



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN CULTIVO DE
CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) PARA PRODUCCIÓN DE GRANO,
TARACO – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDWIN QUECARA CARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2025



EDWIN QUECARA CARI

EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) PARA PRODUCCIÓN DE GRAN...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:506174298

97 páginas

Fecha de entrega

1 oct 2025, 5:53 a.m. GMT-5

17.410 palabras

Fecha de descarga

1 oct 2025, 5:57 a.m. GMT-5

97.427 caracteres

Nombre del archivo

EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) PARA P....pdf

Tamaño del archivo

4.5 MB





8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)
- Trabajos entregados
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Marco Jerez
29440894

Dr. Manuel P. Callahuanca
sub. director de investigación EPID.FCP





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EFFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICACES EN CULTIVO DE CEBADA
(*Hordeum vulgare L.*) PARA PRODUCCIÓN DE GRANO, TARACO - PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDWIN QUECARA CARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


.....
Dr. VICTOR ANDRES GONZALES GONZALES

PRIMER MIEMBRO:


.....
Dr. FELIX ALONSO ASTETE MALDONADO

SEGUNDO MIEMBRO:


.....
D.Sc. JUAN CARLOS LUNA QUECAÑO

ASESOR DE TESIS:


.....
M.Sc. MARCOS ALEXIS VERA ZUÑIGA

ÁREA: Manejo de cultivos forrajeros.

TEMA: Mejoramiento de cultivos forrajeros con microorganismos eficaces.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de mayo de 2025



DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor, alegría y lágrimas de felicidad a Dios quien ha sido mi pilar de toda mi vida, quien me ha ayudado a continuar cuando siento que ya no tengo más fuerzas para continuar, por darme vida y bendición única e incomparable durante todo el trayecto de mi vida.

A mis padres Mauro Quecara Machaca y Juana Cari Incahuanaco por ser motivación más especial en mi vida, por creer en mí, por apoyarme día a día, por su amor, comprensión, su ayuda en los momentos más difíciles, por sus consejos que han hecho de mí una persona diferente y esforzada ya que me han llenado de valores y expectativas que día a día crecen más y más lo cual me han alentado a ser mejor persona. Gracias por ser lo que son, por sus grandes esfuerzos que han hecho por mí y por mis hermanos.

A mis hermanos Fredy, Arnaldo y Deysi por ser esencial en mi diario vivir, por tantos momentos compartidos, por su amor, comprensión, por su confianza, porque sé que si algún día algo me falta ustedes estarán para mí y el día que a ustedes falte yo estaré con los brazos abiertos mis más grandes apoyos. gracias por ser los mejores hermanos que dios pudo haber para mí.

Edwin Quecara Cari



AGRADECIMIENTOS

A mi más sagrado amor, dios, por ser mi guía, mi escudo, mi sustento y aliento, por ser quien me ha llevado a descubrir cosas grandes y ocultas que yo no conocía, por ser mi protección darme sabidurías y entendimiento para llegar hasta donde estoy, por ser ese motor que me impulsa a seguir adelante y me hace desvanecer aun cuando las fuerzas se me agotan.

A mi Papa Mauro Quecara Machaca a quien lo amo, por ser esa persona tan especial en mi diario vivir, por ser quien me inspira y me llena de orgullo, por ser mi ejemplo a seguir, gracias papa, porque se le ha costado mucho esfuerzo, tiempo, y años para poder darme lo que ha dado. No podría dejar de agradecer día a día a Dios mi creador por haberme dado la bendición más grande de esta vida.

A mi Mama Juana Cari Incahuanaco quien es mi pilar elemental en esta vida, por ser mi mayor complemento, por todos los días de felicidad, alegría , emisiones, por creer en mí , por animarme, apoyarme y por seguir insistiendo cuando siento que ya no puedo más, Gracias mama por ser mi Mayor amor, mi vida entera, por cada uno de los esfuerzos que tuvo que pasar desde el primer día que supo que tendría a alguien más en formaría parte de usted, sé que con mucho amor y entrega me ha dado lo que tengo, y por usted y mi padre es que hoy soy lo que soy ¡gracias mamita!

A mi amiga Yanet Sumerinde Quispe por ser unas de la persona que durante mi trayecto profesional de carrera ha brindado consejos y apoyo, que me alentaron a querer ser mejor y esforzarme cada día más y más.

Edwin Quecara Cari



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ACRÓNIMOS

RESUMEN 17

ABSTRACT..... 18

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 20

1.1.1. Objetivo general..... 20

1.1.2. Objetivos específicos 20

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 21

2.2. MARCO TEÓRICO 26

2.2.1. Contextualización del Cultivo de Cebada..... 26

2.2.2. Clasificación taxonómica..... 27

2.2.3. Descripción botánica..... 28

2.2.4. Fenología de la Cebada..... 29

2.2.5. Requerimientos edáficos..... 30

2.2.6. Requerimientos nutricionales 30

2.2.7. Biofertilizantes..... 31



2.2.8. Biofertilizantes y sus funciones	31
2.2.9. Sinergismo de los biofertilizantes	32
2.2.10. Aplicaciones de biofertilizantes en cultivos de cereales	33
2.2.11. Bacterias promotoras del crecimiento (PGPR)	33
2.2.12. Los Microorganismo eficaces (EM).....	36
2.2.13. Microorganismos eficaces y sus mecanismos de acción.....	37
2.2.14. Clasificación de los microorganismos eficaces.....	39
2.2.15. Interacción sinérgica del EM en la agricultura	41
2.2.16. Influencia de los microorganismos eficaces en el rendimiento del Gran	42
2.2.17. Impacto de los microorganismos eficaces en la calidad del grano	43
2.2.18. Mecanismos subyacentes de los microorganismos eficaces	44

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	46
3.2. TIPO DE ESTUDIO.....	47
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.3.1. Población	47
3.3.2. Muestra	47
3.4. METODOLOGIA.....	47
3.4.1. Ubicación preparación y demarcación del terreno	47
3.4.2. Aplicación de microorganismos eficaces (EM-A).....	49
3.4.3. Evaluación de variables de respuesta.....	51
3.4.4. Diseño experimental	53
3.4.5. Materiales utilizados para la realización del primer objetivo	54
3.4.6. Materiales utilizados para la realización del segundo objetivo	54



3.4.7. Materiales utilizados para la realización del tercer objetivo..... 55

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	57
4.1.1. Dosis óptima de EM en el cultivo de cebada durante la fase fenológica de espigado y madurez de grano	57
4.1.1.1. Inicio al espigado	57
4.1.1.2. Inicio a la madurez fisiológica	58
4.1.2. Efecto de los microorganismos eficaces en las características agronómicas y morfológicas.....	59
4.1.2.1. Altura de planta.....	59
4.1.2.2. Diámetro de grano.....	60
4.1.2.3. Longitud de grano	61
4.1.2.4. Número de granos por espiga.....	62
4.1.2.5. Longitud de espiga	63
4.1.2.6. Peso de grano por espiga.....	64
4.1.2.7. Número de espigas por hilera.....	65
4.1.2.8. Peso hectolítrico del grano	66
4.1.3. Rendimiento de la aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada	67
4.1.3.1. Rendimiento de grano por hectárea	67
4.1.3.2. Correlación de Pearson	68
4.2. DISCUSIONES	70
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES	75



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	81



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Aplicación de microorganismos eficaces (EM-A) durante el ciclo del cultivo	50
Tabla 2 Concentración de las dosis de microorganismos eficaces EM-A aplicadas al cultivo de cebada.....	51
Tabla 3 Matriz de datos.....	81
Tabla 4 Análisis de varianza para inicio al espigado en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	82
Tabla 5 Análisis de varianza para inicio a la madurez en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	82
Tabla 6 Análisis de varianza para altura de planta de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	82
Tabla 7 Comparación de medias DUNCAN para altura de planta cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023	83
Tabla 8 Análisis de varianza para diámetro de grano de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	83
Tabla 9 Comparación de medias DUNCAN para diámetro de grano cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023	83



Tabla 10	Análisis de varianza para longitud de grano de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	84
Tabla 11	Comparación de medias DUNCAN para longitud de grano cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023	84
Tabla 12	Análisis de varianza para granos por espiga de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	84
Tabla 13	Comparación de medias DUNCAN para granos por espiga en cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023	85
Tabla 14	Análisis de varianza para longitud de espiga de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.....	85
Tabla 15	Comparación de medias DUNCAN para longitud de espiga en cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023	85
Tabla 16	Análisis de varianza para peso de grano por espiga de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023	86
Tabla 17	Comparación de medias DUNCAN para peso de grano por espiga en cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023	86
Tabla 18	Análisis de varianza para número de espigas por hilera en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023	86



Tabla 19	Análisis de varianza para peso hectolítrico del grano en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023	87
Tabla 20	Análisis de varianza para rendimiento de grano por hectárea en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023	87
Tabla 21	Comparación de medias DUNCAN para rendimiento de grano por hectárea en cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023.....	87



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ubicación geográfica de la parcela experimental parcialidad Jasana Pocsellin – Taraco	46
Figura 2 Escala de crecimiento de cebada y las cuatro aplicaciones de EM	57
Figura 3 Inicio al espigado en días después de la siembra en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	58
Figura 4 Inicio a la madurez en días después de la siembra en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	59
Figura 5 Altura de planta en cm en cinco tratamientos aplicados de microorganismos eficaces	60
Figura 6 Diámetro de grano en mm en cinco tratamientos aplicados de microorganismos eficaces	61
Figura 7 Longitud de grano en mm en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	62
Figura 8 Número de granos por espiga en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	63
Figura 9 Longitud de espiga en mm en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	64
Figura 10 Peso de grano por espiga en gramos en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	65
Figura 11 Numero de espigas por hilera en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	66
Figura 12 Peso hectolítrico en cinco tratamientos de microorganismos eficaces.....	67



Figura 13	Rendimiento de grano por hectárea en cinco tratamientos de microorganismos eficaces	68
Figura 14	Diagrama de correlación de Pearson de variables de respuesta de cultivo de cebada con cinco tratamientos de microorganismos eficaces	70



ACRÓNIMOS

DBCA:	Diseño bloque completo al azar
EM-1:	Microorganismos eficaces tipo 1
EM-A:	Microorganismos eficaces activados
Há:	Hectárea
INIAP:	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
ITIS:	Sistema de información taxonómica integrado
Kg:	Kilogramo
Kg/Há:	Kilogramos por hectárea
Kg/Hl:	Kilogramos por hectolitro
MIP:	Manejo integrado de plagas
MS:	Materia seca
MS/há:	Materia seca por hectárea
PGPR:	Rizobacterias promotoras del crecimiento (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria).
T0:	Tratamiento 0 o testigo EM-A al 0%
T1:	Tratamiento 1 EM-A al 5%
T2:	Tratamiento 2 EM-A al 10%
T3:	Tratamiento 3 EM-A al 15%
T4:	Tratamiento 4 EM-A al 20%
TM/Há:	Tonelada métrica por hectárea
TP:	Tallo principal



RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto que producen diferentes dosis de microorganismos eficaces sobre la producción del grano, encontrando diferencias significativas en los tratamientos, evaluando las características agronómicas y morfológicas del grano y determinando el rendimiento de la aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada; se formuló un diseño bloque completo al azar, con 5 tratamientos (Testigo 0%, T1 EM-A al 5%, T2 EM-A al 10%, T3 EM-A al 15% y T4 EM-A al 20 %) aplicadas en 4 oportunidades durante el desarrollo del cultivo y 6 repeticiones, haciendo un total de 30 unidades experimentales; los resultados obtenidos para altura de planta fueron significativos alcanzando 112.39 cm para T4, para diámetro de grano 3.93 mm para T4, longitud de grano de 8.34 mm para T3, 45 granos por espiga para el tratamiento T2, longitud de espiga 8.88 cm para T4, peso de grano por espiga de 1.95 g para T3, así mismo el rendimiento de grano por hectárea alcanzó 4974.66 Kg/há en el T4. Sin embargo, no existen diferencias significativas en las dosis de EM-A aplicadas para el número de espigas por hilera, inicio al espigado, inicio a la madurez fisiológica y peso hectolítrico del grano. Se ha concluido que el uso de microorganismos eficaces no tiene efecto sobre el ciclo fenológico del cultivo de cebada, no afectando al período de espigamiento, ni maduración; pero si tiene un efecto altamente significativo sobre la altura de planta, diámetro de grano, longitud de grano, longitud de espiga y peso de grano.

Palabras Clave: Características agronómicas y morfológicas, Cebada, microorganismos eficaces, *Hordeum vulgare* L.



ABSTRACT

The research was carried out in the Jasana Pocsellin area, Taraco district, Huancané province, Puno department in 2023 agricultural campaign, barley cultivation due to climatic changes presents difficulties in its production, making it necessary to use technologies that favor the development of the crop ensuring the production of barley grain for food; properly conditioned agricultural land was used, whose objective was to evaluate the effect produced by different doses of effective microorganisms on grain production, finding significant differences in the treatments, evaluating the agronomic and morphological characteristics of the grain and determining the performance of the application of effective microorganisms in barley cultivation; a randomized complete block design was formulated, with 5 treatments (Control 0%, T1 EM-A 5%, T2 EM-A 10%, T3 EM-A 15% and T4 EM-A 20%) applied 4 times during the development of the crop and 6 repetitions, making a total of 30 experimental units; the results obtained for plant height were significant reaching 112.39 cm for T4, for grain diameter 3.93 mm for T4, grain length of 8.34 mm for T3, 45 grains per spike for treatment T2, spike length 8.88 cm for T4, grain weight per spike of 1.95 g for T3, likewise the grain yield per hectare reached 4974.66 Kg / ha in T4. However, there were no significant differences in the EM-A doses applied for the number of spikes per row, the start of heading, the start of physiological maturity, and the grain test weight. It has been concluded that the use of effective microorganisms has no effect on the phenological cycle of the barley crop, not affecting the heading period or ripening; but it does have a highly significant effect on plant height, grain diameter, grain length, spike length, and grain weight.

Keywords: Agronomic and morphological characteristics, Barley, effective microorganisms, *Hordeum vulgare* L.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El propósito de realizar el cultivo de cebada fue estudiar el comportamiento fenológico influenciado por la aplicación de los microorganismos eficaces (EM-1) que funcionalmente favorecen a la germinación de la semilla, incrementan la floración, incrementan el crecimiento y desarrollo de los granos, incrementan la biomasa, garantizan la producción exitosa en las plantas; buscando determinar los efectos en el mejoramiento del cultivo conjuntamente ser aplicable como una práctica frecuente en el cultivo de este grano, con la finalidad de asegurar la producción (Palao, 2013). El uso de los microorganismos eficaces (EM-1) aportarán al mejoramiento de la calidad del suelo constituyendo una micro flora balanceada con la mayoría de los microorganismos benéficos, de tal modo que las plantas tendrán un mejor ambiente para su crecimiento y desarrollo así los niveles de producción se incrementarán y aumentarán la resistencia a enfermedades. Se le ha puesto mucho interés a esta tecnología de microorganismos eficaces (EM) para ser utilizada en la preparación del terreno, germinación, enraizamiento del material vegetal (*Hordeum vulgare*), la siembra y el mantenimiento tanto al suelo como al follaje de las plantas (Nishikawa, 2021).

