

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL
CULTIVO DE CEBADA MORONERA (*Hordeum vulgare* L.)
EN CONDICIONES DE K'AYRA - SAN JERONIMO- CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. ROXANA ULLILEN ORCCOSUPA

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGRÓNOMO.**

ASESOR:

**Mgt. LUIS JUSTINO LIZARRAGA
VALENCIA**

CUSCO-PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Efecto de Microorganismos Eficientes en el Cultivo de Cebada Moronera (Hordeum Vulgare L.) En Condiciones de K'ayra - San Jeronimo - Cusco.

Presentado por: Roxana ULLilen Orcosopa DNI N° 71077148

presentado por: — DNI N°: —

Para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Agronomo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 2 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 03 de Junio de 2025



Firma

Post firma Luis Justino Lizarraga Valencia

Nro. de DNI 23902170

ORCID del Asesor 0000-0001-5600-7998

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:464166219

TESIS ROXANA ULLILEN URCCOSUPA.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:464166219

88 Páginas

Fecha de entrega

2 jun 2025, 6:19 p.m. GMT-5

20.576 Palabras

Fecha de descarga

2 jun 2025, 6:24 p.m. GMT-5

111.639 Caracteres

Nombre de archivo

TESIS ROXANA ULLILEN URCCOSUPA.pdf

Tamaño de archivo

5.8 MB

2% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 10 words)
- Submitted works
- Internet sources

Top Sources

- 0%  Internet sources
- 2%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi soporte y guía en todo momento y la fortaleza espiritual para tomar buenas decisiones.

Con profundo cariño y afecto a mi madre Lucila Orccosupa Afán, por sus sabios consejos y apoyo en todo momento que me permitieron ser profesional y cumplir las metas en la vida.

Con mucho cariño a: Daniel Ismodes Rocha, por los gratos momentos compartidos en familia. De igual manera a mis amigos y demás familiares que me acompañaron en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por proporcionarme una instrucción experta en beneficio de los agricultores del país.

Un agradecimiento especial a mis docentes de la Facultad de Agronomía y Zootecnia a la Escuela Profesional de Agronomía, que me enseñaron durante mis estudios universitarios y me ayudaron a convertirme en un profesional respetable de la sociedad compartiendo conmigo sus conocimientos.

A mí asesor el Mg. Luis Justino Lizarraga Valencia, por su asesoramiento y constante preocupación en guiarme en la conducción de la presente investigación.

A mis compañeros de la Escuela Profesional de Agronomía, que me ayudaron a terminar esta tesis apoyándome moralmente.

La autora.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
2.3. Justificación.....	4
III. HIPÓTESIS	6
3.1. Hipótesis general.....	6
3.2. Hipótesis específicas.....	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Antecedentes de la investigación	7
4.1.1. Antecedente internacional.....	7
4.1.2. Antecedente nacional.....	8
4.1.3. Antecedente local.....	10
4.2. Bases teóricas.....	10
4.2.1. Microorganismos eficientes.....	10
4.2.2. Microorganismos eficientes utilizados en la investigación	14
4.2.3. Posición taxonómica de la cebada.....	16
4.2.4. Morfología de la cebada.....	18

4.2.5.	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	20
4.2.6.	Fenología del cultivo	22
4.2.7.	Variedades	25
4.2.8.	Manejo agronómico.....	26
4.2.9.	Efectos de los microorganismos eficientes sobre la fisiología de la planta .	28
4.2.10.	Aplicaciones agrícolas de los microorganismos eficientes	28
4.3.	Definición de términos	29
4.3.1.	Características agronómicas.....	29
4.3.2.	Microorganismos eficientes.....	29
4.3.3.	Rendimiento	30
4.3.4.	Cebada moronera	30
4.3.5.	Biona TM.....	30
4.3.6.	Propiedades físico químicas del suelo	30
4.3.7.	Calidad de grano	30
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
5.1.	Aspectos generales de la investigación.....	31
5.1.1.	Tipo de investigación	31
5.1.2.	Ubicación espacial	31
5.1.3.	Ubicación temporal	31
5.2.	Materiales y métodos	32
5.2.1.	Materiales de campo, equipos y herramientas.....	32
5.2.2.	Metodología	33
5.2.3.	Croquis del campo experimental.....	35
5.2.4.	Factores de estudio.....	36
5.2.5.	Tratamientos	36
5.2.6.	Aplicación de microorganismos eficientes para la semilla	37
5.2.7.	Conducción de la investigación.....	41

5.2.8. Evaluaciones.....	47
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	49
6.1. Para rendimiento	49
6.1.1. Peso de grano por planta.....	49
6.1.2. Rendimientos de granos por área neta	50
6.1.1. Rendimiento grano por hectárea.....	51
6.2. Para características agronómicas	52
6.2.1. Altura de planta	52
6.2.2. Numero de macollos por planta	54
6.2.3. Numero de hojas por planta	55
6.2.4. Longitud de lámina foliar	56
6.2.5. Número de granos por planta.....	58
6.2.6. Longitud de arista de cebada	59
6.2.7. Longitud de espiga.....	60
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	62
7.1. Conclusiones.....	62
7.2. Sugerencias	63
VIII.BIBLIOGRAFÍA.....	64

CUADROS

Cuadro Nº 1. Rendimientos por área neta	68
Cuadro Nº 2. Resultado de características agronómicas	68

TABLAS

Tabla Nº 1. Recomendaciones de uso Effectbio	14
Tabla Nº 2. Recomendaciones de uso Bactofort.....	15
Tabla Nº 3. Recomendaciones de uso Nitrocereal.....	16
Tabla Nº 4. Rendimiento de cebada, segun región. Campaña agrícola: 2021-22 (ha)	22
Tabla Nº 5. Tratamientos a evaluar	36
Tabla Nº 6. Anova peso de grano por planta	49
Tabla Nº 7. Prueba tukey peso de grano por planta por tratamiento.....	49
Tabla Nº 8. Rendimientos de granos por área neta kg.....	50
Tabla Nº 9. Análisis de Anova peso de granos por área neta kg	50
Tabla Nº 10. Prueba tukey peso de granos por area neta kg.....	50
Tabla Nº 11. Análisis de Anova rendimiento de granos por hectárea	51
Tabla Nº 12. Prueba tukey rendimiento de granos tonelada por hectárea	52
Tabla Nº 13. Anova altura de planta.....	53
Tabla Nº 14. Prueba tukey altura de planta por tratamiento.....	53
Tabla Nº 15. Anova numero de macollos por planta	54
Tabla Nº 16. Prueba tukey numero de macollos por planta por tratamiento	54
Tabla Nº 17. Anova numero de hojas por planta.....	55
Tabla Nº 18. Prueba tukey numero de hojas por planta por tratamiento.....	55
Tabla Nº 19. Anova longitud de lámina foliar	57
Tabla Nº 20. Prueba tukey longitud de lámina foliar por tratamiento.....	57
Tabla Nº 21. Anova numero de granos por planta	58
Tabla Nº 22. Prueba tukey numero de granos por planta en tratamiento.....	58
Tabla Nº 23. Anova longitud de arista de cebada	59
Tabla Nº 24. Prueba tukey longitud de arista por tratamiento	59
Tabla Nº 25. Anova longitud de espiga de cebada.....	60
Tabla Nº 26. Prueba tukey longitud de espiga de cebada por tratamiento.....	60

