3. Randomización

N°. Maceta	Repetición	Tratamiento	N°. Maceta
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	1	4	4
5	1	5	5
6	1	6	6

7	1	7	7
8	1	8	8
9	1	9	9
10	1	10	10
11	1	11	11
12	1	12	12
13	1	13	13
14	1	14	14
15	1	15	15
16	1	16	16
17	1	17	17
18	1	18	18
19	1	19	19
20	1	20	20
21	1	21	21
22	1	22	22
23	1	23	23
24	1	24	24
25	1	25	25
26	1	26	26
27	1	27	27
28	1	28	28
29	2	13	29
30	2	1	30
31	2	4	31
32	2	6	32
33	2	11	33
34	2	18	34
35	2	19	35
36	2	14	36
37	2	17	37
38	2	24	38
39	2	25	39
40	2	8	40
41	2	7	41
42	2	20	42
43	2	22	43
44	2	21	44
45	2	15	45
46	2	28	46
47	2	2	47
48	2	3	48
49	2	12	49
50	2	26	50
51	2	23	51

52	2	16	52
53	2	27	53
54	2	5	54
55	2	9	55
56	2	10	56
57	3	15	57
58	3	20	58
59	3	5	59
60	3	26	60
61	3	7	61
62	3	24	62
63	3	8	63
64	3	4	64
65	3	22	65
66	3	16	66
67	3	3	67
68	3	25	68
69	3	23	69
70	3	13	70
71	3	27	71
72	3	12	72
73	3	14	73
74	3	11	74
75	3	18	75
76	3	6	76
77	3	10	77
78	3	28	78
79	3	17	79
80	3	9	80
81	3	21	81
82	3	2	82
83	3	19	83
84	3	1	84
85	4	12	85
86	4	5	86
87	4	7	87
88	4	25	88
89	4	3	89
90	4	14	90
91	4	6	91
92	4	16	92
93	4	13	93
94	4	24	94
95	4	9	95
96	4	11	96

97	4	26	97
98	4	18	98
99	4	23	99
100	4	1	100
101	4	27	101
102	4	20	102
103	4	2	103
104	4	19	104
105	4	22	105
106	4	10	106
107	4	15	107
108	4	28	108
109	4	8	109
110	4	21	110
111	4	17	111
112	4	4	112

Anexo 4. Segunda aplicación del biofertilizante.

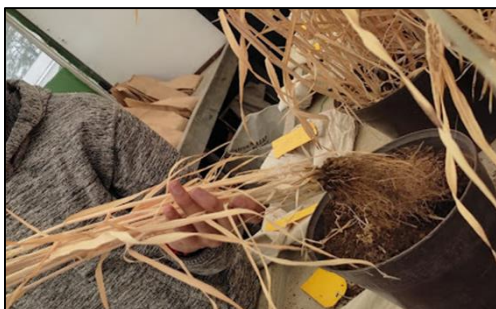


Fuente: Autor,2023



Fuente: Masabanda,2023

Anexo 5. Cosecha



Fuente: Masabanda,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Caiza,2023



Fuente: Autor,2023

Anexo 6. Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonia (UFC)



Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023



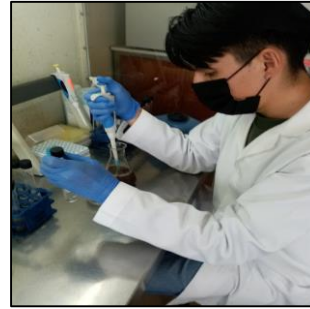
Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Masabanda,2023



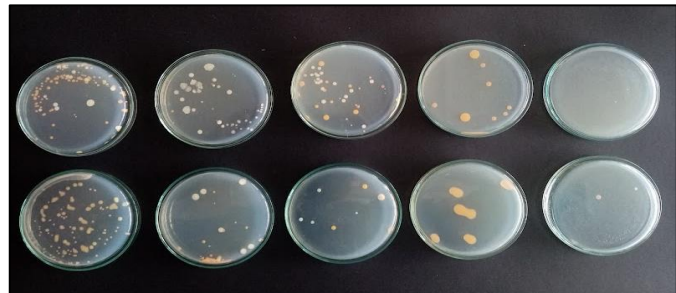
Fuente: Masabanda,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023



Fuente: Autor,2023

Anexo 7. Prueba de normalidad (Kolmogorov)

Variable	n	media	varianza	Estadístico D	p-valor
RDUO Días Espiga	112	0	0,00	0,50	<0,0001
RDUO Altura (cm)	112	0	0,10	0,28	<0,0001
RDUO MV (g)	112	0	0,24	0,23	<0,0001
RDUO MS (g)	112	0	0,25	0,21	0,0001
RDUO Longitud Espiga (cm)	112	0	0,09	0,30	<0,0001
RDUO Numero Granos/Espiga	112	0	2,20E-01	0,21	0,0001
RDUO Peso de grano (g)	112	0	4,00E-02	0,38	<0,0001
RDUO Peso grano (kg/ha ⁻¹)	112	0	5031,75	0,31	<0,0001
RDUO UFC (UFC×gr ⁻¹)	112	-2,00E-06	2,60E-10	0,50	<0,0001

Fuente: InfoStat




INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1, S/N Ciudad Lagua,
 Tls. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio_dsa@inap.gob.ec

NOMBRE DEL CLIENTE: Pastuña Piliaguano Oscar Washington
PETICIONARIO: Pastuña Piliaguano Oscar Washington
EMPRESA/INSTITUCION: Pastuña Piliaguano Oscar Washington
DIRECCION: La Ferroviaria

INFORME DE ENSAYO No. 23-0054

FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA: 13/02/2023
HORA DE RECEPCION DE MUESTRA: 9:50
FECHA DE ANALISIS: 13/02/2023
FECHA DE EMISION: 17/02/2023
ANALISIS SOLICITADO: S3

Analisis	Ph	N	P	S ⁻	B ⁻	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO ²⁺	Textura (%) [*]			IDENTIFICACION										
																			Arena	Limo	Arcilla		Clase									
Unidad		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				meq/100g	%	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Textural									
23-0432	8,28	Mg Al	172,91	A	546,30	A	6,41	A	23,10	A	9,04	A	58,1	A	5,1	A	176	A	24,3	A	2,56	A	1,41	5,01	38,55	6,95	A					Muestra 1

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METROLOGIA USADA

pH =	Suelo Agua (1:2,5)	P K Ca Mg =	Oven Modificado
S.S =	Fedato de calcio	Cu Fe Mn Zn =	Oven Modificado
B =			Quercuina

INTERPRETACION

pH		Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo	
LAc = Liger Acido	LAI = Lige Alcalino	M = Medio	
PN = Pnc. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto	
RC = Requieren Csil	T = Tóxico (Boro)		

ABREVIATURAS

CE =	Conductividad Eléctrica
MO =	Materia Orgánica

METROLOGIA USADA

C.E. =	Pasta Saturada
MO. =	Decremento de Retencion
AHH =	Tuñaluden NADH



INTERPRETACION

AH/AL y Na	C.E.	MO y CI
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		M = Medio
		A = Alto



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.
 * Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Anexo 9 Aval de traducción.



CENTRO
DE IDIOMAS

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 VARIETADES MEJORADAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.), EN DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN Y CON EL USO DE MATERIA ORGÁNICA, BAJO INVERNADERO EN LA EESC.**” presentado por: **Oscar Washington Pastuña Pilaguano**, egresado 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 al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2023

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
WILMER PATRICIO
COLLAGUAZO VEGA

MBA. Wilmer Patricio Collaguazo Vega
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 1722417571