Esta investigación se realizó con la finalidad de mejorar el desempeño de este cultivo, sobre todo en el incremento de la producción y calidad de grano así mismo pretende sugerir una metodología para la óptima aplicación de una dosis de microorganismos eficaces con el adecuado sustento teórico proporcionado por esta investigación, para el uso de los agricultores dedicados a este cultivo y de esta manera contribuir a mitigar los efectos del cambio climático, la crisis alimentaria y la escases de este grano y mejorar la seguridad alimentaria. Los resultados de la investigación



mejoraron las características del grano, en la producción de semilla de calidad y a la vez mejoraron los índices de producción para autoconsumo en épocas de escasez alimentaria por parte de las familias agricultoras; así mismo, el uso de tecnologías de biofertilización con la aplicación de microorganismos eficaces contribuyeron a mejorar los índices de producción, resistencia del cultivo a factores climáticos y biológicos, el establecimiento de dosis adecuadas permitió optimizar el uso de esta tecnología. El presente ensayo contribuyó a promover el cultivo de cebada, en periodos de estiaje para la producción de semilla y forraje complementario en periodos de rotación de cultivos.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto que producen diferentes concentraciones de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción de grano de cebada

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima de EM en el cultivo de cebada durante la fase fenológica de espigado y madurez de grano.
- Evaluar el efecto de los microorganismos eficaces en las características agronómicas y morfológicas del grano cosechado.
- Determinar el rendimiento de la aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Carrillo y Minga (2021), realizaron una caracterización de 16 variedades de cebada maltera en el Centro Experimental Tunshi, a través de una evaluación del comportamiento agronómico, concluyó que los materiales evaluados de los 16 materiales el 2IK16-1193 presentó una altura promedio baja de las plantas de un 58.4 cm esto puede ser debido a factores ambientales como también por falta de nutrientes en el suelo que requieren las planta para su buen desarrollo.

Sucapuca (2021), evaluó la producción de forraje de trigo de invierno con la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM) en época de invierno, cuyos resultados mostraron que para forraje en materia seca fue mejor el tratamiento T2 con una dosis del 10% (Mezcla de 100 ml de EM-1 más 100 ml de melaza en 800 ml de agua) con una producción de 9,245 kg/ha, el tratamiento T2 mostró mejores resultados en: número de plantas germinadas con 90.35 %, en número de macollos por planta se obtuvo 9.22 macollos/planta, en altura de planta con 72.44 cm y para número de plantas/ha se obtuvo 341 033 plantas/ha.

(Madariaga, 2020), estudio el índice de vegetación de diferencia normalizada y sus caracteres agronómicos en cultivares de trigo invernal, teniendo como objetivo evaluar los rasgos morfológicos y agronómicos implicados en la mejora genética del trigo de invierno los genotipos exhibieron un aumento en el rendimiento de grano, índice de cosecha, número de granos por espiga y peso de los mil granos entre otros, donde obtuvo



una correlación positiva con el número de espiga por m², índice de cosecha, peso de mil granos, biomasa aérea y número de granos por espiga.

Orrala (2020), para realizar la valoración agronómica de 120 líneas promisoras de cebada evaluó el comportamiento agronómico de 120 líneas promisorias de cebada cervecera, donde cada línea fue un tratamiento y las variables que estudió fueron, germinación, días a espigado, altura de planta, número de espigas por plantas, longitud de la espiga, número de granos por espiga, peso del grano por parcela y rendimiento. Para el análisis estadístico realizó un análisis de conglomerado utilizando el método de Ward, este análisis determinó dos grupos en los que sobresalen las variables: número de grano por espigas, peso del grano por parcela, rendimiento dando un valor de 0.52 de la relación cofenética donde el análisis permitió determinar que el 61.67 % de las líneas evaluadas presentaron mejores características, obteniéndose un rendimiento entre 0.1 y 0.2 t/ha con un promedio de 4 espigas por planta.

Curilucas (2019), realizó un estudio con la finalidad de evaluar el efecto del biol de orina humana y microorganismos eficaces (EM) en cultivo de cebada, se condujo el experimento con un diseño bloque completo al azar, siendo los tratamientos T1: (Biol de orina humana y EM 2.25 litros), T2 (Biol de orina humana y EM 4.50 litros), T3 (Biol de orina humana y Em 6.75 litros) y T4 (Testigo), las variables en estudio fueron, altura de planta, materia seca foliar del cultivo de cebada, el rendimiento de cebada en grano seco a los 180 días, en los resultados para altura de planta presentaron diferencias significativas a los 30 y 90 días después de la siembra, presentaron diferencias significativas en el rendimiento de grano seco donde se obtuvieron 4,962.5, 4,525.0, 2,950 y 2,887.5 kg/ha en los tratamientos T3, T4 y T1.



Tuniri (2018), evaluó el comportamiento productivo de cebada en tres periodos de corte con cuatro niveles de biol (0%, 30%, 50%, 70%), con riego por aspersión, evaluó el comportamiento productivo de cebada de forraje en verde y materia seca, los resultados de mayor impacto fueron los tratamientos con interacción de niveles de biol con riego presentaron las mayores alturas de planta llegando a 1.14 m en el primer corte del tratamiento del 70% de biol (T4), seguido con 0.92 m del segundo corte del tratamiento del 50% de biol (T3) en el tercer corte fue de 0.58 m en el tratamiento 70% de biol (T4) y sobre el rendimiento de materia seca el tratamiento con aplicación al 50% de biol presentó un valor de 5.49 t MS/ha del primer corte y en el segundo corte resaltó el tratamiento 3 con la aplicación al 50% de biol con un valor de 4.71 t MS/há y en el tercer corte presentó un valor de 3,81 t MS/ha del mismo tratamiento.

Hoffman et al., (2017), en el experimento en campo, las poblaciones objetivo a evaluar fueron: 15, 30 y 45 plantas/m sembradas a una distancia entre hileras de 15 cm (100, 200 y 300 plantas por m²) donde los cultivares evaluados en el primer año fueron: Curupay de ADP, DM 1407 de ERRO, Klein Lanza de PGWP y LE 2433 de INIA. En segundo año: Syn 330, Syn 211 de SYNGENTA LE 2420 de UNIA, ACA 602 de ADP, Klein Liebre y ACA 320 PGWP y DM Ceibo de ERRO. Los testigos genéticos utilizados desde el año 2001 Son: INIA Tijereta, el cual muestra alta capacidad de macollaje y buena sincronización del mismo presentando un buen desempeño tanto en rendimiento como calidad (% de proteína en grano) a poblaciones en el entorno a las 30 a 35 plantas/m.

García et al., (2017), en su investigación análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje como objetivos fueron construir curvas de acumulación de forraje y determinar el momento óptimo de corte para forraje de tres líneas de cebada, durante los ciclos de crecimiento, analizó los datos con SAS, para un diseño experimental de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, se determinó el



momento óptimo de corte en el segundo ciclo de cultivo a los 70 DDS, con valores de intercepción luminosa de 94.95 y 91%, con índices de área foliar de 7.5 y 3 y alturas de 88.82 y 59 cm en el estado de elongación del tallo.

Cajamarca y Montenegro (2015), evaluaron líneas avanzadas de cebada biofortificada de grano descubierto con bajo contenido de fitatos, con el objetivo de seleccionar una línea promisoría de buen comportamiento agronómico y económicamente rentable, el material vegetativo que se empleó fueron 13 líneas, en el análisis estadístico se determinó que las líneas avanzadas se computaron de diferente manera en las tres localidades de acuerdo a las variables, como altura de planta, incidencia de enfermedades, rendimiento (Kg/ha), vigor en campo, tipo de paja y tipo de grano, donde se observó que la línea 3 tuvo mejor comportamiento agronómico con un rendimiento promedio de 3,142 Kg/ha y en cuanto a tolerancia al ataque de enfermedades fue la línea 54 con un rendimiento de 2,261.11 Kg/ha.

Loayza (2014), con el objetivo de identificar el cultivar con el mejor comportamiento agronómico y calidad comercial para condiciones de cultivo en valle costero de Arequipa utilizó cuatro cultivares de trigo: BR3677-1, BR4888, CO1320 y CENTENO este último como testigo. Los tres primeros provenientes de la World White Wheat de Estados Unidos de América y el último de la Universidad Nacional Agraria la Molina, se encontró que el cultivar con mayor rendimiento en grano fue el CO1320W alcanzando 8,625.25 kg/ha-1 en cuanto a la calidad de grano en cultivares que presentaron mayor peso hectolítrico fue CO1320W.

Escobar (2013), en su investigación de evaluación de parámetros de rendimiento de cultivares y líneas de cebada, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento y componentes de las variedades (Centenario 2, La milagrosa, Puka Puncho) y líneas promisorias de



cebada (C420, C423), evaluó el ciclo vegetativo, el porcentaje de emergencia, rendimiento, ritmo de crecimiento, índice de área foliar, número de granos por espiga, número de flores por espiga, número de macollos por planta, de los cuales los resultados reflejaron que la línea Centenario 2 alcanzó mayor porcentaje de emergencia con 82.99%, con relación al número de macollos la variedad Milagrosa registro mayor cantidad con 6.73, resultando la variedad Centenario la que presentó mayor altura con 91.21 cm, también se observó mayor número de flores por espiga en la variedad centenario con 28.60, para el número de granos por espiga la variedad Centenario 2 y el mayor rendimiento se registró en la variedad Centenario con 3,797.53 kg/ha.

Moreno, et al. (2001), al aplicar Azotoryza (*Azotobacter chroococum*) en trigo se encontraron efectos de estimulación de crecimiento e incrementos en el rendimiento de este cereal, sin embargo, se encontró respuesta diferenciada de las variedades a la biofertilización la cual provocó aumentos en el rendimiento en los granos/m², para la variedad Caete.

Manangón (2014), en la evaluación realizada de siete variedades de trigo con tres tipos de manejo nutricional evaluó el comportamiento agronómico, las características de calidad de los granos producidos, el material utilizado fue INIAP-Cojitambo 92, INIAP-Zhalao 2003, INIAP-San Jacinto 2010, INIAP-Vivar 2010, INIAP-Mirador 2010 e INIAP-Imbabura. La variedad con el mejor comportamiento agronómico fue INIAP-Cojitambo 92 con un rendimiento promedio de 2.46 Tm/ha, teniendo la mejor longitud de espiga (10.5 cm), el número de espiguillas por espiga (23.3 espiguillas/espiga) y número de granos por espiga (54.3), con respecto al factor nutricional obtuvo los mejores resultados.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Contextualización del Cultivo de Cebada

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es uno de los cereales más antiguos cultivados por el ser humano, con evidencias arqueológicas que sitúan su domesticación en el Creciente Fértil hace aproximadamente 10,000 años. Este cereal no solo ha sido fundamental en la alimentación, sino que también ha tenido un papel crucial en la producción de forraje y en la elaboración de bebidas, especialmente la cerveza. La relevancia de la cebada se extiende a lo largo de diversas culturas y civilizaciones, lo que ha permitido que sus técnicas de cultivo y aprovechamiento se perfeccionen y adapten a diferentes condiciones agroclimáticas (Rosa, 2017) citado por (Carrillo y Minga, 2021).

Históricamente, el cultivo de cebada ha estado ligado al desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles y a la diversificación de los sistemas alimentarios. En regiones como el Medio Oriente y partes de Asia, la cebada fue fundamental para la subsistencia de comunidades rurales, ya que su resistencia a condiciones climáticas adversas y su adaptabilidad la convirtieron en una opción viable frente a otros cereales (Mendoza y Ricalde, 2016). Asimismo, en regiones de clima frío y seco, la cebada ha demostrado ser un cultivo robusto, adaptándose a suelos pobres y a condiciones de baja disponibilidad hídrica, lo que la posiciona como una alternativa estratégica en contextos de cambio climático.

En la actualidad, la producción de cebada se enmarca en la búsqueda de sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles. El interés por esta especie se ha intensificado debido a su versatilidad, que abarca desde la alimentación humana y animal hasta la industria cervecera. Además, el cultivo de cebada presenta



ventajas agronómicas importantes, tales como la mejora de la estructura del suelo y la capacidad de rotación con otros cultivos, lo que contribuye a la reducción de plagas y enfermedades y al mantenimiento de la fertilidad del terreno (Torres, 2023).

La modernización del cultivo de cebada ha estado marcada por la incorporación de nuevas tecnologías y prácticas agronómicas. Entre estas se destacan las investigaciones orientadas a la integración de microorganismos eficaces, tales como bacterias promotoras del crecimiento (PGPR) y biofertilizantes, que han mostrado mejorar parámetros clave como el rendimiento del grano, la calidad del forraje y la resistencia a factores de estrés abiótico (Pardo et al., 2020). La aplicación de estas tecnologías representa una convergencia entre la tradición agrícola y la innovación científica, permitiendo desarrollar estrategias que optimicen la productividad y la sustentabilidad de los sistemas de cultivo.

Por otra parte, el contexto económico y social ha influido en la transformación de los sistemas productivos. La globalización y la creciente demanda de productos de alta calidad han impulsado a los agricultores a adoptar prácticas que no solo incrementen la producción, sino que también aseguren la eficiencia en el uso de insumos y la protección del medio ambiente. En este sentido, el uso de microorganismos eficaces se presenta como una alternativa viable para reducir la dependencia de insumos químicos y promover una agricultura más resiliente (Cruz et al., 2021).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Según el sistema de información taxonómica integrado (ITIS) la cebada (*Hordeum Vulgare L.*) tiene la siguiente taxonomía:



Reino	Plantae
Sub reino	Viridiplantae
Infrareino	Streptophyta
Superdivisión	Embryophyta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Class	Magnoliopsida
Superorder	Lilianae
Order	Poales
Family	Poaceae
Genus	Hordeum L.
Species	Hordeum vulgare L.

2.2.3. Descripción botánica

El sistema radicular de la cebada produce raíces primarias, secundarias las cuales alcanzan a los 20 cm debido a la profundidad, humedad y fertilidad del suelo. Posee un sistema radicular fibroso fasciculado la cual puede alcanzar una profundidad máxima de 1 metro (Rivera, 2017) citado por (Orrala, 2020).

Con respecto a sus hojas son alargadas que pueden llegar a abrazar el tallo las mismas que están dispuestas de forma alterna, en la base foliar está presente la lígula en ambos lados presenta dos apéndices denominados estípulas (González, 2001) citado por (Orrala, 2020).

Sus tallos se caracterizan por ser erecto, que llegan a formar varios entrenudos, llegan a desarrollar una altura que varía de 0.50 cm a un metro dependiendo de la variedad, el tallo presenta una estructura cilíndrica con nudos macizos y entrenudos huecos, en las yemas de los tallos se desarrollan los macollos (tallos secundarios) donde cada macollo produce una espiga (Rivera, 2017) citado por (Orrala, 2020).

La inflorescencia se presenta en forma de espiga, con un eje central o raquis constituido por nudos, donde se desarrollan las espiguillas, la mayoría de



las flores en cebada se auto fecundan con su propio polen, son especies autógamas debido a que se encuentran envueltas por la hoja bandera (González, 2001) citado por (Orrala, 2020).

La inflorescencia corresponde a una espiga compacta y barbada, formando una extensión del tallo, con raquis en forma de zigzag de 2.5 cm a 12.7 cm de longitud el cual cuenta con 10 a 30 nudos cuya espiga está conformada por estructuras llamadas espiguillas, teniendo así variedades de 6 hileras que tienen de 25 a 60 granos por espiga mientras que las de 2 hileras de 15 a 30 granos por espiga (Méndez, 2004) citado por (Roque, 2010).

En cuanto al grano se describe que es un grano cariósipide, los granos son frutos indehiscentes con una sola semilla cariósipide constituida por dos partes el embrión y el endospermo con las que forma dos capas de proteína y otra harinosa (Rivera, 2017) citado por (Orrala, 2020).

2.2.4. Fenología de la Cebada

La cebada tiene un hábito de crecimiento anual, existen variedades de primavera que tienen un ciclo de 80 a 90 días, sembrándose a fines de invierno o principios de primavera usándose principalmente para grano, por otro lado están las variedades de invierno utilizadas para producción de forraje, teniendo estas un ciclo de hasta 160 días (Méndez, 2004) citado que (Roque, 2010).