FIGURAS

Figura N° 1. Morfología de la cebada.....	17
Figura N° 2. Fases fenológicas de la cebada.....	24

GRAFICOS

Grafico N° 1. Croquis del campo experimental.....	35
Grafico N° 2. Distribución porcentual de peso de grano por planta.....	49
Grafico N° 3. Distribución porcentual de peso de grano por área neta kg.....	51
Grafico N° 4. Distribución grafica de rendimiento de granos Tn/ha.....	52
Grafico N° 5. Distribución porcentual de altura de planta.....	53
Grafico N° 6. Distribución porcentual número de macollos por planta	54
Grafico N° 7. Distribución porcentual de numero de hojas por planta	56
Grafico N° 8. Distribución porcentual longitud de lámina foliar.....	57
Grafico N° 9. Distribución porcentual de numero de granos por planta.....	58
Grafico N° 10. Distribución porcentual longitud de arista de cebada.....	60
Grafico N° 11. Distribución porcentual longitud de arista de cebada.....	61

FOTOGRAFIAS

Fotografia N° 1. Preparación del terreno.....	42
Fotografia N° 2. Trazo nivelación y replanteo	42
Fotografia N° 3. Tratamiento del suelo.....	43
Fotografia N° 4. Tratamiento de semilla.....	43
Fotografia N° 5. Siembra.....	44
Fotografia N° 6. Riego.....	46
Fotografia N° 7. Control de malezas	46
Fotografia N° 8. Cosecha	47
Fotografia N° 9. Preparación de terreno.....	69
Fotografia N° 10. Surcado y marcado de terreno	69
Fotografia N° 11. Plantas germinadas.....	70
Fotografia N° 12. Selección de muestras de semilla.....	70
Fotografia N° 13. Presentación del microorganismos eficientes	71
Fotografia N° 14. Preparación de microorganismos eficientes.....	71
Fotografia N° 15. Sembrío.....	72
Fotografia N° 16. Ubicación de los tratamientos	72

Fotografía N° 17. Evaluación de características agronómicas	73
Fotografía N° 18. Cosecha	73
Fotografía N° 19. Evaluaciones de rendimiento	74
Fotografía N° 20. Effectbio SC	74
Fotografía N° 21. Nitrocereal A.....	75
Fotografía N° 22. Nitrocereal B.....	75
Fotografía N° 23. Bactofort.....	76
Fotografía N° 24. Sunny mix.....	76

ANEXOS

Anexo N° 1. Resultados de las evaluaciones	68
Anexo N° 2. Galería fotográfica	69
Anexo N° 3. Microorganismos eficientes	74
Anexo N° 4. Análisis físico químico del suelo	77
Anexo N° 5. Flujograma	78

RESUMEN

El trabajo de investigación, titulado “Utilización de microorganismos eficientes en el cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones de K’ayra - San Jerónimo – Cusco”, tuvo como objetivos determinar los rendimientos del grano de cebada y evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en las características agronómicas del cultivo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 4 bloques experimentales, 4 tratamientos y 4 repeticiones, obteniendo un total de 16 unidades experimentales en un área de 522 metros cuadrados. La aplicación de los tratamientos permitió analizar el impacto de los microorganismos eficientes en el rendimiento y desarrollo del cultivo bajo las condiciones específicas de la zona de estudio.

En cuanto al rendimiento para el peso del grano (g/planta), se analizó que el tratamiento (T2), con la aplicación de microorganismos eficientes (Effectbio SC) a una dosis de 250 ml/ha, obtuvo 4.79 g/planta, ocupando el primer lugar. Del mismo modo, para los rendimientos de grano por área neta, se determinó que el tratamiento (T2), con la misma dosis de 250 ml/ha, alcanzó 6.68 kg/área neta, posicionándose en el primer lugar. Finalmente, en los rendimientos de toneladas por hectárea, el tratamiento (T2) con microorganismos eficientes (Effectbio SC) a 250 ml/ha registró 2.78 tn/ha.

En cuanto a las características agronómicas, el tratamiento II con microorganismos eficientes (Effectbio SC) a 250 ml/ha presentó la mayor altura de planta, con 118.28 cm; el mejor número de macollos por planta, con 1.60 unidades en promedio; y la mayor longitud de lámina foliar, con 41.48 cm. Asimismo, este tratamiento presentó el mayor número de granos por planta, con 67.23 unidades; la mayor longitud de arista, con 15.49 cm; y la mayor longitud de espiga, con 6.11 cm. Por otro lado, el tratamiento III, con microorganismos eficientes (Effectbio SC) a 150 ml/ha, mostró el mayor número de hojas por planta, con un promedio de 4.52 unidades.

Palabras clave: Cebada moronera, rendimiento, características agronómicas.

INTRODUCCIÓN

Pinedo, Rojas y Bautista (2020), en el Perú, la cebada es uno de los cereales más importantes después del maíz y el arroz, con una superficie sembrada de más de 133,144 hectáreas y un rendimiento promedio de 1,130 kg/ha en el año 2017. En las regiones altoandinas, este cultivo tiene un papel clave en la seguridad alimentaria y la economía de los agricultores, ya que es ampliamente consumido en diversas formas, como morón, mashca, harinas y panes, además de ser utilizado como forraje para el ganado.

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial por su versatilidad y adaptabilidad, desempeñando un papel clave en la alimentación humana y animal, así como en la industria cervecera. En Perú, el cultivo de cebada es relevante en las regiones altoandinas debido a su capacidad de desarrollarse en condiciones adversas de altitud y clima. Sin embargo, los rendimientos en muchas zonas agrícolas se ven limitados por la baja fertilidad de los suelos y la falta de estrategias sostenibles para mejorar su productividad. En este contexto, la utilización de microorganismos eficientes (ME) surge como una alternativa prometedora para potenciar el desarrollo del cultivo de cebada, mejorando las propiedades del suelo y promoviendo el crecimiento de las plantas de manera sostenible.

Los microorganismos eficientes (ME) son consorcios de microorganismos benéficos, como bacterias y hongos, que contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo vegetal. Estos microorganismos actúan a través de procesos como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la producción de sustancias bioestimulantes, generando un impacto positivo en los cultivos. En el caso de la cebada, el uso de ME puede traducirse en un aumento del rendimiento del grano y una mejora en las características agronómicas, lo que resulta especialmente relevante para los agricultores que buscan maximizar la producción sin comprometer la calidad del suelo a largo plazo.

Este estudio evaluó la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de cebada moronera en K'ayra, San Jerónimo, Cusco. Se analizó su efecto en los rendimientos y características agronómicas mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar. Los resultados buscan promover prácticas agrícolas sostenibles en regiones altoandinas con condiciones desafiantes.

La autora

PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

En las regiones de la sierra sur, sierra central y alto andina, el cultivo de cebada se realiza principalmente en pequeñas parcelas productivas manejadas por agricultores y no alcanzan las expectativas de rentabilidad deseadas, lo que limita el desarrollo económico de estas comunidades agrícolas.

Para incrementar la productividad y convertir esta actividad en una alternativa más rentable, es fundamental implementar nuevas y mejores prácticas tecnológicas, tales como el uso de semillas certificadas de alta calidad, el manejo agronómico adecuado y la aplicación de insumos apropiados que favorezcan el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En este contexto, los microorganismos eficientes (ME) surgen como una alternativa sostenible para mejorar la producción agrícola. Estos microorganismos mejoran la textura del suelo, promueven la aceleración de la conversión de materia orgánica en humus, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, incrementan la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos, lo que contribuye a una mayor productividad. Sin embargo, para recomendar su uso en el cultivo de cebada, es imprescindible evaluar su eficacia y determinar si su aplicación no solo mejora los rendimientos, sino que también permite avanzar hacia una producción orgánica más sostenible.