Las etapas de desarrollo del cultivo de cebada presenta cuatro etapas bien definidas, germinación se lleva a los 0 a 80 días, desarrollo y macollamiento 12 a 70 días, formación de granos 80 a 160 días de espigado y madurez de 165 a 180 días (García, 2012).



Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis, se dice que, si queda solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, tendremos la cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*), si aborta la espiguilla central, quedando las dos espiguillas laterales tendremos la cebada de cuatro carreras (*Hordeum tetrastichum*), si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*) (Roque, 2010).

2.2.5. Requerimientos edáficos

La cebada prefiere suelos fértiles, pero con un buen sistema de riego produce bien en suelos poco profundos y pedregosos, tolera bien los suelos salinos, tiene capacidad de adaptarse a diferentes tipos de suelos por lo general se desarrolla bien en suelos ligeros con textura franco arenosa, bien drenados, ya que la cebada suele ser muy sensible a los excesos de humedad, no tolera los suelos de textura pesada, el pH óptimo del suelo fluctúa entre 6 y 8.5 (Barreto, 2001) citado por (Orrala, 2020).

2.2.6. Requerimientos nutricionales

El cultivo de cebada tiene necesidades nutricionales como los macronutrientes entre ellos se encuentra el nitrógeno elemento fundamental para el crecimiento vegetativo y formación de proteínas, fósforo para el desarrollo radicular y maduración y potasio para mejorar la resistencia a enfermedades y estrés hídrico, dentro de los micronutrientes se tiene al zinc, cobre y manganeso, también es de importancia el abonado con fertilizantes orgánicos y biofertilizantes como el estiércol y compost que aportan nutrientes y mejoran la estructura del suelo y la aplicación de biofertilizantes (microorganismos beneficiosos,



rizobacterias) que promueven el crecimiento vegetativo, reducen la dependencia de fertilizantes químicos (Torres, 2023).

2.2.7. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son formulaciones que contienen microorganismos vivos con la capacidad de promover el crecimiento de las plantas a través de diversos mecanismos. Entre estos, destacan la fijación de nitrógeno, la solubilización de fosfatos y la producción de fitohormonas, que facilitan la asimilación de nutrientes esenciales. A diferencia de los fertilizantes químicos, los biofertilizantes contribuyen a mantener la salud del suelo y a reducir el impacto ambiental, representando una alternativa sostenible y ecológica para la mejora de la productividad (Pardo et al., 2020).

2.2.8. Biofertilizantes y sus funciones

Los biofertilizantes son formulaciones que contienen microorganismos vivos capaces de promover el crecimiento vegetal mediante la mejora de la disponibilidad de nutrientes y la estimulación de procesos metabólicos en las plantas. Estos insumos biológicos se utilizan para complementar o reemplazar el uso de fertilizantes químicos, ofreciendo múltiples ventajas:

Fijación biológica del nitrógeno: Algunos microorganismos presentes en los biofertilizantes tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, transformándolo en una forma que las plantas pueden asimilar. Este mecanismo es particularmente útil en suelos con baja disponibilidad de nitrógeno, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos (Ivanov y Sidorova, 2018).



Solubilización de minerales: Muchos de los microorganismos incluidos en los biofertilizantes pueden solubilizar fosfatos y otros minerales, facilitando su absorción por las raíces y aumentando la eficiencia en el uso de nutrientes esenciales.

Producción de fitohormonas: La síntesis de hormonas vegetales, tales como auxinas, giberelinas y citoquininas, favorece el desarrollo radicular y la división celular, lo que se traduce en plantas de mayor vigor y capacidad para enfrentar condiciones de estrés (Pardo et al., 2020).

2.2.9. Sinergismo de los biofertilizantes

La integración de biofertilizantes en el manejo del suelo puede generar efectos sinérgicos que potencian los beneficios al suelo, los biofertilizantes mejoran el medio físico y químico del suelo, creando condiciones óptimas para la colonización y actividad de los microorganismos presentes en los biofertilizantes. Esta sinergia puede resultar en:

Facilitan la asimilación de nutrientes por parte de la planta, lo que se traduce en un crecimiento más robusto y un aumento en el rendimiento del cultivo.

Mejor adaptación frente a condiciones adversas: En suelos degradados o en condiciones de estrés abiótico, los biofertilizantes puede mejorar la resiliencia del cultivo, permitiendo una mejor respuesta ante factores como la salinidad o la sequía (Martínez y Núñez, 2019; Ivanov y Sidorova, 2018).



2.2.10. Aplicaciones de biofertilizantes en cultivos de cereales

Las aplicaciones de biofertilizantes en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.), ha mostrado resultados prometedores, se han evidenciado mejoras en parámetros agronómicos relevantes, tales como el rendimiento de grano, la calidad del forraje y el contenido proteico, estos insumos no solo contribuyen a la salud del suelo, sino que también pueden reducir la incidencia de enfermedades al favorecer una microfauna beneficiosa que compite con patógenos (González y Pérez, 2018; Ramírez, 2017).

La adopción de estas prácticas se alinea con los objetivos de la agricultura sostenible, al reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos, y promover la regeneración y conservación de los recursos edáficos. Esta estrategia resulta especialmente importante en regiones donde la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad son desafíos críticos para la producción agrícola.

2.2.11. Bacterias promotoras del crecimiento (PGPR)

Las bacterias promotoras del crecimiento (PGPR) constituyen un grupo de microorganismos que residen en la rizosfera y ejercen efectos beneficiosos sobre el desarrollo vegetal. Estas bacterias estimulan el crecimiento de las plantas mediante la producción de hormonas vegetales, la facilitación en la absorción de nutrientes y la protección contra organismos patógenos. Su uso en la agricultura permite reducir la dependencia de insumos químicos y mejora la resiliencia de los cultivos frente a condiciones adversas, como la sequía o suelos con baja fertilidad (Ivanov y Sidorova, 2018). La integración de PGPR en programas de manejo agronómico se ha vinculado a incrementos en el rendimiento y la calidad del grano en diversos cultivos de cereal.



- Características de las PGPR

Las PGPR son bacterias que, por medio de diferentes mecanismos bioquímicos y fisiológicos, estimulan el crecimiento vegetal. Entre sus características más destacadas se encuentran la capacidad para:

Fijar nitrógeno atmosférico: Algunas PGPR poseen el gen *nif*, que les permite convertir el nitrógeno atmosférico en formas que las plantas pueden asimilar, lo cual es particularmente valioso en suelos con baja disponibilidad de este nutriente (Ivanov y Sidorova, 2018).

Producción de fitohormonas: Muchas PGPR sintetizan hormonas vegetales como auxinas, giberelinas y citoquininas, las cuales influyen en procesos críticos como la elongación celular, el desarrollo de raíces y la división celular (Pardo et al., 2020).

Solubilización de nutrientes: Además, estas bacterias facilitan la solubilización de fosfatos y otros minerales, incrementando la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas (Rodríguez y Castro, 2017).

Producción de sideróforos y antibióticos: La síntesis de sideróforos favorece la captación de hierro, y la producción de compuestos antimicrobianos contribuye al control de microorganismos patógenos en la rizosfera (Ramírez, 2017; Sánchez y Rojas, 2016).

- Mecanismos de acción de las PGPR en los cultivos de cereales

La interacción entre las PGPR y las plantas de cereales se fundamenta en mecanismos interrelacionados que permiten optimizar la salud y el rendimiento de los cultivos:



Mejora en la nutrición vegetal: La fijación de nitrógeno y la solubilización de fosfatos contribuyen a una mayor disponibilidad de nutrientes en la zona radicular, lo que se traduce en un crecimiento más vigoroso y en un aumento de la biomasa. En cultivos como la cebada, esta mejora nutricional se asocia con incrementos en el rendimiento de grano y en la calidad del producto final (Ivanov y Sidorova, 2018).

Estimulación del desarrollo radicular: La producción de fitohormonas por parte de las PGPR promueve la formación y extensión del sistema radicular. Un sistema radicular robusto no solo facilita la absorción de agua y nutrientes, sino que también incrementa la capacidad de la planta para explorar un mayor volumen del suelo, lo que es fundamental en ambientes con recursos limitados (Rodríguez y Castro, 2017).

Inducción de resistencia sistémica: Las PGPR pueden desencadenar respuestas de defensa en las plantas, activando mecanismos que fortalecen las barreras físicas y químicas contra patógenos. Esta resistencia inducida no solo protege al cultivo de infecciones, sino que también contribuye a la estabilidad del rendimiento ante fluctuaciones ambientales (Pardo et al., 2020).

Mitigación del estrés abiótico: En condiciones adversas como la sequía o la salinidad, la acción conjunta de las PGPR permite a las plantas mantener un funcionamiento metabólico adecuado, reduciendo los efectos negativos del estrés y favoreciendo una respuesta adaptativa que se traduce en una mejor tolerancia y productividad (Rodríguez y Castro, 2017).

- Aplicaciones de PGPR en cultivos de cereales.



La integración de PGPR en programas de manejo agronómico ha mostrado resultados prometedores en diversos estudios. Por ejemplo, investigaciones realizadas en cultivos de trigo y cebada han demostrado que la inoculación con cepas seleccionadas de PGPR no solo mejora el rendimiento de grano, sino que también influye positivamente en parámetros como el contenido proteico y el peso de 1000 granos (Ivanov y Sidorova, 2018; Ramírez, 2017). Asimismo, la aplicación de estas bacterias ha permitido una mayor resistencia frente a enfermedades radiculares, reduciendo la incidencia de patógenos y contribuyendo a una producción más sostenible y de alta calidad.

En escenarios de estrés abiótico, como suelos con alta salinidad o condiciones de déficit hídrico, las PGPR se han mostrado fundamentales para mantener el crecimiento y desarrollo de los cereales. La activación de mecanismos de defensa y la mejora en la eficiencia en el uso de nutrientes permiten a las plantas superar estos desafíos ambientales, lo que resulta en una mayor estabilidad de los rendimientos productivos (Rodríguez y Castro, 2017).

2.2.12. Los microorganismo eficaces (EM)

Los microorganismos eficaces (EM) se refieren a una combinación de bacterias, hongos y otros microorganismos que, aplicados de manera conjunta, promueven el crecimiento vegetal, mejoran la disponibilidad de nutrientes y pueden contribuir al control de patógenos. Estos microorganismos actúan sinérgicamente en el suelo y en la rizosfera, generando un ambiente favorable para el desarrollo de las plantas (Nishikawa, 2021). La aplicación de EM se ha relacionado con mejoras en la estructura del suelo y un incremento en la actividad microbiana, aspectos esenciales para la nutrición y la resistencia de los cultivos.



2.2.13. Microorganismos eficaces y sus mecanismos de acción

Los Microorganismos Eficaces (EM) constituyen una mezcla de microorganismos beneficiosos que, al ser aplicados en el medio ambiente o en la rizosfera, pueden promover el crecimiento de las plantas, mejorar la calidad del suelo y ofrecer protección contra patógenos. Esta sección aborda la clasificación de estos microorganismos y detalla los mecanismos de acción que permiten su eficacia en la promoción del desarrollo vegetal. Los beneficios que aportan los EM se fundamentan en una serie de mecanismos interrelacionados:

Fijación Biológica del Nitrógeno: La fijación biológica del nitrógeno es el proceso por el cual microorganismos, como bacterias y cianobacterias, convierten el nitrógeno atmosférico (N_2) en formas utilizables por las plantas, como el amoníaco (NH_3) o el ion amonio (NH_4^+). Estos microorganismos pueden ser de vida libre o establecer relaciones simbióticas con plantas. La fijación biológica del nitrógeno es realizada por la enzima nitrogenasa, presente en estos microorganismos. Esta enzima cataliza la conversión del nitrógeno molecular (N_2) en amoníaco (NH_3). El amoníaco luego puede ser utilizado por las plantas o convertirse en otros compuestos nitrogenados. Algunos EM poseen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, transformándolo en formas asimilables por la planta. Este proceso es fundamental en suelos con baja disponibilidad de nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos (González y Pérez, 2018).

Solubilización de Fósforo y Otros Nutrientes: La solubilización de fósforo y otros nutrientes por microorganismos eficaces es una estrategia importante en la agricultura sostenible. Estos microorganismos, como bacterias y hongos, pueden



transformar formas insolubles de fósforo y otros nutrientes en formas disponibles para las plantas, mejorando así su crecimiento y rendimiento. Muchos microorganismos presentes en las formulaciones de EM pueden solubilizar fosfatos y otros minerales, facilitando su absorción por las raíces. Esto se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Pardo et al., 2020).

Producción de Fitohormonas: La producción de fitohormonas por microorganismos eficaces, también conocidos como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), es un proceso biológico clave que puede mejorar la salud y el rendimiento de las plantas. Estos microorganismos, como bacterias y hongos, liberan fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas de manera directa e indirecta. Estas sustancias regulan diversos procesos fisiológicos, incluyendo la elongación celular, la formación de raíces y la división celular, lo que contribuye a un crecimiento más robusto y a una mayor resiliencia ante factores de estrés (Sánchez y Rojas, 2016).

Inducción de Resistencia Sistémica: La aplicación de EM puede activar mecanismos de defensa en las plantas, generando una respuesta de resistencia sistémica frente a infecciones por patógenos. Este mecanismo de defensa se basa en la inducción de compuestos antimicrobianos y en la mejora de las barreras físicas y químicas del huésped (Martínez y Núñez, 2019).

Producción de Sideróforos y Antibióticos Naturales: La síntesis de sideróforos favorece la captación de hierro, elemento esencial para numerosas funciones metabólicas, mientras que la producción de antibióticos naturales inhibe



el crecimiento de microorganismos patógenos, protegiendo a la planta de infecciones y enfermedades (Pardo et al., 2020).

2.2.14. Clasificación de los microorganismos eficaces

La clasificación de los EM se basa en la diversidad de organismos que integran las formulaciones utilizadas en agricultura. Generalmente, se pueden distinguir los siguientes grupos:

Bacterias Fotosintéticas y Fermentadoras: Las bacterias fotosintéticas y las fermentadoras pertenecen a dos grupos diferentes de microorganismos, y se distinguen principalmente por la forma en que obtienen su energía. Las bacterias fotosintéticas, como su nombre lo indica, capturan la luz del sol y la utilizan para producir su propio alimento mediante un proceso llamado fotosíntesis. Este mecanismo es similar al de las plantas y permite transformar la energía solar en energía química utilizable. Algunas de estas bacterias incluso liberan oxígeno como subproducto, contribuyendo a la atmósfera y al equilibrio ecológico. Por otro lado, las bacterias fermentadoras no dependen de la luz. En su lugar, obtienen energía a partir de la descomposición de compuestos orgánicos, como azúcares, a través de un proceso llamado fermentación. Este proceso ocurre en ausencia de oxígeno y permite que estas bacterias prosperen en ambientes donde otras formas de vida no podrían sobrevivir, ambos tipos de bacterias cumplen roles esenciales en la naturaleza. Las fotosintéticas ayudan a mantener la vida al generar oxígeno y materia orgánica, mientras que las fermentadoras contribuyen al reciclaje de nutrientes y la descomposición de materia orgánica. Juntas, forman parte fundamental de los ciclos biogeoquímicos y sostienen el equilibrio de muchos ecosistemas. Estas bacterias, como ciertas cepas de *Bacillus* y *Pseudomonas*, son



responsables de procesos de fermentación y de la producción de compuestos orgánicos que estimulan la actividad microbiana en el suelo (González y Pérez, 2018).

Hongos Beneficiosos: En el ámbito de los microorganismos, existen hongos beneficiosos que desempeñan roles cruciales tanto en la naturaleza como en diversas aplicaciones industriales. Estos hongos, a menudo en simbiosis con otros organismos, contribuyen a la salud del suelo, al control biológico de plagas y enfermedades, y a la producción de alimentos y medicamentos. Las micorrizas establecen relaciones simbióticas con las raíces de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y agua, lo que resulta en un crecimiento más saludable y resistente a condiciones adversas. Los trichodermas son hongos antagonistas que compiten con patógenos del suelo, protegiendo las raíces de las plantas y promoviendo su desarrollo. Los hongos como las levaduras y mohos descomponen materia orgánica, liberando nutrientes esenciales para las plantas y mejorando la estructura del suelo. Estos microorganismos establecen relaciones simbióticas con las raíces, mejorando la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, y aumentando la resistencia a condiciones adversas (Ramírez, 2017).

Actinobacterias: Las actinobacterias son un grupo diverso de bacterias grampositivas que se caracterizan por su morfología filamentosa y su alto contenido de guanina y citosina en el ADN. Se encuentran en una variedad de hábitats, incluyendo el suelo, el mar y los sedimentos de cuerpos de agua dulce. Son importantes para los ecosistemas terrestres, ya que participan en la descomposición de materia orgánica y en la liberación de nutrientes. Además, algunas actinobacterias producen compuestos bioactivos con aplicaciones en medicina, agricultura y biotecnología. Este grupo se caracteriza por su capacidad



para producir antibióticos naturales y sideróforos, que inhiben el crecimiento de patógenos y facilitan la adquisición de hierro, un nutriente esencial para el desarrollo vegetal (Sánchez y Rojas, 2016).

Otros Microorganismos Complementarios: En los microorganismos eficaces (EM), los microorganismos complementarios son aquellos que, al interactuar con los microorganismos principales, potencian sus efectos beneficiosos y promueven un equilibrio microbiano en el suelo, plantas, animales o incluso en el cuerpo humano. Estos microorganismos complementarios no son necesariamente los más abundantes, pero su presencia y actividad son cruciales para el éxito del EM. En algunas formulaciones se incluyen levaduras y bacterias que descomponen y que aceleran la mineralización de materia orgánica, incrementando la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Martínez y Núñez, 2019).

Esta diversidad microbiana permite que las formulaciones de EM sean flexibles y se adapten a distintos tipos de suelo y condiciones ambientales, potenciando de manera integral el desarrollo de las plantas.

2.2.15. Interacción sinérgica del EM en la agricultura

La combinación de diferentes grupos microbianos en las formulaciones de EM permite que se potencien mutuamente sus efectos. La sinergia entre bacterias, hongos y otros microorganismos no solo mejora la disponibilidad de nutrientes, sino que también fortalece las defensas naturales de las plantas. Esta interacción compleja es la base del uso de EM en sistemas agrícolas modernos, donde se busca optimizar el rendimiento de los cultivos y promover prácticas de agricultura sustentable (González y Pérez, 2018; Sánchez y Rojas, 2016).



La aplicación de EM ha demostrado ser especialmente relevante en condiciones de estrés abiótico, tales como suelos salinos o con deficiencias nutricionales. En estos escenarios, los mecanismos de acción de los EM permiten que las plantas mantengan un crecimiento adecuado y aumenten su productividad, lo que es fundamental en regiones donde los recursos edáficos son limitados.

2.2.16. Influencia de los microorganismos eficaces en el rendimiento del Grano

La inoculación de cultivos con microorganismos eficaces, tales como bacterias promotoras del crecimiento (PGPR), biofertilizantes y formulaciones de EM, se asocia con incrementos en el rendimiento de grano en diversos estudios. Estos microorganismos mejoran la disponibilidad de nutrientes esenciales, particularmente nitrógeno y fósforo, lo que favorece el crecimiento de la planta y aumenta la biomasa. En el caso específico de la cebada, se ha reportado que la aplicación de biofertilizantes y microorganismos específicos puede generar incrementos en el rendimiento de grano de entre el 7 y el 15% Ivanov y Sidorova (2018). Este efecto se atribuye, en parte, a la capacidad de estos agentes para:

- Mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes.
- Estimular el desarrollo del sistema radicular, permitiendo una mayor exploración del suelo.
- Inducir respuestas metabólicas que favorecen la acumulación de reservas y el crecimiento celular.

Estos beneficios no solo se traducen en mayores volúmenes de grano, sino que también contribuyen a una mayor uniformidad y robustez en el desarrollo del cultivo. La incorporación de compost en sistemas agrícolas favorece la actividad



microbiana y la regeneración de los nutrientes del suelo, lo que repercute positivamente en el crecimiento de los cultivos. Estudios han evidenciado que el uso combinado de EM y compost puede potenciar los efectos beneficiosos sobre el rendimiento del grano y otros parámetros agronómicos (Martínez y Núñez, 2019). Diversos estudios empíricos han respaldado el impacto positivo de la inoculación microbiana en cultivos de cereal. investigaciones en cebada han mostrado que la inoculación con ciertas cepas bacterianas no solo incrementa el rendimiento en términos de toneladas por hectárea, sino que también mejora indicadores de calidad como el contenido proteico y el peso de 1000 granos (Martínez y Núñez, 2019; Ramírez, 2017). Estos resultados son consistentes en diferentes condiciones edáficas y climáticas, lo que sugiere que la aplicación de microorganismos beneficiosos puede adaptarse a diversas regiones y sistemas de producción.

La implementación de estas estrategias en el manejo agrícola se traduce en beneficios económicos y ambientales, ya que permite reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

2.2.17. Impacto de los microorganismos eficaces en la calidad del grano

Más allá del rendimiento cuantitativo, la calidad del grano medida en términos de contenido proteico como el peso de 1000 granos y otros parámetros fisicoquímicos, es un aspecto esencial para determinar el valor final del cultivo. La aplicación de microorganismos beneficiosos puede influir positivamente en estos atributos a través de varios mecanismos:

Aumento del contenido proteico: Algunos estudios han evidenciado que las formulaciones bacterianas pueden aumentar el contenido de proteínas en el



grano, mejorando sus propiedades nutricionales y su idoneidad para procesos industriales (Martínez y Núñez, 2019).

Mejoramiento del peso de 1000 granos: La estimulación del crecimiento radicular y la mayor disponibilidad de nutrientes, producto de la acción de los microorganismos, se han asociado con incrementos en el peso de 1000 granos, un indicador clave de la calidad y el potencial comercial del cereal.

Modulación de compuestos secundarios: La producción de hormonas y otros metabolitos por parte de los microorganismos puede regular la biosíntesis de compuestos importantes en el grano, favoreciendo un perfil de calidad que responda a las exigencias del mercado.

Estos efectos combinados sugieren que la aplicación de microorganismos no solo optimiza la cantidad de grano producido, sino que también mejora su calidad, lo que repercute en la eficiencia del procesamiento y en el valor agregado del producto final.

2.2.18. Mecanismos subyacentes de los microorganismos eficaces

La influencia de los microorganismos en el rendimiento y la calidad del grano se fundamentan en una serie de mecanismos integrados:

- Optimización de la nutrición vegetal: La fijación biológica del nitrógeno y la solubilización de minerales son procesos fundamentales para asegurar una nutrición equilibrada. Al incrementar la disponibilidad de nutrientes, se facilita el desarrollo de estructuras vegetales robustas y se potencian los procesos de síntesis de biomoléculas esenciales (Ivanov y Sidorova, 2018).



- Producción de fitohormonas: La síntesis de auxinas, giberelinas y citoquininas por parte de los microorganismos favorece la división y elongación celular, lo que se traduce en un crecimiento más acelerado y en una mejor formación de los órganos reproductivos.
- Inducción de resistencia sistémica: La activación de mecanismos defensivos frente a patógenos y el manejo de estrés abiótico permiten que la planta mantenga una productividad estable, incluso bajo condiciones ambientales adversas.
- Mejora en la eficiencia fotosintética: Un mejor estado nutricional y hormonal puede potenciar la capacidad fotosintética de la planta, aumentando la síntesis de compuestos orgánicos que se destinan al desarrollo del grano.
- La sinergia entre estos mecanismos permite que los microorganismos actúen de forma integral, optimizando tanto el crecimiento vegetativo como los procesos reproductivos que determinan el rendimiento y la calidad final del grano.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio de investigación se realizó en la parcialidad de Jasana Pocsellin, distrito de Taraco, provincia de Huancané, departamento de Puno; en terreno de uso agrícola de 1,008 m² adecuadamente acondicionado para la realización de la tesis. Ubicación geográfica 15° 19' 25.8467'' Sur y 69° 54' 54.9248'' Oeste a 3,812 m.s.n.m. Campaña agrícola 2022-2023.

Figura 1

Ubicación geográfica de la parcela experimental parcialidad Jasana Pocsellin – Taraco



Fuente: Elaboración propio.



3.2. TIPO DE ESTUDIO

La presente tesis se clasifica dentro del tipo de investigación aplicada. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, bajo un diseño experimental.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población bajo estudio estuvo constituida por 1008 m² de área de cultivo de cebada teniendo un promedio de 46875 plantas en la unidad experimental del cultivo de cebada realizado en la parcialidad de Jasana Pocsellin, distrito de Taraco, provincia de Huancané, departamento de Puno, durante el período 2022-2023.

3.3.2. Muestra

La muestra es de tipo no probabilístico, elegida a criterio o por conveniencia; tomando en cuenta 30 unidades experimentales, cada unidad experimental mide 4 m de ancho y 6.25 m de largo sumando un área total de 25 m², logrando distribuir 12 surcos a 30 cm de distancia entre surcos en cada unidad experimental, a fin de evaluar todos los tratamientos aplicados.

3.4. METODOLOGIA

La conducción del experimento se realizó de la siguiente manera:

3.4.1. Ubicación preparación y demarcación del terreno

Se ubicó la parcela de investigación en terreno propio en la parcialidad de Jasana Pocsellin y se procedió las labores de la siguiente manera:



- Preparación del terreno, consistió en el roturado, mullido y surcado de suelo, para ello se utilizó un tractor agrícola.
- Parcelado, teniendo el suelo bien preparado se procedió al trazado de 6 bloques/repeticiones con 5 tratamientos cada uno, haciendo un total de 30 unidades experimentales, el área de investigación total fue de 1,008 m² (24 metros de ancho, 42 metros de largo), cada unidad experimental midió 25 m² (4 metros de ancho y 6.25 metros de largo) con una separación de 0.80 cm entre unidades experimentales, en cada unidad experimental se distribuyeron 12 surcos a 30 cm de distancia entre surcos.
- Surcado, se realizó una por una para la distribución de los bloques, haciendo un total de 30 parcelas (unidades experimentales).
- Siembra, la siembra se realizó en seco, de forma manual, la fecha de siembra fue el 28 de diciembre del 2022, se realizó en forma directa a chorro continuo.
- Control de malezas, se realizó una sola vez en todo el ciclo de cultivo. Esta actividad se realizó en forma manual sin emplear control químico alguno, en los espacios entre las unidades experimentales a los 3 meses después de la siembra, se mantuvo limpio el campo experimental, se eliminó las plantas atípicas como el nabo silvestre (*Brassica nigra*), siendo la maleza con mayor presencia en el campo experimental.
- Cosecha, se realizó en el mes de junio del 2022, fecha en la cual maduró mucho más de prisa, cuando alcanzó la madurez fisiológica se notó el grano lleno, seco y de un color amarillo uniforme, se procedió al corte y a la trilla con el uso de mantas para evitar el desgrane, se evitó cosechar grano con humedad, porque al secarse disminuye el tamaño de grano. Cada



tratamiento fue cosechado de forma separada debidamente identificado, previa a esta labor se evaluó el número de espigas por planta, longitud de espiga, número de granos por espiga, longitud de espiga, peso del grano por espiga, peso hectolítrico, longitud del grano, diámetro del grano y finalmente el rendimiento de grano por tratamiento.

3.4.2. Aplicación de microorganismos eficaces (EM-A)

Se realizaron cuatro aplicaciones de EM-A en diferentes concentraciones (EM-A al 0%, EM-A al 5%, EM-A al 10%, EM-A al 15% y EM-A al 20%). La primera aplicación de estos 5 tratamientos se realizó en la etapa 0 (Germinación), la segunda aplicación se realizó en la etapa 1 (Producción de hojas), la tercera aplicación se realizó en la etapa 3 (Producción de nudos TP) y la cuarta aplicación se realizó en la etapa 6 (Antesis).

El ciclo de cultivo de la cebada se divide en nueve etapas (escala zadoks), durante las cuales la planta muestra cambios en su morfología externa; se tomaron como punto de referencia estos estados, para definir en qué momento se realizaron las dosis de biofertilización con microorganismos eficaces en cuatro oportunidades, como se aprecia en la tabla de estados.

Tabla 1

Aplicación de microorganismos eficaces (EM-A) durante el ciclo del cultivo

Etapa principal	Descripción	Aplicación de EM-A
0	Germinación	Primera aplicación
1	Producción de hojas TP	Segunda aplicación
2	Producción de macollos	
3	Producción de nudos TP	Tercera aplicación
4	Vaina engrosada	
5	Espigado	
6	Antesis	Cuarta aplicación
7	Estado lechoso del grano	
8	Estado pastoso del grano	
9	Madurez	

Fuente: Elaboración propio.

Las dosis a utilizar fueron tomadas en base a las recomendaciones del fabricante (Nishikawa, 2021), las dosis (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) han sido determinadas a fin de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, del mismo modo, concentraciones similares fueron probadas en experimentos para diferentes especies de plantas, en los antecedentes revisados para la elaboración de este proyecto también se han tomado como referencia las dosis propuestas por el fabricante. El uso de dosis mayores, incrementarían excesivamente los costos de producción para el cultivo de cebada y probablemente sus efectos en el cultivo de cebada, no serían significativos estadísticamente.

Las dosis aplicadas en el experimento fueron cinco tratamientos incluido el testigo, con las siguientes concentraciones:

Tabla 2

Concentración de las dosis de microorganismos eficaces EM-A aplicadas al cultivo de cebada

Dosis	Porcentaje de concentración de EM-A
Dosis 1	Sin la aplicación de EM-A 0% (Testigo)
Dosis 2	Concentración al 5% de EM-A
Dosis 3	Concentración al 10% de EM-A
Dosis 4	Concentración al 15% de EM-A
Dosis 5	Concentración al 20% de EM-A

Fuente: Elaboración propio.

El EM-A se aplicó mediante una mochila fumigadora, se realizó la pulverización según el estadio de la planta, las labores culturales se hicieron conforme desarrolló el cultivo hasta la cosecha del grano, la toma de muestras para el registro de datos se realizó de forma manual realizando cortes de las espigas, cada muestra fue etiquetada por tratamiento y posteriormente se efectuó las evaluaciones y mediciones correspondientes.

3.4.3. Evaluación de variables de respuesta

Se evaluaron 10 plantas al azar dentro de cada unidad experimental al finalizar la madurez fisiológica, tomando en cuenta las siguientes:

- a) Variables fenológicas: inicio al espigado: Se calculó el número de días transcurridos desde la siembra, inicio de madurez: Se calculó el número de días transcurridos desde la siembra.
- b) Variables morfológicas y agronómicas: altura de planta: Medida desde la base del tallo hasta el extremo de la arista más alta.