El bajo rendimiento y la baja calidad del cultivo de cebada moronera en la región de Cusco se deben al manejo inadecuado del suelo y la escasa adopción de tecnologías sostenibles, como el uso de microorganismos eficientes. Las prácticas agrícolas tradicionales han deteriorado la fertilidad y estructura del suelo, limitando su capacidad productiva. Además, la falta de conocimiento y acceso a tecnologías innovadoras impide mejorar la sostenibilidad del cultivo. Esto afecta la economía de los agricultores y la competitividad del producto en el mercado. Es urgente implementar estrategias que promuevan un manejo sostenible del suelo y el uso de tecnologías eficientes.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la aplicación de microorganismos eficientes en el rendimiento y características agronómicas del cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.), bajo las condiciones de K'ayra - San Jerónimo – Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el incremento del rendimiento del cultivo de cebada moronera con la aplicación de microorganismos eficientes?
- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en las características agronómicas del cultivo de cebada moronera?

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento y e identificar las características agronomicas del cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.) con la aplicación de microorganismos eficientes, bajo las condiciones de K'ayra - San Jerónimo – Cusco.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento del grano del cultivo de cebada con la aplicación de microorganismos eficientes.
- Describir el efecto de aplicación de microorganismos eficientes sobre las características agronómicas del cultivo de cebada moronera.

2.3. Justificación

El uso de tecnologías sostenibles, como los microorganismos eficientes, mejora las características agronómicas y el rendimiento de la cebada moronera, un cultivo clave para la economía y alimentación en Cusco. Estos microorganismos optimizan la fertilidad del suelo, aumentan la disponibilidad de nutrientes y fortalecen la resistencia de las plantas frente a plagas y estrés ambiental. Además, reducen la dependencia de insumos químicos, promoviendo la sostenibilidad ambiental. Este enfoque no solo incrementa la productividad y calidad del cultivo, sino que también sienta las bases para prácticas agrícolas sostenibles que podrían replicarse en otras comunidades, beneficiando a los agricultores y al medio ambiente.

A nivel económico.

Esta justificación económica de este estudio radica en que la aplicación de microorganismos eficientes podría mejorar los rendimientos del cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.), lo que se traduce en un aumento de la producción y, por ende, en mayores ingresos para los agricultores. Al identificar las características agronómicas más favorables bajo las condiciones específicas de K'ayra - San Jerónimo – Cusco, se podrá optimizar el uso de recursos, reduciendo costos y mejorando la rentabilidad. Este enfoque sostenible favorecerá una producción más eficiente y competitiva.

A nivel social

La investigación es fundamental porque permitirá establecer el rendimiento y las características agronómicas del cultivo de cebada moronera con la aplicación de microorganismos eficientes, lo que podría mejorar la productividad y calidad de los

cultivos en la región de K'ayra - San Jerónimo – Cusco. Este estudio tiene el potencial de mejorar las condiciones de vida de los productores, incrementando su rentabilidad y contribuyendo al desarrollo económico de la comunidad. Si los resultados son positivos, se podrá impulsar un cambio significativo en la actividad agrícola local, beneficiando directamente a los agricultores y a su entorno.

A nivel ambiental

La justificación ambiental de este estudio radica en la necesidad de evaluar los impactos de la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.), ya que todo proceso agrícola tiene consecuencias en el medio ambiente. Determinar si estos microorganismos pueden mejorar el rendimiento y las características agronómicas del cultivo de manera sostenible, sin causar daños al entorno, es esencial. Esta investigación contribuye a promover prácticas agrícolas que no solo aumenten la productividad, sino que también favorezcan la salud del suelo y la biodiversidad en la región de K'ayra - San Jerónimo - Cusco.

A nivel de investigación

La justificación de esta investigación radica en la necesidad de optimizar el rendimiento del cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.) mediante la aplicación de microorganismos eficientes, lo cual podría mejorar las características agronómicas clave como la altura de la planta, el número de macollos y espigas, y la longitud de la lámina foliar. Estos indicadores son fundamentales para obtener una producción eficiente y rentable. Al establecer el impacto de los microorganismos eficientes en estas variables, se podrá determinar su efectividad en mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo bajo las condiciones específicas de K'ayra - San Jerónimo – Cusco.

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La utilización de microorganismos eficientes en el cultivo de cebada moronera (*Hordeum vulgare* L.) mejora significativamente el rendimiento del grano y las características agronómicas, bajo condiciones de K'ayra - San Jerónimo – Cusco

3.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de microorganismos eficientes aumentará el rendimiento del grano del cultivo de cebada moronera en comparación con el manejo convencional, debido a la mejora en la disponibilidad de nutrientes y la salud del suelo.
- La aplicación de microorganismos eficientes tendrá un efecto positivo sobre las características agronómicas del cultivo de cebada moronera, mejorando variables como la altura de la planta, número de macollos, número de hojas por planta, longitud de la lámina foliar y número de espigas por planta.

MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1. Antecedente internacional

Gimenez (2017), en su trabajo de investigación titulado “Ganancia Genética en Cebada (*Hordeum vulgare* L.) durante el período 1931-2007” realizado en Bahía Blanca, Argentina, se tuvo como objetivo determinar la ganancia genética en el cultivo de cebada durante el período comprendido entre 1931 y 2007. Para ello, se llevaron a cabo ensayos comparativos de rendimiento en los que se evaluaron 25 cultivares liberados en dicho intervalo de tiempo, en ambientes representativos de la principal región productiva del país (sur bonaerense). Los resultados indicaron que el rendimiento en grano de cebada incrementó en promedio 27,5 kg/ha/año debido al mejoramiento genético. Este incremento fue especialmente notable en el último período analizado, entre 1990 y 2007, donde la ganancia genética alcanzó los 84,5 kg/ha/año. Al dividir los cultivares según su ciclo, se observó que los de ciclo largo presentaron una mayor ganancia genética en rendimiento de grano, con un promedio de 34,4 kg/ha/año (11 cultivares), mientras que los de ciclo corto alcanzaron 17,7 kg/ha/año (14 cultivares). Por otro lado, el peso de los granos se mantuvo constante a lo largo del tiempo, aunque se registró variabilidad genética en este carácter.

Leiva (2019), menciona las producciones agrícolas limpias son una prioridad en los programas de desarrollo de muchos países. Desde la década de los 80, los microorganismos eficientes (ME), gracias a las investigaciones del científico Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, han demostrado ser una alternativa eficaz y sostenible en la producción de alimentos. Este trabajo tiene como objetivo recopilar y sintetizar parte de la información publicada en los últimos 10 años sobre los ME, sus propiedades y aplicaciones agrícolas. Los ME comprenden una amplia variedad de microorganismos, entre los que se incluyen: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con capacidad fermentativa. En términos agrícolas, los ME favorecen la germinación de semillas, impulsan la floración, el crecimiento y el desarrollo de los frutos, y promueven una reproducción más exitosa de las plantas. Además, se ha demostrado que mejoran la estructura física del suelo, aumentan su fertilidad química y ayudan a controlar varios fitopatógenos que causan enfermedades en distintos cultivos. Desde un enfoque fisiológico, se ha comprobado que los ME incrementan la capacidad fotosintética de las plantas y su habilidad para absorber agua y nutrientes.