- Diámetro de grano: Medido en la parte más ancha del grano, se midió 10 granos por cada unidad experimental.
 - Longitud de grano: Medido en la parte más larga del grano, se midió 10 granos de cada espiga.
 - Número de granos por espiga: Conteo de granos de una espiga, se realizó en 10 plantas por unidad experimental.
 - Longitud de espiga: Medida desde la base de la espiga hasta el extremo, se midió 10 espigas por unidad experimental
 - Peso del grano por espiga: Peso en gramos de todos los granos de una espiga, se pesó 10 espigas por unidad experimental.
 - Número de espigas por hilera: Se realizó el conteo de espigas por hilera de cada unidad experimental.
 - Peso hectolítrico del grano: Calculado a partir del peso de los granos de cebada por cada unidad experimental. Se utilizó un vaso de precipitados de 250 ml, en la cual se llenó de grano hasta cubrir los 250 ml, verificando que no sobrepase este nivel, luego se procedió a pesar en una balanza de precisión para realizar el cálculo matemático y determinar el peso hectolítrico expresado en kilogramos por hectolitro (Kg/Hl).
- c) Variable de producción
- Rendimiento de grano por hectárea: Se calculó a partir del peso de grano de cada parcela o unidad experimental, cuya área es de 25 m², realizando la correspondiente regla de tres se logró determinar el rendimiento de grano por hectárea.

Para determinar si existen diferencias significativas en las características morfológicas de cebada sometido a diferentes concentraciones de microorganismos eficaces, se realizó un análisis de varianza y su correspondiente prueba de comparación de medias (DUNCAN).

Se realizó un análisis de correlación múltiple de variables estudiadas en el cultivo de cebada, con el propósito de encontrar las relaciones entre estas.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

n : Es el tamaño de la muestra.

x_i, y_i : Son puntos muestrales individuales indexados con i .

\bar{x} : Denota la media muestral definida por

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Análogamente para } \bar{y}.$$

3.4.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño bloque completo al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 6 repeticiones (6 bloques) haciendo un total de 30 unidades experimentales.

Modelo estadístico Lineal Aditivo en el DBCA

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

y_{ij} = Es la variable respuesta de la K -ésima muestra (subunidad) de la j -ésima unidad experimental sujeta al i -ésimo tratamiento.



μ = La media general poblacional o constante común.

τ_i = Es el verdadero efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = Es el verdadero efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Es el efecto verdadero de la j -ésima unidad experimental sujeta al i -ésimo tratamiento

3.4.5. Materiales utilizados para la realización del primer objetivo

- Tractor agrícola
- Semillas de cebada
- Cordones y estacas
- Herramientas de labranza y jardinería
- Microorganismos eficaces EM-1 (Tipo 1)
- Bolsas de plástico
- Bidones
- Vaso de precipitados
- Guantes
- Letreros y etiquetas
- Mochila fumigadora
- Cámara fotográfica
- Software de procesamiento estadístico R

3.4.6. Materiales utilizados para la realización del segundo objetivo

- Tractor agrícola
- Semillas de cebada
- Cordones y estacas
- Microorganismos eficaces EM-1 (Tipo 1)



- Bolsas de plástico
- Tijeras de podar
- Bidones
- Vaso de precipitados
- Herramientas de labranza y jardinería
- Guantes
- Letreros y etiquetas
- Mochila fumigadora
- Bandejas de plástico
- Balanza digital
- Vernier digital
- Contómetro
- Cutter
- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Computadora e impresora
- Software de procesamiento de textos
- Software depara citación bibliográfica
- Software de procesamiento estadístico R

3.4.7. Materiales utilizados para la realización del tercer objetivo

- Tractor agrícola
- Semillas de cebada
- Cordones y estacas
- Microorganismos eficaces EM-1 (Tipo 1)
- Bidones



- Vaso de precipitados
- Herramientas de labranza y jardinería
- Guantes
- Letreros y etiquetas
- Mochila fumigadora
- Bandejas de plástico
- Balanza digital
- Cámara fotográfica
- Computadora e impresora
- Software de procesamiento de textos
- Software depara citación bibliográfica
- Software de procesamiento estadístico R

CAPÍTULO IV

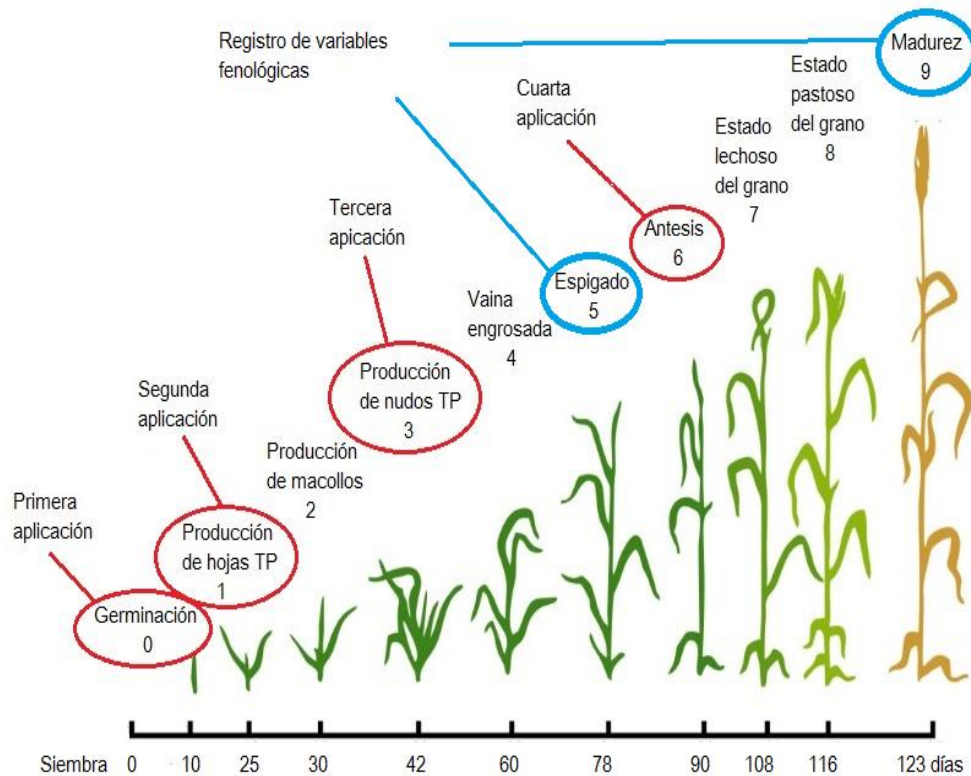
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Dosis óptima de EM en el cultivo de cebada durante la fase fenológica de espigado y madurez de grano

Figura 2

Escala de crecimiento de cebada y las cuatro aplicaciones de EM



Fuente: Elaboración propio.

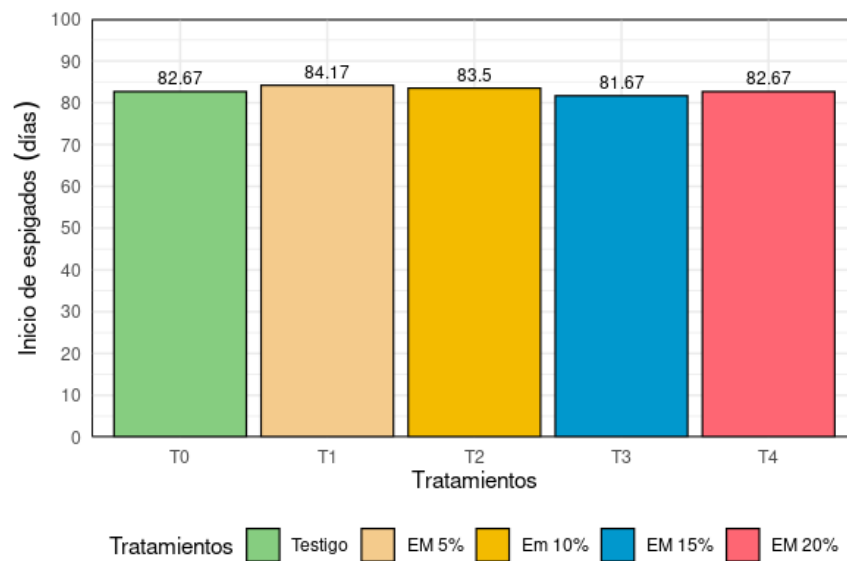
4.1.1.1. Inicio al espigado

Los resultados del análisis de varianza para la variable días al inicio de espigado (Tabla 17, Anexo A) para cinco concentraciones de microorganismos eficaces aplicados a un cultivo de cebada han

determinado que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con una media de 82.93 días y un coeficiente de variación de 2.41%.

Figura 3

Inicio al espigado en días después de la siembra en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



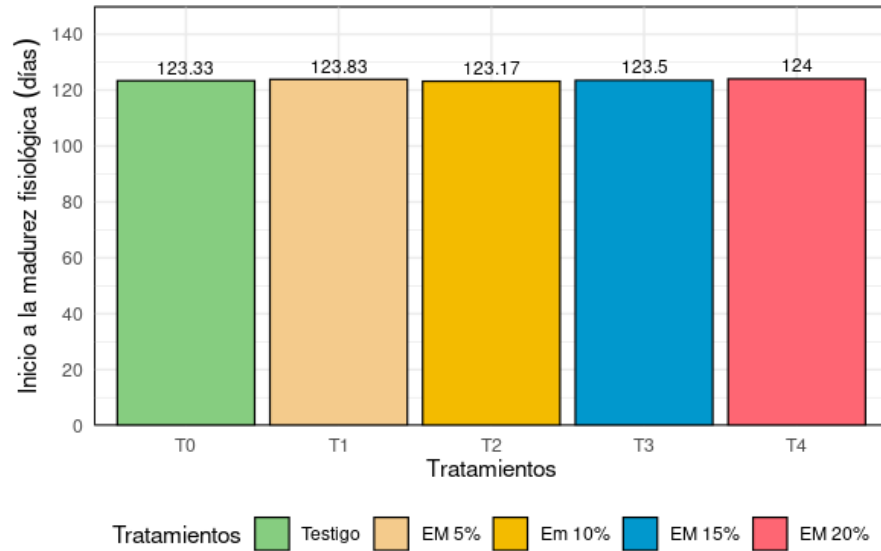
Fuente: Elaboración propio.

4.1.1.2. Inicio a la madurez fisiológica

El análisis de varianza realizado para la variable días al inicio de la madurez para un cultivo de cebada con cinco tratamientos de microorganismos eficaces (Tabla 18, Anexo A) ha determinado que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con una media de 123.57 días y un coeficiente de variación de 2.26%.

Figura 4

*Inicio a la madurez en días después de la siembra en cinco
tratamientos de microorganismos eficaces*



Fuente: Elaboración propio.

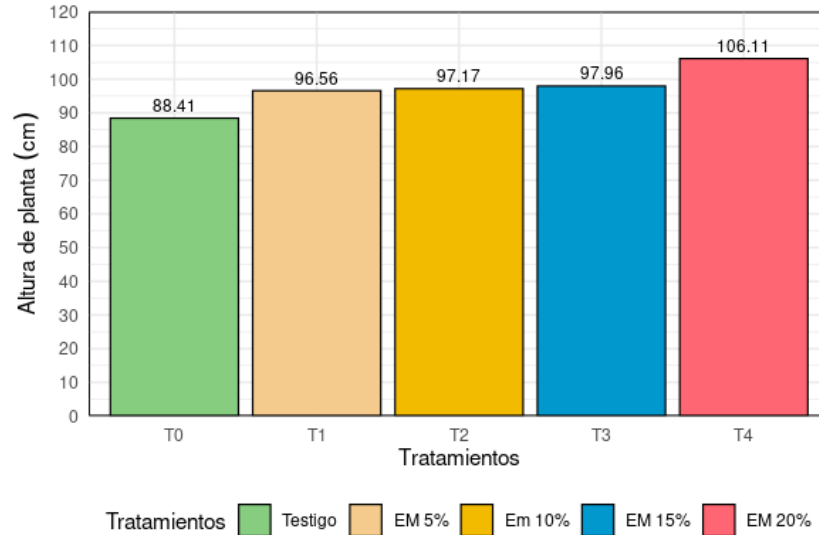
4.1.2. Efecto de los microorganismos eficaces en las características agronómicas y morfológicas

4.1.2.1. Altura de planta

Realizado el análisis de varianza para la variable altura de planta medida en centímetros (Tabla 6, Anexo A), del cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces, se determinó que existen diferencias altamente significativas entre las dosis aplicadas, con una media de 97.24 cm y un coeficiente de variación de 5.18%.

Figura 5

Altura de planta en cm en cinco tratamientos aplicados de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

Realizada la prueba de comprobación de Duncan (Tabla 7, Anexo A) para la variable altura de planta se determinó que el tratamiento T4 alcanzó la mayor altura de planta con 106.11 cm en promedio, siendo superior a los demás tratamientos.

4.1.2.2. Diámetro de grano

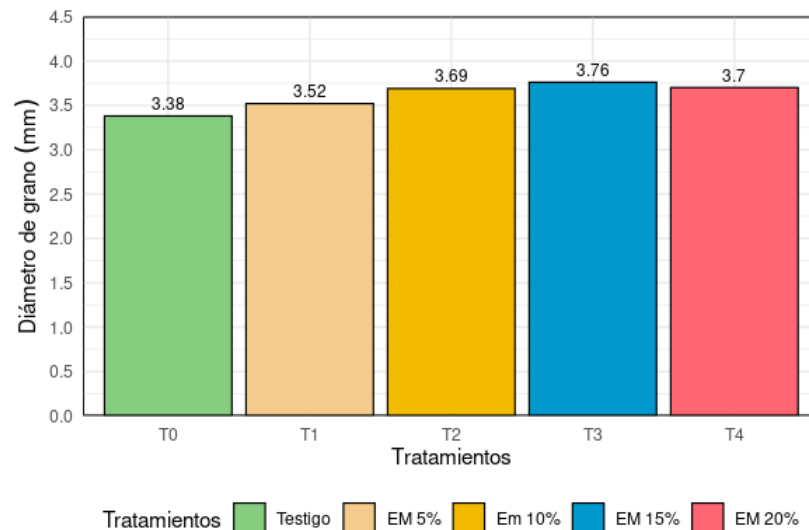
Llevado a cabo el análisis de varianza para la variable diámetro de grano medido en milímetros, (Tabla 8, Anexo A) se ha determinado que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos aplicados, presentando una media de 3.60 mm y una desviación de 2.34%.

Del mismo modo la comprobación de la prueba de Duncan (Tabla 9, Anexo A) para la variable diámetro de grano determinó que los

tratamientos T2, T3 y T4 son similares habiendo alcanzado un valor de 3.76 mm de diámetro en el tratamiento T3.

Figura 6

Diámetro de grano en mm en cinco tratamientos aplicados de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

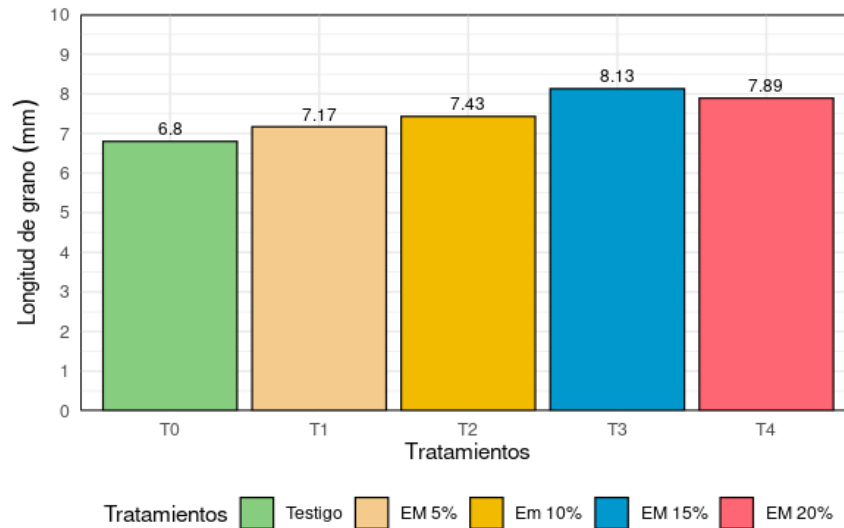
4.1.2.3. Longitud de grano

Los resultados para el análisis de varianza para la variable longitud de grano expresada en milímetros (Tabla 10, Anexo A) dieron como resultado que, si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con una media de 7.48 mm y un coeficiente de variación de 3.35%

Los resultados de la prueba de comparación de Duncan (Tabla 11, Anexo A) para la variable longitud de grano determinaron que los tratamientos T3 y T4 son similares con diferencia significativa del resto, se alcanzó una longitud promedio de 8.13 mm en el tratamiento T3.