También contribuyen a mejorar la calidad y reducir los tiempos de maduración de los abonos orgánicos, especialmente en el compostaje. Todos estos factores explican el aumento en los rendimientos agrícolas y el uso extendido de los ME y sus productos derivados, como los bioles.

Toalombo (2012), indica que al hacer uso de Microorganismos eficientes autóctonos en diferentes dosis y frecuencias empleadas para el cultivo de cebada estadísticamente no produce diferencia en ninguna de las variables. También Se identificaron tres géneros de microorganismos beneficiosos los mismos que son: Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus plantarum*), y Bacterias fototrópicas/fotosintéticas (*Rhodopseudo monas sphaeroides*).

En los últimos años el uso de microorganismos eficientes como disolvente ha crecido exponencialmente. **Pérez (2009)**, en una investigación hecha con incorporación de microorganismos, señala que todos los tratamientos hay un incremento paulatino de fósforo, pese a que no había efectuado ninguna fertilización fosfatada anteriormente en el cultivo.

4.1.2. Antecedente nacional

Cisneros (2018), en su trabajo de investigación titulado “Rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad San Cristóbal y cultivar Tambo”, realizado en el Centro Experimental de Pampa del Arco de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, a 2772 msnm, se obtuvieron los siguientes resultados: en cuanto a la altura de planta, no se encontró diferencia entre las variedades, con valores de 88,62 cm para el cultivar Tambo y 87,62 cm para la variedad San Cristóbal. Sin embargo, en el número de macollos por planta, se observó una diferencia significativa, siendo 3,96 para Tambo y 2,94 para San Cristóbal. En cuanto al número de espigas por planta, también se registró una diferencia numérica, con 3,42 para Tambo y 2,78 para San Cristóbal. La longitud de espiga, una variable relacionada con los rendimientos, no mostró diferencia significativa, ya que ambas variedades presentaron una longitud de 5,56 cm. En el número de granos por espiga, los valores fueron 53,98 para Tambo y 53,00 para San Cristóbal. En cuanto al peso de 1000 semillas, Tambo presentó un valor de 51,25 g, mientras que San Cristóbal alcanzó los 48,99 g. El cultivar Tambo mostró un mayor peso hectolítrico, con un valor de 58,50 kg/hl, frente a los 57,80 kg/hl de la variedad San Cristóbal. Finalmente, en cuanto a los rendimientos de grano, Tambo superó a San Cristóbal con un

rendimiento de 6,80 tn/ha, mientras que San Cristóbal presentó un promedio de 4,76 tn/ha.

Carbajal (2017), en su trabajo de investigación titulado “Comparativo de rendimiento de quince líneas y tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Valle del Mantaro”, Huancavelica, se describieron los siguientes resultados para los componentes de rendimiento: en cuanto al número de tallos/macollos, la línea T17 alcanzó 6,50 tallos, mientras que la T4 alcanzó 5,25 tallos. En lo que respecta a la longitud de espiga, la T4 presentó una longitud de 8,35 cm, mientras que la T2 alcanzó 7,00 cm. Para los rendimientos, en el número de granos por espiga, la T15 se destacó con 62,50 granos por espiga, mientras que la T10 presentó 46,25 granos por espiga. En cuanto al peso de mil semillas, la T4 sobresalió con 84,3025 g. Finalmente, en el rendimiento por hectárea, la T4 obtuvo 3,897 kg/ha. Estos resultados demostraron que la línea T4 tuvo un buen rendimiento, siendo la más rentable en comparación con las demás.

Quispe (2016), en su trabajo de investigación titulado “Componentes de rendimiento de líneas avanzadas de cebada hexástica (*Hordeum hexastichon* L.) 29TH-IBYTUNCP en condiciones de siembra tardía en la C. C. Huamancaca-Chupaca”, Huancayo, se describieron los siguientes resultados: en cuanto a los rendimientos de grano provenientes del campo, la línea T4 (P.STO/3/LIBIRAN/UNA 80//LIGNEE 640/4/BLLU/5/) destacó con un rendimiento de 4.352 t/ha. Entre los componentes de rendimiento, sobresalieron la línea T6 (ALPHA-BAR/DURRA//CORACLE-/3/ALELI/4/) con 313,3 espigas por m², la línea T5 (QUINN/ALOE//CARDU/3/CIRU) con 57,6 granos por espiga, y la línea T8 (BOLDO/MJA//CIRU/3/-CABUYA) con un peso de 47,29 g por mil granos. En cuanto a las características agronómicas, el testigo UNA-80 (T1) superó a las demás en altura de planta, alcanzando 95,65 cm, y la línea T2 (TOCTE/4/SEN/SLLO/3/AMAPA/COTA-//GLORIA-BAR) destacó con 7,83 cm de longitud de espiga. La hipótesis formulada planteaba que los componentes de rendimiento de las líneas avanzadas 29TH-IBYT-UNCP permitirían obtener una variedad mejorada de cebada hexástica en condiciones de siembra tardía en la comunidad campesina Huamancaca – Chupaca. Los componentes analizados fueron rendimiento de grano, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga, peso de 1000 granos, días al 50% de espigado, altura de planta y longitud de espigas.

4.1.3. Antecedente local

Cervantes (2022), en su estudio evaluó la ganancia de peso de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico (FVH) de cebada (*Hordeum vulgare*), cultivado con diferentes concentraciones de biol (0%, 0.5%, y 1%). El rendimiento (peso y altura) fue mayor en el tratamiento con biol al 1% (T3), con una altura de 20.62 cm y un peso de 4294.89 g por kg de semilla.

Midagri (2001), menciona la cebada Moronera INIA es un cultivar agroindustrial de crecimiento primaveral, con grano perlado de alta calidad, apto para morón, hojuelas y chackepa. Adaptada a altitudes entre 2500 y 4000 msnm, tiene un periodo vegetativo de 120-135 días y un rendimiento de 3-4.5 t/ha. Es resistente a enfermedades como la roya amarilla, mancha foliar, escaldaduras y roya de la espiga. Su amplia adaptación altitudinal y alto rendimiento la convierten en una alternativa clave para la seguridad alimentaria en la Sierra Central, Sierra Sur y el Altiplano.

SENAHMI (2012), menciona en Cusco la evolución de los rendimientos del cultivo de cebada no presenta un comportamiento definido, es así que desde el año 1950 hasta 1987 se ve una tendencia descendente y a partir de este año se tiene una tendencia ascendente. El año 2012 alcanzó el mayor rendimiento (1,298 t/ha) y el 2022 se registró los rendimientos más bajo de toda la serie histórica (0,700 t/ha).

SENAHMI (2012), el cultivo de cebada es uno de los cultivos importantes que se siembra bajo secano (laderas). Es uno de cultivos importantes para la alimentación de la población y sus ingresos económicos. Los rendimientos que se obtiene en la producción de cebada alcanzan alrededor de 1,05 t/ha aproximadamente.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Microorganismos eficientes

Rashed (2014), describe que desde hace algunos años se ha introducido una gama de productos que contienen un conjunto de microorganismos que generan grandes beneficios tras su aplicación en campo, a ellos se les conoce por el nombre de “Microorganismos eficientes”. Se define como microorganismos eficientes o eficaces a todos aquellos microorganismos que forman parte de un consorcio microbiano que interactúa benéficamente con la flora microbiana de la rizosfera (objetivo inicial del producto). Este producto comercial presenta una amplia gama de usos para diversos fines tales como el tratamiento de aguas residuales.