Figura 7

Longitud de grano en mm en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

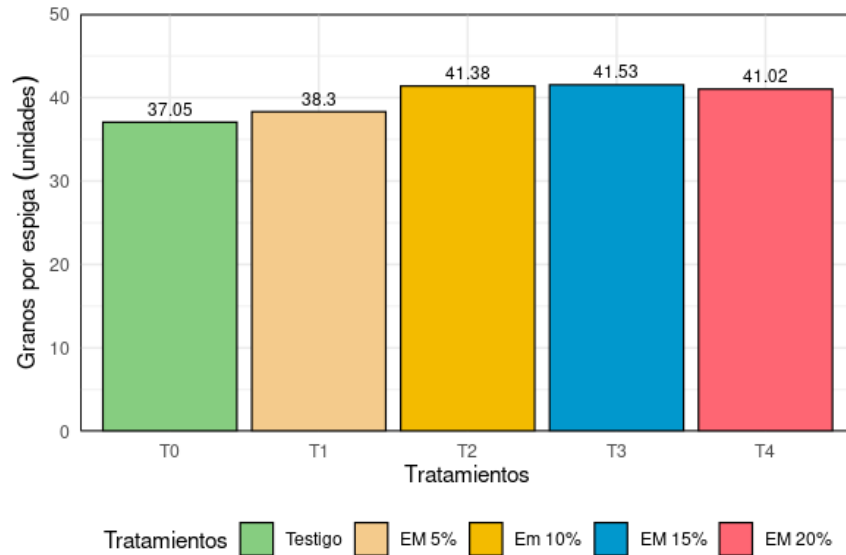
4.1.2.4. Número de granos por espiga

Llevado a cabo el análisis de varianza para la variable número de granos por espiga sometidos a cinco tratamientos con microorganismo eficaces (Tabla 12, Anexo A), se ha determinado que, si existe diferencias significativas para los tratamientos aplicados, con una media de 39.86 granos y una desviación estándar de 4.34%.

Del mismo modo una vez aplicada la prueba de comparación de Duncan (Tabla 13, Anexo A), para la variable número de granos por espiga, se ha determinado que los tratamientos T2, T3 y T4 son similares entre sí, presentando diferencia significativa con el resto; habiendo alcanzado a 41.53 granos por espiga en el tratamiento T3.

Figura 8

Número de granos por espiga en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

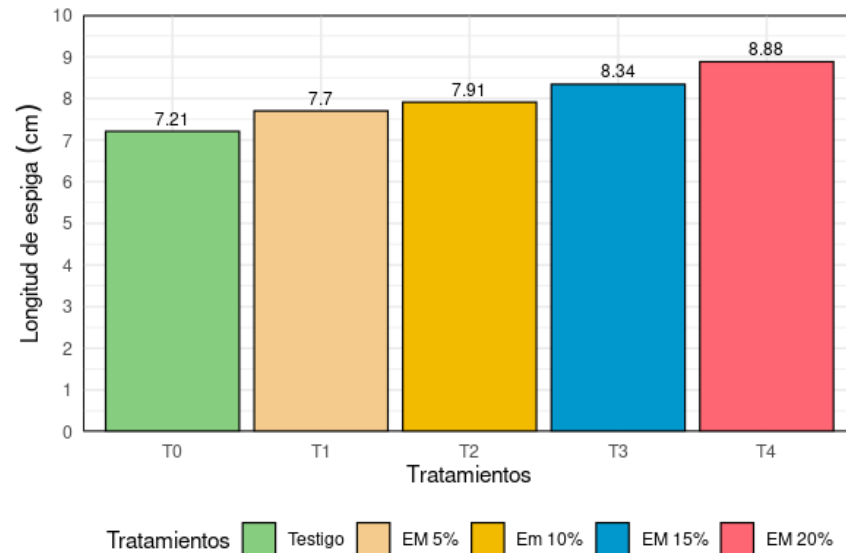
4.1.2.5. Longitud de espiga

Realizado el análisis de varianza para la variable longitud de espiga sometida a cinco tratamientos de microorganismos eficaces (Tabla 14, Anexo A), los resultados han determinado que existe diferencia altamente significativa para los tratamientos aplicados, con una media de 8 cm y un coeficiente de variación de 3.93%.

Realizada la prueba de comprobación de Duncan para la variable longitud de espiga (Tabla 15, Anexo A) se ha determinado que el tratamiento T4 presenta diferencia significativa al resto de tratamientos, habiendo alcanzado una longitud de espiga de 8.88 cm en promedio.

Figura 9

Longitud de espiga en mm en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

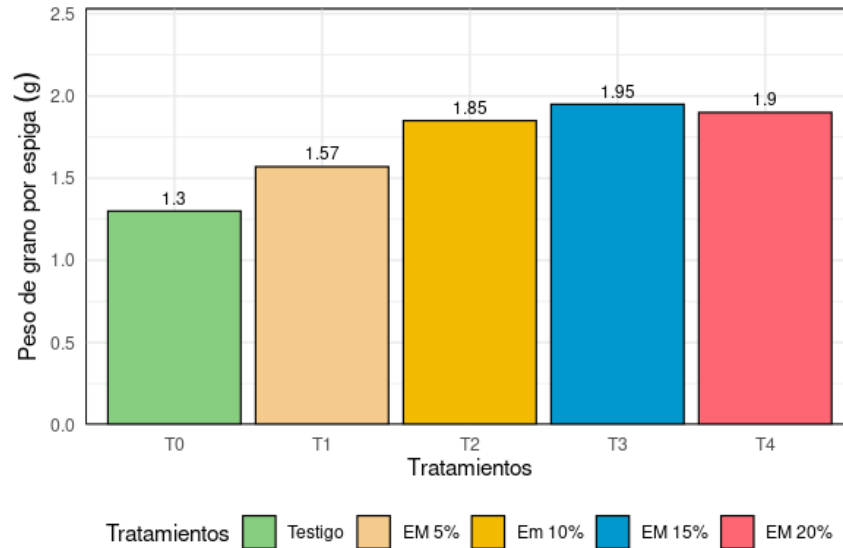
4.1.2.6. Peso de grano por espiga

Los resultados del análisis de varianza para la variable peso de grano por espiga, en un cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces (Tabla 16, Anexo A) ha dado como resultado que, si existen diferencias significativas en los tratamientos aplicados, con una media de 1.72 g y un coeficiente de variación de 8.92%.

Después de realizada la prueba de comprobación de Duncan para la variable peso de grano por espiga (Tabla 17, Anexo A) se ha determinado que existe similitud entre los tratamientos T2, T3 y T4, con diferencia significativa del resto, habiendo alcanzado el peso de 1.95 g en promedio, para el tratamiento T3.

Figura 10

Peso de grano por espiga en gramos en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



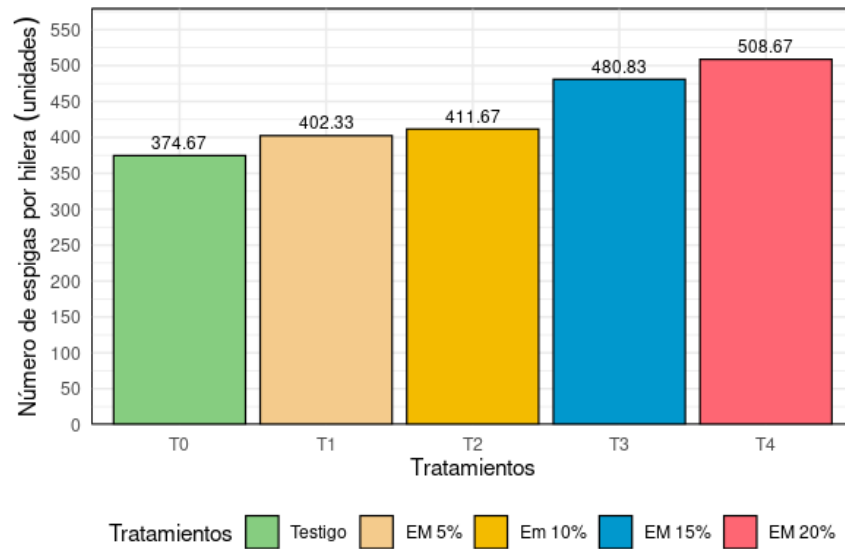
Fuente: Elaboración propio.

4.1.2.7. Número de espigas por hilera

El análisis de varianza efectuado para la variable número de espigas por hilera para un cultivo de cebada sometido a cinco concentraciones de microorganismos eficaces (Tabla 18, Anexo A) ha determinado que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con una media de 435.63 y un coeficiente de variación de 19.92%.

Figura 11

Numero de espigas por hilera en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



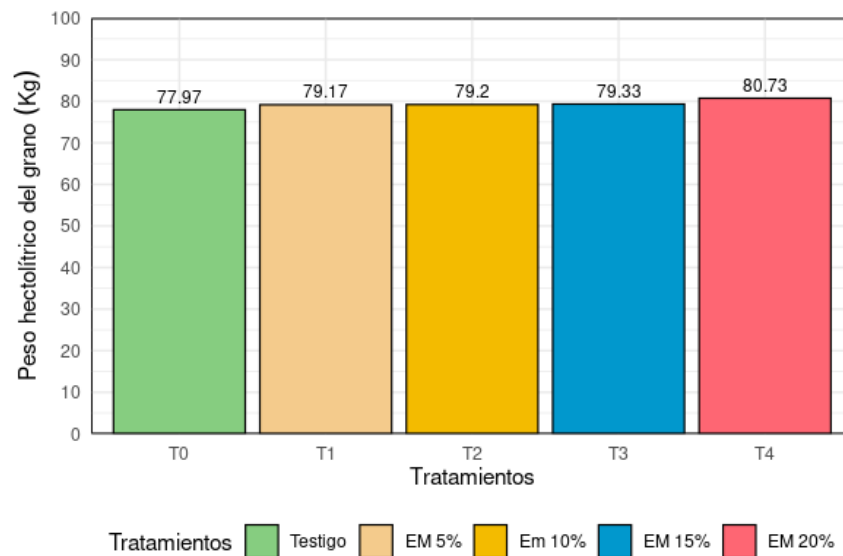
Fuente: Elaboración propio.

4.1.2.8. Peso hectolítrico del grano

Realizado el análisis de varianza para la variable peso hectolítrico del grano de un cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos con microorganismos eficaces (Tabla 19, Anexo A), se ha determinado que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, no teniendo efecto sobre el peso hectolítrico de grano.

Figura 12

Peso hectolítrico en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

4.1.3. Rendimiento de la aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada

4.1.3.1. Rendimiento de grano por hectárea

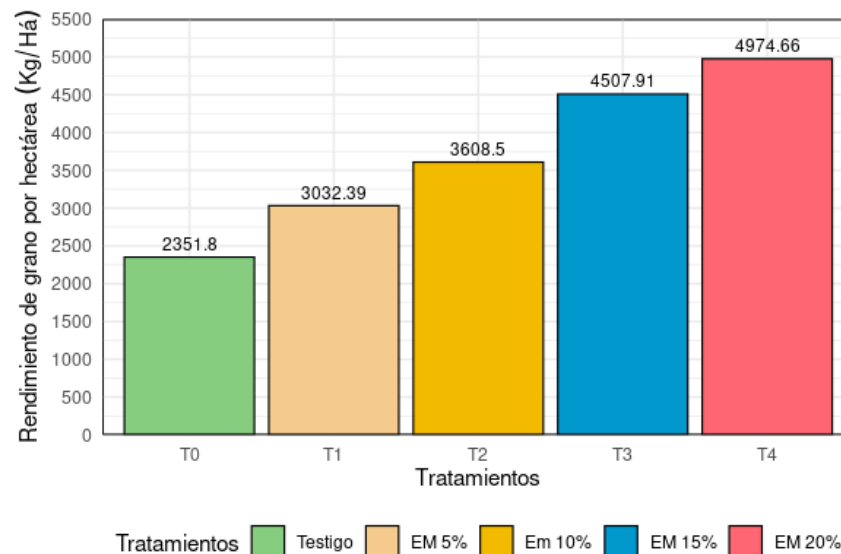
El análisis de varianza realizado para la variable rendimiento de grano por hectárea para un cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos con microorganismos eficaces (Tabla 20, Anexo A) ha dado como resultado que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados con una media de 3,695.05 Kg/Há con un coeficiente de variación de 21.69%.

Después de realizada la prueba de comprobación de Duncan para la variable rendimiento de grano por hectárea (Tabla 21, Anexo A) se ha determinado que los tratamientos T3 y T4 son similares siendo diferentes

significativamente del resto, con un rendimiento promedio de 4,974.66 Kg/Há para el tratamiento T4.