Feijoo (2016), menciona que los ME han mostrado efectos positivos en diferentes áreas, como el tratamiento de aguas residuales, la reducción de olores

desagradables, la producción de alimentos sin agroquímicos, y el manejo de residuos generados por la actividad agropecuaria, la industria alimentaria, fábricas de papel, mataderos y gobiernos municipales, entre otros.

Arias (2010), señala que los microorganismos eficientes (ME) son una mezcla de microorganismos nativos beneficiosos, que no han sido modificados genéticamente y que tienen una compatibilidad fisiológica entre ellos.

Rodríguez (2021), explica que los microorganismos eficientes fueron desarrollados en la década de los 70 por el profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Estos productos comerciales se componen principalmente de tres tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido-lácticas y bacterias fotosintéticas, cuya interacción metabólica sinérgica facilita su aplicación en diversos campos de la ingeniería.

4.2.1.1. Microorganismos para el suelo y la semilla

Biona (2023).

Para el suelo

- **Effectio SC:** (esporas de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma lignorum*, así como sus metabolitos, 2,0x10¹⁰ UFC/ml, 20 mil millones de bacterias por ml), diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, regular el número de patógenos de cultivos agrícolas, normalizar la microflora del suelo, estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y mejorar la fertilidad del suelo, la dosis de aplicación fue a razón de 0.35 L/ha.

Para la semilla

- **Bactofort:** (*Bacillus subtilis* & *Bacillus amyloliquefaciens*, 5,0x10⁹ UFC/ml ,5 mil millones de bacterias por ml), diseñado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento, la dosis de aplicación fue a razón de 12.00 ml/ 8kg. de semilla, en 90 ml de agua clorada, para lo cual se utilizó embase para mezclar, una probeta y dos jarras.
- **Nitrocereal:** (bacterias Composant "A" *Agrobacterium radiobacter*; Composant "B" *Bacillus megaterium*, 2,0x10⁹ CFU/ml, 2 mil millones de bacterias por ml), fijador de nitrógeno y movilizador de fósforo asociativo de dos componentes, destinado al tratamiento de semillas de cereales con el fin de mejorar la nutrición de las plantas, la dosis de aplicación fue a razón de 12.00 ml/ 8kg. de semilla, en

90 ml de agua clorada, para lo cual se utilizó embase para mezclar, una probeta y dos jarras.

- **Sunny Mix:** (g/L: N 4, P₂O₅ 40, K₂O 54,8, B 4,5, Zn 14,6, Mo 0,5 MgO 65,6, Mn 21,1, Fe 14, S 79,5. Cu 7,6 + Ácidos orgánicos - 25 g/l. + Aminoácidos - 25 g/l., + Estimulantes del crecimiento y la inmunidad de las plantas - 10 g/l, + Adhesivo), surfactante, que es un complejo natural de macro y micronutrientes en forma quelatada, destinado a aumentar los rendimientos y la calidad de la cosecha, la dosis de aplicación fue a razón 6 ml / 6 kg. de semilla, en 90 ml de agua clorada, para lo cual se utilizó embase para mezclar, una probeta y dos jarras.

4.2.1.2. Componentes

- **Bacterias ácido lácticas**

Torres (2015), señala que las bacterias ácido lácticas tienen diversas aplicaciones, destacándose la fermentación de productos alimenticios como leche, carne y vegetales para la producción de productos como yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas.

Vasquez (2017), estas bacterias generan ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos que son sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico actúa como un potente esterilizador, inhibiendo microorganismos patógenos y favoreciendo la descomposición rápida de la materia orgánica. Además, las bacterias ácido lácticas promueven la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa sin afectar negativamente el proceso, y ayudan en la solubilización de la cal y el fosfato de roca.

- **Bacterias fotosintéticas**

Feijoo (2016), menciona que entre las bacterias fotosintéticas presentes en los microorganismos eficientes se encuentra *R. palustris*, una bacteria fototrófica facultativa clasificada como bacteria púrpura no de azufre. Esta especie tiene la capacidad de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, los cuales son aprovechados por otros microorganismos heterótrofos para su crecimiento.

4.2.1.3. Modo de acción

Arias (2010) explica que las raíces de las plantas, como parte de su función, secretan sustancias que son aprovechadas por los microorganismos eficientes para su crecimiento, desarrollo y aumento poblacional. Gracias a esta interacción, los

microorganismos producen azúcares, aminoácidos, fitohormonas, vitaminas, ácidos nucleicos, entre otros. A medida que los microorganismos eficientes aumentan su población, mejoran la actividad de los microorganismos naturales, enriquecen la microflora, equilibran los ecosistemas microbianos y eliminan los microorganismos patógenos.

4.2.1.4. Efectividad

Arias (2010) clasifica a los microorganismos en tres grupos: regeneradores, desintegradores y neutrales. En este mundo microbiano existe un equilibrio, y si este se altera, pueden aparecer patógenos (microorganismos descomponedores). Los microorganismos regeneradores no poseen un dominio antioxidante ni de sustancias bioactivas, pero fomentan la fermentación adecuada.

4.2.1.5. Importancia

Higa (2013) resalta varios beneficios de los microorganismos eficientes, tales como:

- Aumento en la velocidad y el porcentaje de germinación de las semillas, debido a su impacto hormonal similar al ácido giberélico.
- Estimulación del crecimiento de tallos y raíces desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas.
- Consumo de los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, lo que ayuda a prevenir la propagación de patógenos y el desarrollo de enfermedades.
- Mejora de la capacidad fotosintética mediante el aumento del desarrollo foliar.
- Los efectos de estos microorganismos en el suelo incluyen la mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la eliminación de enfermedades.

4.2.1.6. Aplicaciones agrícolas

Toalombo (2012) menciona que para que los microorganismos sean efectivos, es esencial conocer sus requerimientos ambientales, tales como la humedad, temperatura y pH. Se observa una mayor diversidad microbiana en ambientes con pH neutro, entre los valores de 6 a 8, y con temperaturas que oscilan entre 15 y 45 °C. La reproducción o inoculación de los microorganismos eficientes (ME) se lleva a cabo bajo condiciones de fermentación anaeróbica. El uso de estos microorganismos en la agricultura depende de factores como la ubicación, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros. La aplicación de microorganismos beneficiosos permite que el suelo retenga más agua, lo que mejora la resistencia de los cultivos al estrés hídrico durante períodos de sequía o en suelos más arenosos.

Esta mejora se debe tanto al aumento de la materia orgánica en el suelo, que reduce su porosidad como resultado de la actividad microbiana, como al equilibrio iónico, que favorece la interacción entre las cargas superficiales de la estructura del suelo y las cargas iónicas del agua.

4.2.2. Microorganismos eficientes utilizados en la investigación

4.2.2.1. Effectbio

Descripción

BIONA (2023), el producto contiene esporas de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma lignorum*, así como sus metabolitos $2,0 \times 10^{10}$ UFC/ml (20 mil millones de bacterias por ml).

Dosificación recomendada

Tabla N° 1. Recomendaciones de uso Effectbio

Cultivo	Dosis (ml/ha)	Dosis (ml/cilindro de 100 L)	Destinación
Avena	300 - 400	300 - 400	Diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, regular el número de patógenos de cultivos agrícolas, normalizar la microflora del suelo, estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y mejorar la fertilidad del suelo.
Quinoa	300 - 400	300 - 400	Diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, regular el número de patógenos de cultivos agrícolas, normalizar la microflora del suelo, estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y mejorar la fertilidad del suelo.
Cebada	300 - 400	300 - 400	Diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, regular el número de patógenos de cultivos agrícolas, normalizar la microflora del suelo, estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y mejorar la fertilidad del suelo.

Fuente: **Etiqueta del producto**

Ventajas

BIONA (2023), estimula una rápida descomposición de los residuos vegetales de los cultivos.

Mejora la estructura del suelo y la fertilidad al enriquecerlo con nutrientes y sustancias bioactivas.

Contribuye a la remediación del suelo, permitiendo una alta actividad de compuestos biológicos contra un amplio espectro de patógenos.

Aumenta el rendimiento de los cultivos, sin pérdida de actividad debido a cambios de temperatura (+5 °C a +40 °C) y contaminación química del suelo.

4.2.2.2. Bactofort

Descripción

BIONA (2023), el producto contiene *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*, así como sus metabolitos 5,0x10⁹ UFC/ml; (5 mil millones de bacterias por ml).

Dosificación recomendada

Tabla N° 2. Recomendaciones de uso Bactofort

Cultivo	Dosis (ml/ha - esparcimiento)	Destinación
Avena	1500	Diseñado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento.
Quinoa	1500	Diseñado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento.
Cebada	1500	Diseñado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento.

Fuente: Etiqueta del producto

Ventajas de uso

BIONA (2023), alta actividad antagónica a una amplia gama de patógenos de plantas.

- Tiene una acción inicial rápida.
 - No causa resistencia a patógenos.
 - Es posible aplicar en cualquier fase del desarrollo del cultivo.
 - Alivia el estrés después de la aplicación de pesticidas.
 - No pierde su eficacia en un amplio rango de temperatura de 0°C a 39°C.
 - Estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, aumenta la productividad.
- Se puede usar en mezclas de tanque con productos de protección químicos.

4.2.2.3. Nitrocereal

Descripción

BIONA (2023), el producto contiene bacterias Composant "A" - *Agrobacterium radiobacter*; Composant "B" - *Bacillus megaterium*. 2,0x10⁹ CFU/ml. (2 mil millones de bacterias por ml).

Dosificación recomendada

Tabla N° 3. Recomendaciones de uso Nitrocereal

Cultivo	Composant A (ml)	Composant B (ml)	Destinación
Avena	20	20	Fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato asociado de dos componentes, destinado al tratamiento de semillas de cereales con el fin de mejorar la nutrición de las plantas.
Quinoa	20	20	Fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato asociado de dos componentes, destinado al tratamiento de semillas de cereales con el fin de mejorar la nutrición de las plantas.
Cebada	20	20	Fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato asociado de dos componentes, destinado al tratamiento de semillas de cereales con el fin de mejorar la nutrición de las plantas.

Fuente: **Etiqueta del producto**

Ventajas de uso

BIONA (2023), fija nitrógeno atmosférico 7-10 kg/ha.

Convierte el fósforo en una forma accesible para las plantas de hasta 6 kg/ha.

Permite materializar el potencial genético del cultivo.

Promueve un mayor rendimiento de grano y contenido de proteína.

No requiere costos operativos adicionales para su uso.

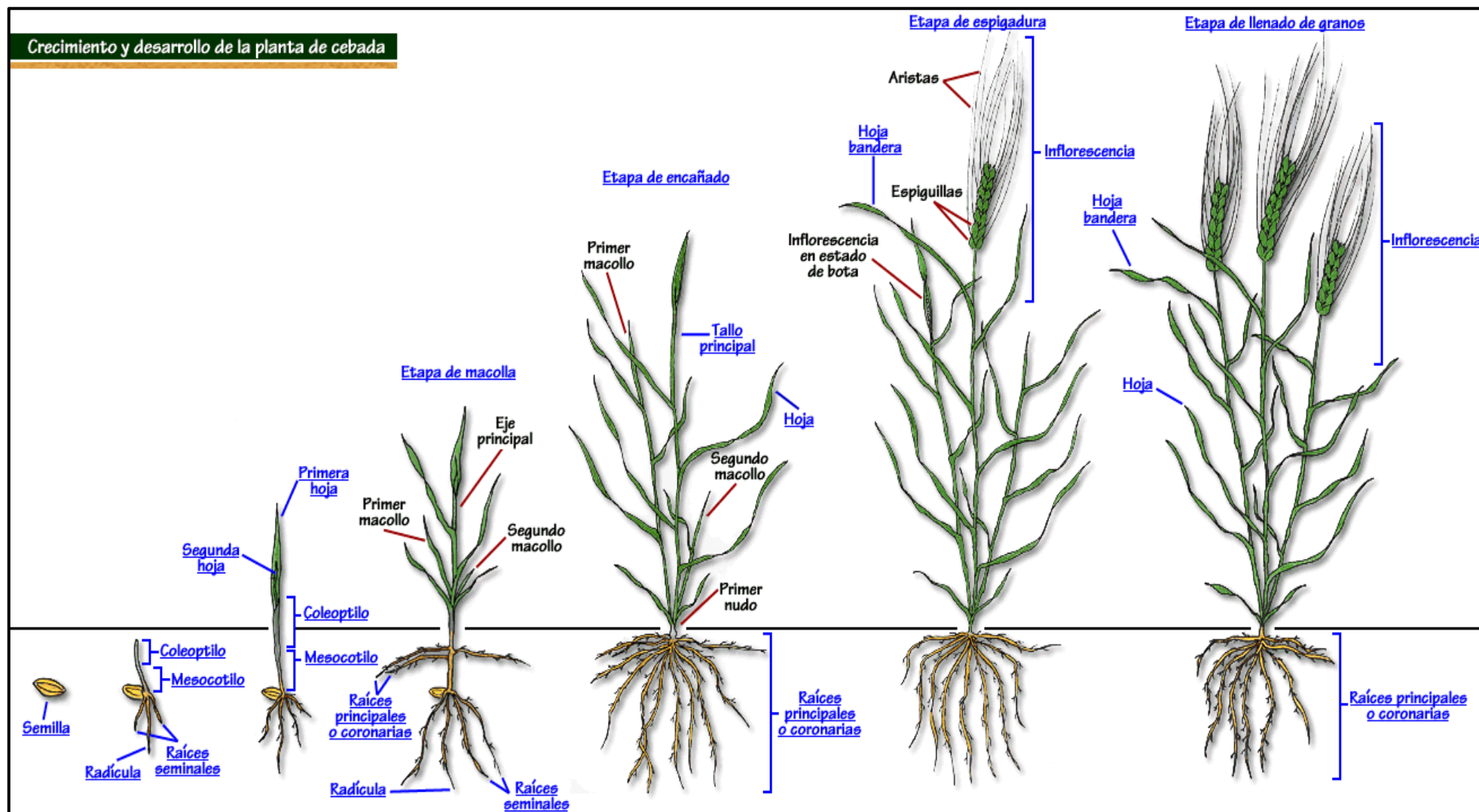
Proporciona una asimilación más completa de los fertilizantes minerales.

4.2.3. Posición taxonómica de la cebada

La cebada tiene la siguiente clasificación filogenética, citado por **Cronquist (1986)**.