Figura 13

Rendimiento de grano por hectárea en cinco tratamientos de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

4.1.3.2. Correlación de Pearson

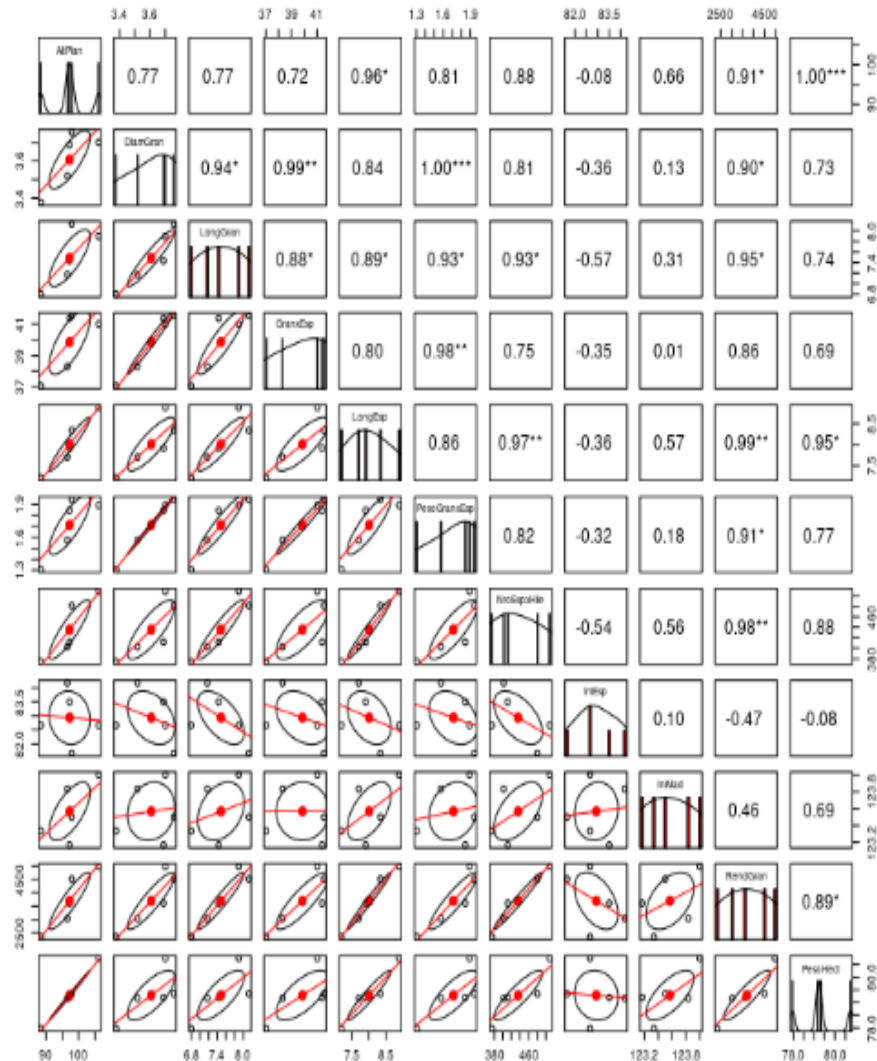
Realizada la correlación múltiple de las variables de respuesta (Figura 13), para los cinco tratamientos aplicados a un cultivo de cebada, se encontró que existe una alta correlación positiva de 0.96 entre la variable altura de planta y longitud de espiga, una alta correlación positiva de 0.91 entre altura de planta y rendimiento de grano por hectárea, alta correlación positiva de 1 entre altura de planta y peso hectolítrico del grano, alta correlación positiva entre de 0.94 entre diámetro de grano y longitud de grano, alta correlación positiva de 0.99 entre diámetro de grano y granos por espiga, alta correlación positiva de 1 entre diámetro de grano y peso de grano por espiga, alta correlación positiva de 0.90 entre diámetro



de grano y rendimiento de grano por hectárea, alta correlación positiva de 0.88 entre longitud de grano y número de granos por espiga, alta correlación positiva de 0.89 entre longitud de grano y longitud de espiga, alta correlación positiva de 0.93 entre longitud de grano y peso de grano por espiga, alta correlación positiva de 0.93 entre longitud de grano y número de espigas por hilera, alta correlación positiva de 0.95 entre longitud de grano y rendimiento de grano por hectárea, alta correlación positiva de 0.98 entre número de granos por espiga y peso de grano por espiga, existe una alta correlación positiva de 0.97 entre longitud de espiga y número de espigas por hilera, una alta correlación positiva de 0.99 entre longitud de espiga y rendimiento de grano por hectárea, una alta correlación positiva de 0.95 entre longitud de espiga y peso hectolítrico del grano, una alta correlación positiva de 0.91 entre peso de grano por espiga y rendimiento de grano por hectárea, una alta correlación positiva de 0.98 entre número de espigas por hilera y rendimiento de grano por hectárea y por último una alta correlación positiva de 0.89 entre rendimiento de grano por hectárea y peso hectolítrico del grano.

Figura 14

Diagrama de correlación de Pearson de variables de respuesta de cultivo de cebada con cinco tratamientos de microorganismos eficaces



Fuente: Elaboración propio.

4.2. DISCUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos para la variable inicio al espigado se tiene que, el estudio de selección de una línea promisorio de cebada (Guartazaca y Polo, 2015) determinaron que el número de días al espigamiento fue de 86.1 días con un coeficiente de variación de 4.02%, valor cercano al determinado en el presente estudio, sin embargo



no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, del mismo modo (Orrala, 2020) al evaluar 120 líneas de cebada determinó los días al inicio de espigado con 86.1 días al inicio de espigado, sosteniendo que fue debido a factores ambientales; así mismo (Verástegui, 2017) asevera que no existen diferencias significativas en los días al inicio de espigado entre líneas siendo el espigado muy homogéneo dentro de cada tratamiento habiendo registrado un valor de 91 días para el tratamiento 6; corroborando que no hay diferencias significativas para los días al inicio de espigado coincidiendo de esta manera con los valores encontrados en la presente investigación.

Respecto a los resultados obtenidos para la variable altura de planta se tiene que, los valores máximos para el promedio de altura alcanzada se asemejan a los mencionados en (Tuniri, 2018), que estudiaron el comportamiento productivo de la cebada con aplicaciones de biol que lograron una altura de 114 cm. Con un tratamiento de 50% de biol, que resultan muy superiores a los valores de altura mencionados en (García et al., 2017), que analizaron el crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje habiendo alcanzado una altura de 88.82 cm, (Roque, 2010) evaluó en su etapa final el crecimiento de líneas y variedades de cebada centenario 2, alcanzando una altura de 91.21 cm; valores muy inferiores fueron reportados por (Escobar, 2013) en su estudio de parámetros de rendimiento de líneas de cebada, habiendo alcanzado una altura máxima de 91.21 cm, del mismo modo (Carrillo y Minga, 2021) reportaron una altura máxima de 58.4 cm en 16 accesiones de cebada maltera, lo cual corrobora el beneficio al aplicar microorganismos eficaces para favorecer el desarrollo de un cultivo de cebada.

Respecto al número de granos por espiga, (Escobar, 2013) determinó que la variedad centenario 2 tiene 26.67 granos por espiga, en su estudio de evaluación de parámetros de rendimiento de cultivares y líneas de cebada; valor que se encuentra por debajo al encontrado en el presente estudio. Del mismo modo (Tola, 2017) determinó que



la variedad Roelfs 2007 produjo hasta 24 granos por espiga evaluando el comportamiento de 12 variedades de trigo. Sin embargo en el análisis de conglomerados (Orrala, 2020) estimó un promedio general de 16.13 granos por espiga, el cual se vio afectado severamente por factores ambientales como las altas temperaturas, siendo inferior a lo encontrado en el presente estudio, probablemente influenciado por la variedad y no por los tratamientos aplicados.

Respecto a los resultados de la variable longitud de espiga, valores de 10.5 cm fueron reportados por (Carrillo y Minga, 2021) en su estudio caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera, que pertenece al material 21K16-1193 sobrepasando la longitud de espiga obtenida. Por el contrario, Verástegui (2017) determinó que no existen diferencias estadísticas para la longitud de espiga, siendo el valor promedio de 6.3 cm. Estudiando componentes de rendimiento en líneas avanzadas de cebada. Sin embargo en el análisis de conglomerados (Orrala, 2020) estimó un promedio general de 8.16 cm mencionando que pueden estar relacionado directamente a la fertilización o influenciado por factores ambientales; siendo un valor muy próximo al encontrado en el presente estudio de investigación, pudiendo ser influenciada por la variedad utilizada.

Respecto a los resultados para peso hectolítrico del grano se tiene que, (Roque, 2010) observó que estadísticamente no hubo diferencia entre los tratamientos aplicados de NPK, lo que corrobora que ninguna de las dosis aplicadas superó al testigo.

Respecto a los resultados para la variable rendimiento de grano por hectárea, se tiene que, En el estudio de (Curilucas, 2019) sobre el efecto de biol de orina humana y microorganismos eficaces en cultivo de cebada, determinó que el mejor rendimiento de 4,962.5 Kg/há se logró con el tratamiento T3 (biol y EM 6.75 lt), valor muy similar al obtenido en T4 con 20% de EM-A corroborando el efecto positivo de la aplicación de



microorganismos eficaces; del mismo modo (Cajamarca y Montenegro, 2015) evaluaron 13 líneas de cebada de grano descubierto mencionando que lograron un rendimiento de 3,142 Kg/há con la L3 del mismo modo (Escobar, 2013) estudió los parámetros de rendimiento de cultivares y línea de cebada determinando un rendimiento de 3,797.53 Kg/há para la variedad centenario; valores inferiores próximos a los obtenidos. Otros valores muy inferiores fueron obtenidos por (Orrala, 2020) de 2,000 Kg/há evaluando 120 líneas de cebada promisorias; del mismo modo (Guartazaca y Polo, 2015) determinaron un valor de 2,562.5 Kg/há con diferencia significativa entre las líneas de cebada estudiadas.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determinó que no existe efecto alguno de las dosis aplicadas de microorganismos eficaces sobre el ciclo fenológico del cultivo de cebada, es decir no existe ningún aceleramiento en el espigado, maduración del grano, por lo tanto, no existe una dosis óptima de microorganismos eficaces al no encontrarse diferencias significativas en los tratamientos aplicados al cultivo.

SEGUNDA: Se evaluó, tiene un efecto altamente significativo sobre el resultado de las variables morfológicas tales como altura de planta, diámetro de grano, longitud de grano, longitud de espiga; así mismo sobre las variables agronómicas como el número de granos por espiga, peso de grano por espiga y el rendimiento de grano por hectárea, resultando favorable la aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada utilizando concentraciones de dosis mayores o iguales al 15% de microorganismos eficaces.

TERCERA: Se determinó que la aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada, tiene un gran impacto sobre el rendimiento de grano, ya que favorece el incremento del diámetro de grano, la longitud de grano, el número de granos por espiga, que inciden a la vez sobre el peso de grano y por consiguiente sobre el rendimiento de grano por hectárea, siendo más favorable a partir del 15% de concentración de dosis de microorganismos eficaces.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda realizar estudios de aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de cebada en dosis superiores al 10% de concentración, sobre varias variedades de posible aprovechamiento en la región andina.
- SEGUNDA:** Se recomienda realizar experimentos con las mejores dosis de microorganismos eficaces en parcelas más grandes de cultivo de cebada, para comprobar los resultados acerca del rendimiento en Kg/ha, tamaño de grano alcanzado y peso de grano, que permitan mejorar los índices de producción del cultivo, beneficiando económicamente a los productores.
- TERCERA:** También se recomienda realizar investigaciones sobre la aplicación de microorganismos eficaces y el beneficio en el incremento de biomasa en el cultivo de cebada para uso forrajero, con la finalidad de mejorar la disponibilidad de recursos para la alimentación animal.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cajamarca, B., y Montenegro, 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 Ecuatoriana (Tesis Ingeniero Agrónomo). Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca. Recuperado a partir de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS%20CEBAD A.pdf>
- Carrillo, F., y Minga, F. (2021). Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi. *Polo del Conocimiento*, 6(1), 637-655. doi:10.23857/pc.v6i1.2169
- Cruz, C., Zelaya, L., De Los Santos, S., Rojas, E., Chávez, I., y Ruiz, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos, 12(5), 15. Recuperado a partir de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n5/2007-0934-remexca-12-05-899.pdf>
- Curilucas, F. (2019). Efecto del biol elaborado a base de orina humana y microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones ambientales de Acobamba-Huancavelica. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado a partir de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2845/TESIS-2019-AGRONOMIA-CURI%20LUCAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escobar, B. (2013). Evaluación de parámetros de rendimiento de cultivares y líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Paucará-Acobamba-Huancavelica (Tesis Ingeniero Agrónomo). Acobamba-Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado a partir de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/141/TP%20-%20UNH%20AGRON.%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, C., A., Ortega, M., López, C., Bárcena, R., Zaragoza, J., y Aranda, G. (2017). Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional



- de Cuyo, 49(2), 79-92. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Recuperado a partir de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1853-86652017000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- García, G. (2012). Desarrollo fenológico en trigo y cebada Principales etapas y generación de hojas, espiguillas y flores. Paysandú- EEMAC-Udela R. Recuperado a partir de http://www.metrice.udl.cat/es/misc/curso_paysandu/2.%20Ciclo%20ontog%E9nico%20G%20Garcia.pdf
- González, A., y Pérez, M. (2018). Efecto de EM y compost en el cultivo de trigo: rendimiento y calidad del grano. Revista Agronómica, 12(3), 56.
- Guartazaca, G., y Polo, I. (2015). Selección de una línea promisorio de cebada (*Hordeum vulgare* L.) fortificada, de grano descubierto y bajo contenido de fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur Ecuatoriana (Ingeniero Agrónomo). Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Herrera, F. (2020). Manejo del estrés salino mediante la aplicación de EM y nitrógeno en cultivos hortícolas. Estudios en Fitotecnia, 7(4), 98.
- Hoffman, E., Fassana, N., Akerman, A., y Meneses, L. (2017). Caracterización de cultivares de trigo 2017., 37. Recuperado a partir de http://www.eemac.edu.uy/images/Cultivos_invierno/Trigo/Informe-Characterización -Trigo-2016.pdf
- Ivanov, K., y Sidorova, T. (2018). Biofertilizantes en la cebada de primavera: evidencias de mejora en el rendimiento en el norte de Kazajistán. Agronomía Internacional, 10, 139.
- Loayza, R. (2014). Comportamiento agronómico y calidad comercial de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo condiciones de valle costero. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Arequipa - Perú: Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa. Recuperado a partir de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4128/AGlofarr055.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- López, R., y Vega, E. (2021). Nano-fertilizantes y bacterias promotoras del crecimiento en suelos salinos: aplicación en cebada. *Journal of Soil Science*, 9(3), 85.
- Madariaga, P. (2020). Características de la par Interceptada por el cultivo, NDVI y caracteres agronómicos en cultivares de Trigo Invernal liberados en Chile desde 1966 a 2020. Recuperado a partir de <http://dspace.utralca.cl/bitstream/1950/12523/3/2020A000251.pdf>
- Manangón, P. (2014). Evaluación de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 m.s.n.m. Juan Montalvo-Cayambe-2012. (Tesis de grado). Quito-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Recuperado a partir de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6717/1/UPS-YT00040.pdf>
- Martínez, G., y Núñez, A. (2019). Impacto de formulaciones bacterianas en el contenido proteico y rendimiento del grano de cebada de primavera. *Investigación Agrícola*, 11, 121.
- Mendoza, G., y Ricalde, R. (2016). Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Metropolitana, 278. Recuperado a partir de <https://casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Bovinos.pdf>
- Moreno, I., Ramírez, A., Plana, R., y Iglesias, L. (2001). El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en Cuba. 2001, 22, 67. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>
- Nishikawa, T. (2021). Guía de la Tecnología de EM, 36. Recuperado a partir de <http://www.infoagro.go.cr/Info regiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletín%20Tecnología%20EM.pdf>
- Orrala, Kl. (2020). Valoración agronómica de 120 líneas promisoras de cebada cervecera en el azúcar – Santa Elena (bachelorThesis). La Libertad: La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020. Recuperado a partir de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5402>
- Pardo, S., Mazo, D., y Rojas, D. (2020). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: filigenia, microbiom y perspectivas. Corporación Colombiana de Investigación



- Agropecuaria, 32. Recuperado a partir de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36978/Ver_Documento_36978.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Ramírez, J. (2017). Control de patógenos en trigo y cebada mediante bacterias beneficiosas. *Revista de Protección Vegetal*, 6(2), 53.
- Rodríguez, L., y Castro, F. (2017). Efectos de las rizobacterias promotoras del crecimiento en la tolerancia a la sequía en cereales. *Ciencia del Suelo*, 8(2), 75.
- Roque, S. (2010). Calidad de semilla de cebada forrajera imberbe bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado a partir de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1452/CALIDAD%20DE%20SEMILLA%20DE%20CEBADA%20FORRAJERA%20IMBERBE%20BAJO%20DIFERENTES%20DOSIS%20DE%20FERTILIZACI%C3%93N%20NITROGENADA.pdf?sequence=1>
- Sánchez, P., y Rojas, D. (2016). Bioplaguicidas: uso de bacterias eficaces para el control de la pudrición radicular en cultivos de cereal. *Revista de Biotecnología Agrícola*, 5(1), 43.
- Sucapuca, L. (2021). Trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.) y microorganismos eficaces (EM) en la producción de forraje en épocas de inviernos en el CIP ILLPA-FCA-UNA-PUNO-2018. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado a partir de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15562/Sucapuca_Lipa_Lina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tola, C. (2017). Evaluación del comportamiento agronómico de doce variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) en el municipio de Conbaya de la provincia de Larecaja del departamento de la Paz. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Las Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado a partir de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13128/T-2404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, A. (2023). Evaluación de MOBS aplicados al cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.) para determinar su efectividad en el crecimiento



Ingeniería en Biotecnología (Tesis Ingeniero en Biotecnología en Recursos Naturales). Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado a partir de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24954/4/UPS-CT010557.pdf>

Tumiri, E. (2018). Comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos cortes con riego por aspersión con la aplicación de biol bovino en estación experimental (Tesis Ingeniero Agrónomo). La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado a partir de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/18565/T-2582.pdf?sequence=1>

Verástegui, C. (2017). Componentes de rendimiento en comparativo de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) CIMMYT en condiciones de común Era-Acobamba. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Acobamba -Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado a partir de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2451/TESIS-2017-AGRONOM%C3%8DA-VER%C3%81STEGUI%20MART%C3%8DNEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1. Resultado análisis estadístico de las variables de respuesta

Tabla 3

Matriz de datos

Código	Bloques	Tratamientos	Altura de planta	Diámetro de grano	Longitud de grano	Granos por espiga	Longitud de espiga	Peso de granos por espiga	Número de espigas por	Inicio al espigado	Inicio a la madurez	Rendimiento de grano	Peso hectolítrico
B1T0	1	T0	78.04	3.42	6.78	37.2	7.26	1.32	470	82	123	2984.69	74.8
B1T1	1	T1	87.23	3.6	7.11	37.5	7.51	1.57	470	84	120	3530.64	81.6
B1T2	1	T2	91.39	3.68	7.08	41.6	7.97	1.83	376	81	121	3297.37	81.2
B1T3	1	T3	94.17	3.67	7.89	43.5	8.21	2.11	520	80	122	5254.08	81.2
B1T4	1	T4	108.31	3.93	7.92	41.5	8.94	1.63	420	80	126	3280.03	80.4
B2T0	2	T0	88.31	3.38	6.91	37.2	7.03	1.28	320	82	125	1961.47	78.8
B2T1	2	T1	96.78	3.53	6.86	37.8	7.85	1.57	410	85	126	3081.89	77.6
B2T2	2	T2	92.29	3.62	7.76	39.9	7.78	1.74	500	86	122	4178.4	78.8
B2T3	2	T3	86.53	3.78	8.07	41.1	8.51	1.95	425	83	127	3967.8	80.8
B2T4	2	T4	96.72	3.71	8.18	41.6	9.03	2.02	520	80	119	5049.41	79.2
B3T0	3	T0	89.09	3.36	7.07	38.8	7.51	1.36	360	82	121	2343.17	79
B3T1	3	T1	98.35	3.6	7.02	38.3	8.02	1.59	224	83	121	1707.42	80
B3T2	3	T2	104.33	3.68	7.3	44	8.12	1.95	232	84	123	2173.75	78.4
B3T3	3	T3	93.74	3.64	8.22	43.7	8.03	2.06	500	81	120	4946.4	79.2
B3T4	3	T4	112.39	3.67	7.44	41.8	8.24	2.11	523	80	126	5306.99	82.8
B4T0	4	T0	94.02	3.49	6.85	35.6	7.19	1.25	235	84	128	1408.87	77.6
B4T1	4	T1	100.59	3.5	7.43	38.3	7.65	1.56	370	86	128	2775.89	77.6
B4T2	4	T2	101.78	3.74	7.47	39.5	7.67	1.78	512	86	125	4364.7	77.2
B4T3	4	T3	105.02	3.85	8.18	44.1	8.57	2.06	500	82	128	4953.6	76.4
B4T4	4	T4	109.52	3.69	8.08	43.4	8.81	2.2	547	86	127	5771.07	82
B5T0	5	T0	92.2	3.41	6.71	37.5	7.31	1.3	500	82	119	3124.8	79.2
B5T1	5	T1	101.03	3.43	7.19	40	7.81	1.63	390	86	120	3051.36	79
B5T2	5	T2	91.26	3.73	7.98	45	8.35	2.04	350	84	120	3427.2	80.8
B5T3	5	T3	104.15	3.8	8.34	38.9	8.2	1.76	440	80	124	3725.57	77.2
B5T4	5	T4	110.54	3.65	7.85	40.4	8.74	1.99	526	84	123	5021.83	79.6
B6T0	6	T0	88.82	3.2	6.48	36	6.95	1.31	363	84	124	2287.77	78.4
B6T1	6	T1	95.39	3.45	7.4	37.9	7.38	1.53	550	81	128	4047.12	79.2
B6T2	6	T2	101.98	3.68	7.02	38.3	7.59	1.75	500	80	128	4209.6	78.8
B6T3	6	T3	104.12	3.79	8.06	37.9	8.52	1.75	500	84	120	4200	81.2

B6T4	6	T4	99.18	3.55	7.9	37.4	9.53	1.42	516	86	123	5418.6	80.4
------	---	----	-------	------	-----	------	------	------	-----	----	-----	--------	------

Tabla 4

Análisis de varianza para inicio al espigado en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	34.267	6.853	1.712	0.178	ns
Tratamientos	4	21.533	5.383	1.345	0.288	ns
Residuo	20	80.067	4.003			
		Media= 82.93	C.V.= 2.41			

Tabla 5

Análisis de varianza para inicio a la madurez en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	115.767	23.153	2.954	0.037	*
Tratamientos	4	2.867	0.717	0.091	0.984	ns
Residuo	20	156.733	7.837			
		Media= 123.57	C.V.= 2.26			

Tabla 6

Análisis de varianza para altura de planta de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	462.767	92.553	3.647	0.017	*
Tratamientos	4	945.378	236.344	9.312	0.000	**
Residuo	20	507.594	25.380			
		Media= 97.24	C.V.= 5.18			

Tabla 7

Comparación de medias DUNCAN para altura de planta cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023

Tratamientos	Altura de planta	Desviación estándar	r	Error estándar	Mínimo	Máximo	Sig.
T0	88.41	5.55	6	2.27	78.04	94.02	c
T1	96.56	5.06	6	2.06	87.23	101.03	b
T2	97.17	6.13	6	2.5	91.26	104.33	b
T3	97.96	7.6	6	3.1	86.53	105.02	b
T4	106.11	6.51	6	2.66	96.72	112.39	a

Tabla 8

Análisis de varianza para diámetro de grano de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	0.053	0.011	1.500	0.234	ns
Tratamientos	4	0.588	0.147	20.722	0.000	**
Residuo	20	0.142	0.007			

Media= 3.60

C.V.= 2.34

Tabla 9

Comparación de medias DUNCAN para diámetro de grano cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023

Tratamientos	Diámetro de grano	Desviación estándar	r	Error estándar	Mínimo	Máximo	Sig.
T0	3.38	0.1	6	0.04	3.2	3.49	c
T1	3.52	0.07	6	0.03	3.43	3.6	b
T2	3.69	0.04	6	0.02	3.62	3.74	a
T3	3.76	0.08	6	0.03	3.64	3.85	a
T4	3.7	0.13	6	0.05	3.55	3.93	a

Tabla 10

Análisis de varianza para longitud de grano de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	0.352	0.070	1.121	0.381	ns
Tratamientos	4	6.911	1.728	27.519	0.000	**
Residuo	20	1.256	0.063			

Media= 7.48

C.V.= 3.35

Tabla 11

Comparación de medias DUNCAN para longitud de grano cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023

Tratamientos	Longitud de grano	Desviación estándar	r	Error estándar	Mínimo	Máximo	Sig.
T0	6.8	0.2	6	0.08	6.48	7.07	c
T1	7.17	0.22	6	0.09	6.86	7.43	b
T2	7.43	0.38	6	0.15	7.02	7.98	b
T3	8.13	0.16	6	0.06	7.89	8.34	a
T4	7.89	0.26	6	0.1	7.44	8.18	a

Tabla 12

Análisis de varianza para granos por espiga de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	41.646	8.329	2.784	0.046	*
Tratamientos	4	100.729	25.182	8.417	0.000	**
Residuo	20	59.839	2.992			

Media= 39.86

C.V.= 4.34

Tabla 16

Análisis de varianza para peso de grano por espiga de cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	0.204	0.041	1.743	0.171	ns
Tratamientos	4	1.762	0.441	18.836	0.000	**
Residuo	20	0.468	0.023			
		Media= 1.72		C.V.= 8.92		

Tabla 17

Comparación de medias DUNCAN para peso de grano por espiga en cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023

Tratamientos	Peso de grano x espiga	Desviación estándar	r	Error estándar	Mínimo	Máximo	Sig.
T0	1.3	0.04	6	0.02	1.25	1.36	c
T1	1.57	0.03	6	0.01	1.53	1.63	b
T2	1.85	0.12	6	0.05	1.74	2.04	a
T3	1.95	0.16	6	0.06	1.75	2.11	a
T4	1.9	0.3	6	0.12	1.42	2.2	a

Tabla 18

Análisis de varianza para número de espigas por hilera en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	36998.967	7399.793	0.983	0.452	ns
Tratamientos	4	76662.800	19165.700	2.546	0.071	Ns
Residuo	20	150555.200	7527.760			
		Media= 435.63		C.V.= 19.92		

Tabla 19

Análisis de varianza para peso hectolítrico del grano en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	10.512	2.102	0.722	0.615	Ns
Tratamientos	4	23.155	5.789	1.989	0.135	Ns
Residuo	20	58.221	2.911			
Media= 79.28			C.V.= 2.15			

Tabla 20

Análisis de varianza para rendimiento de grano por hectárea en cultivo de cebada sometido a cinco tratamientos de microorganismos eficaces. Jasana Pocsellin - Taraco 2023

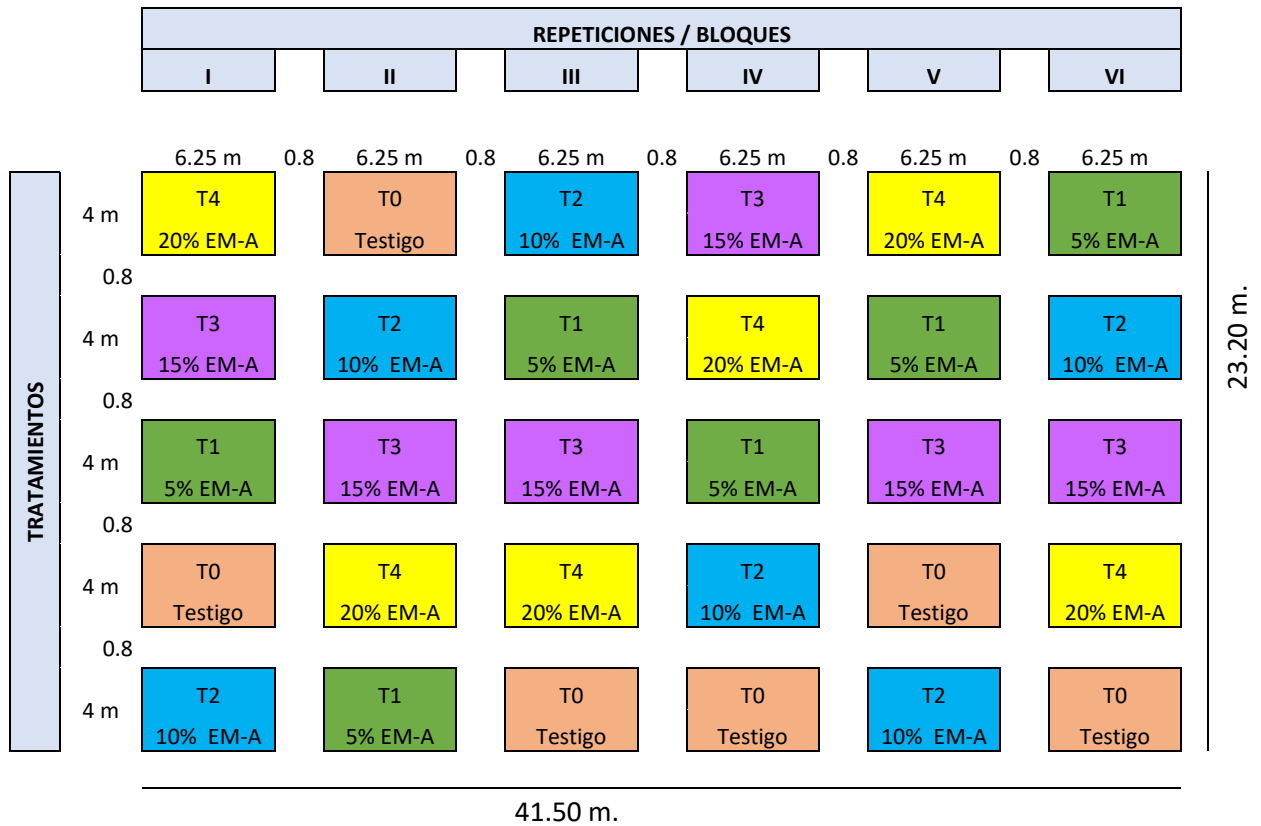
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Pr(>F)	Sig.
Bloques	5	1512984.420	302596.884	0.471	0.793	ns
Tratamientos	4	27294447.840	6823611.960	10.623	0.000	**
Residuo	20	12846590.059	642329.503			
Media= 3695.05			C.V.= 21.69			

Tabla 21

Comparación de medias DUNCAN para rendimiento de grano por hectárea en cultivo de cebada. Jasana Pocsellin – Taraco 2023

Tratamientos	Rendimiento de grano/Ha	Desviación estándar	r	Error estándar	Mínimo	Máximo	Sig.
T0	2351.8	639.33	6	261.01	1408.87	3124.8	d
T1	3032.39	787.66	6	321.56	1707.42	4047.12	cd
T2	3608.5	830.2	6	338.93	2173.75	4364.7	bc
T3	4507.91	623.9	6	254.71	3725.57	5254.08	ab
T4	4974.66	874.23	6	356.9	3280.03	5771.07	a

Anexo 2. Croquis de distribución de unidades experimentales



Anexo 3. Panel fotográfico

	<p>Preparación del área experimental, Jasana Pocsellin – Taraco.</p>
	<p>División del terreno en unidades experimentales.</p>
	<p>Unidades experimentales emergidas.</p>



Cultivo de
cebada en
crecimiento
inicial.



Preparación de
dosis de
microorganismos
eficaces EM1.



Aplicación de
primera dosis de
microorganismos
eficaces EM1.

	<p>Identificación de las unidades experimentales.</p>
	<p>Unidad experimental con su respectivo letrero de identificación.</p>
	<p>Aplicación de la tercera dosis de micro organismos eficaces EM1.</p>



Desarrollo de espigas en las unidades experimentales.



Aplicación de la cuarta dosis de micro organismos eficaces EM1.



Desarrollo del cultivo de cebada.



Unidades
experimentales de
cultivo de cebada
parcialidad Jasana
Pocsellin – Taraco.



Cultivo de cebada en
proceso de
formación de grano.



Cultivo de cebada en
madurez fisiológica.



Cosecha de unidades experimentales de cultivo de cebada.



Unidad experimental cosechada.



Trillado de unidad experimental cultivo de cebada.



Venteo del grano de
cebada de cada
unidad
experimental.



Grano de cebada
limpiado y
cosechado.



Anexo 4. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EDWIN QUECARRA CARI
identificado con DNI 70144001 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGRONOMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN CULTIVO
DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) PARA PRODUCCION
DE GRANO, TARAPO - PUNO "

Es un tema original.

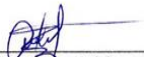
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de AGOSTO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 5. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EDWIN QUEVEDO CARI
identificado con DNI 70444001 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN CULTIVO DE CEIBADA (Hordeum vulgare L.) PARA PRODUCCIÓN DE CRANO, TARAPO - PUNO"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de AGOSTO del 2025


FIRMA (obligatoria)



Huella