Reyno	Vegetal
Subreyno	Ebriobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Festucoideae
Tribu	Hordeae
Género	Hordeum
Especie	<i>Hordeum vulgare</i> L

Figura N° 1. Morfología de la cebada



Fuente: Universidad Católica de Chile (2024)

4.2.4. Morfología de la cebada

a) Raíz

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen las raíces de la cebada forman un sistema radicular fasciculado, caracterizado por su consistencia fibrosa y una profundidad reducida en comparación con el maíz y otros cereales. La profundidad de las raíces depende de varios factores, como el tipo de preparación del suelo, la profundidad de siembra, la textura y estructura del suelo, su fertilidad, la humedad y las condiciones climáticas. La planta de cebada tiene dos tipos de raíces:

- **Raíces seminales o primarias:** Usualmente son cinco raíces: la radícula y dos pares laterales. Estas raíces se encargan de anclar la planta al suelo y de absorber agua y nutrientes en las primeras semanas de crecimiento.
- **Raíces adventicias:** Las raíces adventicias o principales cumplen la función de anclar la planta durante las primeras semanas de vida y de transportar agua y nutrientes a lo largo de su desarrollo. Estas raíces se caracterizan por ser de tipo fasciculado, es decir, ramificadas. La profundidad que alcanzan puede superar el metro, dependiendo de factores como la textura y estructura del suelo, las condiciones ambientales y las características del cultivar.

b) Tallo

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen la planta de cebada posee un tallo principal erguido y cilíndrico, compuesto por seis u ocho entrenudos de textura suave. Además, desarrolla macollos o hijuelos a lo largo de su crecimiento. La altura de los tallos varía según la variedad, alcanzando entre 0.50 y 1 metro. Esta estructura permite que la planta se mantenga erguida y crezca de manera eficiente en función de las condiciones de cultivo. Las características del tallo son clave para el desarrollo y adaptación de la cebada.

c) Hojas

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen las hojas de la cebada se componen de la vaina basal y la lámina, unidas por una lígula corta y truncada. Además, presentan prolongaciones membranosas largas, llamadas aurículas, que envuelven la base de la hoja. En la zona de unión entre el limbo y la vaina se encuentran tanto la lígula como las aurículas. La lígula es una membrana delgada y blanquecina con bordes irregulares, en contacto con el tallo, mientras que las aurículas tienen dos prominencias en forma de hoz que se cruzan en la parte opuesta. Cada tallo puede tener entre cinco y diez hojas, que varían en forma y tamaño.

d) Inflorescencia

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen la espiga de cebada tiene un raquis formado por entrenudos, cada uno con espiguillas unifloras que están unidas por una raquilla. La espiguilla central generalmente no tiene pedicelo o este es muy corto. Cada espiguilla consta de dos glumillas, llamadas lemma y palea, que rodean los órganos reproductivos, que incluyen tres anteras, un pistilo con un óvulo único y un estigma pubescente. La lemma puede terminar en una arista, cuya longitud varía. Si todas las espiguillas de un nudo son fértiles, se forma una espiga de seis hileras, pero si solo las espiguillas centrales son fértiles, la espiga tendrá dos hileras.

e) Semilla

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen la semilla de cebada, también llamada grano, es un fruto seco indehiscente conocido como cariósipide. Está compuesta por tres partes principales: las cubiertas (lemma y pálea), el endospermo o tejido de reserva, y el embrión ubicado en la parte dorsal. Cuando las glumillas se adhieren al ovario durante el secado, se forma un grano "cubierto" o "vestido". Si no se adhieren, se obtiene un "grano desnudo" que se desprende fácilmente durante la trilla. Este grano es la unidad reproductiva que se utiliza para la propagación de la planta.

f) Fruto

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen el grano de cebada es un fruto seco indehiscente, conocido como cariósipide. Este fruto se caracteriza por tener sus paredes exteriores del ovario adheridas o fusionadas con las glumillas, formando un grano "cubierto" o "vestido". Si las glumillas no se adhieren, el grano se considera "desnudo", ya que las glumillas se desprenden fácilmente durante la trilla. Estructuralmente, el grano está compuesto por las cubiertas, el endospermo y el embrión. El fruto de cebada tiene una estructura compacta y protectora que facilita su conservación y desarrollo.

g) Macollo

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen los macollos de cebada son los hijuelos o brotes secundarios que emergen desde la base de la planta. Se desarrollan a partir de las yemas axilares en los entrenudos del tallo principal. Estos macollos permiten que la planta se multiplique y aumente su número de tallos, contribuyendo al rendimiento del cultivo. En condiciones óptimas, los macollos se desarrollan vigorosamente, favoreciendo la producción de grano. Su presencia y crecimiento

dependen de factores como la variedad, el manejo del cultivo y las condiciones ambientales.

h) Flor

Pinedo, Rojas, y Bautista (2020), describen la flor de cebada es una flor hermafrodita, es decir, contiene tanto órganos masculinos como femeninos. Está formada por tres partes principales: las glumillas (lemma y palea), que protegen los órganos sexuales; las anteras, que producen el polen; y el pistilo, que contiene el óvulo. La flor de cebada es generalmente pequeña y se encuentra en la espiga. La polinización es principalmente cruzada, realizada por el viento.

4.2.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

4.2.5.1. Temperatura

Infoagro (2024), menciona la cebada germina con una temperatura mínima de 6°C, florece a los 16°C y madura a los 20°C. Es resistente a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta -10°C sin dañarse. En zonas con inviernos muy fríos, se recomienda sembrar variedades de primavera, que empiezan su desarrollo cuando las heladas más intensas han pasado, asegurando una buena germinación y crecimiento sin riesgo de congelación.

4.2.5.2. Clima

Infoagro (2024), menciona el cultivo de cebada es bastante flexible en cuanto a clima, siendo adecuado para diversas regiones. Sin embargo, prospera mejor en climas frescos y moderadamente secos. Requiere menos calor para alcanzar su madurez, lo que le permite crecer en latitudes y altitudes altas, como en Europa, donde se cultiva hasta los 70° de latitud Norte. En América, puede llegar hasta los 64°, y en altitudes, desde los 1.800 m en Suiza hasta los 3.000 m en Perú. Esto la convierte en un cereal que se adapta bien a lugares de altas latitudes, especialmente si se usan variedades precoces.

4.2.5.3. Suelo

Infoagro (2024), menciona la cebada prefiere suelos fértiles, pero también puede tener buenos rendimientos en suelos poco profundos y pedregosos, siempre que se mantenga suficiente agua al inicio de su crecimiento. No le favorecen los terrenos arcillosos ni compactos, ya que estos dificultan la germinación y el desarrollo inicial. Los suelos húmedos y encharcados pueden ser desfavorables, aunque con un buen manejo pueden generar altos rendimientos. También tolera bien la salinidad y puede soportar suelos con niveles elevados de calcio, especialmente en suelos calizos, lo

que es comúnmente asociado con los "cebaderos". En suelos con exceso de nitrógeno, pueden ocurrir problemas como el encamado, afectando la calidad del grano destinado a la malta.

4.2.5.4. Rendimiento

Ardiles (2022), describe a nivel mundial, la cebada representa alrededor de dos terceras partes de los granos forrajeros consumidos a nivel global. En el pasado, la cebada se destinaba principalmente a la alimentación humana, pero actualmente, una parte significativa de la producción se destina a la alimentación animal y a la producción de malta para la industria cervecera. Para 2022, se cultiva en aproximadamente 72 millones de hectáreas a nivel mundial, con una producción total que alcanza los 170 millones de toneladas. Las principales áreas de cultivo se encuentran en Europa, Rusia, así como en las regiones áridas y semiáridas de Asia, el Medio Oriente y el norte de África.

Ardiles (2022), describe en Perú, para el año 2022, se reportó una siembra superior a las 135,000 hectáreas, con un rendimiento promedio de aproximadamente 1,130 kg por hectárea, lo que mantiene su importancia en comparación con otros cultivos. En las zonas altoandinas, la cebada sigue siendo esencial tanto en la alimentación humana como en la nutrición, ya que forma parte fundamental de la dieta básica de muchas comunidades. Además, en la alimentación animal, se utiliza como forraje, lo que genera ingresos adicionales para los agricultores. Este cultivo no solo es relevante desde el punto de vista alimenticio, sino también económico, ya que ofrece una fuente importante de recursos tanto para el consumo local como para la comercialización, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al sustento de las familias rurales.

4.2.5.5. Rendimiento promedio de cebada en el Perú 2022

Tabla N° 4. Rendimiento de cebada, según región. Campaña agrícola: 2021-22 (ha)

Región	Superficie sembrada	superficie cosechada (Ha)	produccion (Tn)	rendimiento Tn/Ha
Amazonas	44	44	42	945
Áncash	5,211	5,211	5,307	1,018
Apurímac	4,162	4,270	10,695	2,505
Arequipa	234	234	643	2,746
Ayacucho	13,326	12,419	18,291	1,473
Cajamarca	8,262	8,215	7,658	932
Cusco	15,014	15,209	33,769	2,220
Huancavelica	11,395	11,380	19,007	1,670
Huánuco	6,407	6,393	11,261	1,761
Ica	67	67	173	2,576
Junín	9,208	9,208	20,689	2,247
La Libertad	27,489	27,489	64,254	2,337
Lambayeque	70	60	48	800
Lima	155	155	356	2,301
Lima Metropolitana	6	6	31	5,180
Moquegua	134	143	168	1,176
Pasco	158	158	276	1,748
Piura	380	343	303	883
Puno	23,679	23,573	28,845	1,224

Fuente: SIEA (2022)

4.2.6. Fenología del cultivo

Yzarra (2011), la cebada presenta las siguientes fases fenológicas:

- **Emergencia:** En esta fase, las plántulas comienzan a crecer y emergen del suelo. Inicialmente, se observan 1 o 2 hojas en desarrollo, que marcan el inicio del ciclo de crecimiento de la cebada. La plántula se adapta al ambiente y empieza a establecer su sistema radicular. Esta fase es crucial para el desarrollo de una planta sana. La emergencia indica que las condiciones de siembra son adecuadas para el crecimiento.
- **Tercera hoja:** La planta ha superado la etapa inicial de crecimiento y muestra una tercera hoja emergente. Esto indica que la cebada está avanzando en su fase vegetativa. Durante este momento, el crecimiento de la planta comienza a ser más evidente. La planta continúa desarrollando su estructura foliar, lo cual es esencial para la fotosíntesis. Una planta en esta fase es más resistente a los factores ambientales.
- **Macollaje:** En esta fase, la cebada comienza a formar macollos, es decir, brotes laterales que surgen de las axilas de las hojas bajas. El primer macollo es un

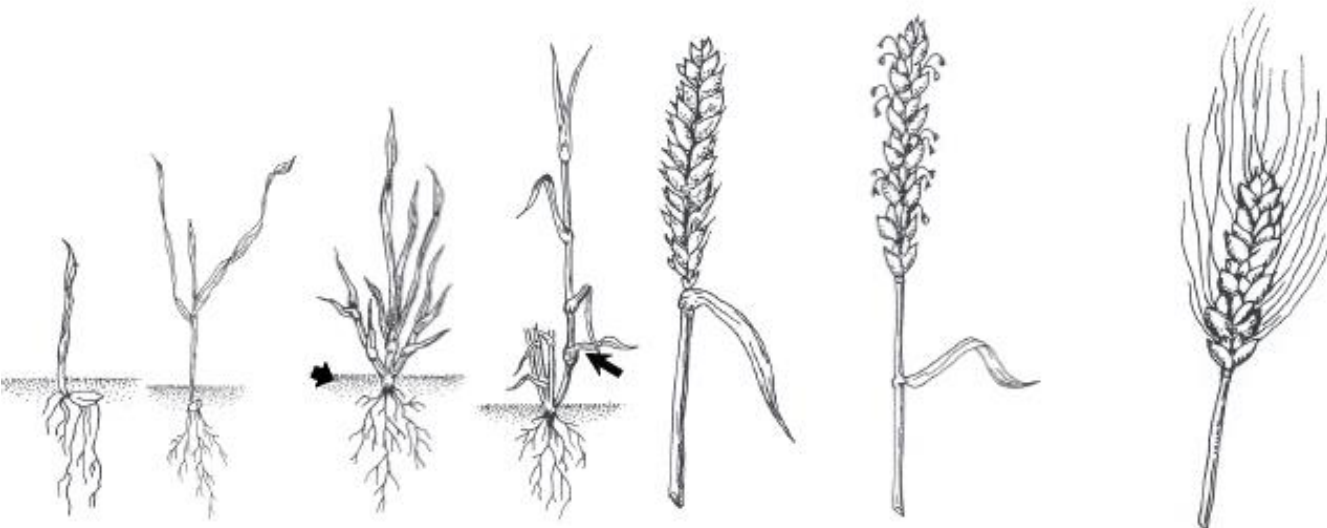
indicador de que la planta está aumentando su capacidad de producción vegetativa. El macollaje es una etapa clave en la formación de la estructura de la planta. A medida que se desarrollan los macollos, la planta se vuelve más densa.

- **Encañado:** En esta fase, se desarrolla el primer nudo en el tallo principal, ubicado a unos 2 a 3 cm del suelo. Esto marca el inicio de la fase de elongación del tallo. El encañado es crucial para el futuro desarrollo de la espiga y la floración. La planta empieza a elevarse hacia el cielo, lo que facilita la circulación de nutrientes y agua. Esta fase refleja el crecimiento vertical que prepara la planta para la formación de las inflorescencias.
- **Espiga:** Durante esta fase, la mitad de las espigas empiezan a emerger desde la vaina foliar de la hoja superior. La espiga es una estructura que contiene las flores de la cebada. Es un momento de transición hacia la fase reproductiva, donde los nutrientes se enfocan en el desarrollo de las flores. Esta fase es fundamental para la producción de semillas en la planta. El encañado culmina en la aparición de estas espigas, que marcarán la futura fecundación y la formación de las semillas.
- **Floración:** La floración es el proceso en el cual las primeras flores de la cebada se abren, lo que marca el inicio de la reproducción sexual de la planta. Es una fase crítica para la formación de las semillas, ya que las flores deben ser polinizadas para que se produzcan. Durante la floración, la planta concentra su energía en la producción de flores. El tiempo de floración depende de las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad. Las flores abiertas indican que la planta está lista para reproducirse y generar nuevas generaciones.
- **Maduración lechosa:** En la maduración lechosa, al presionar los granos, estos liberan un líquido lechoso, lo que indica que los granos aún no están completamente maduros. Esta fase es una transición entre la floración y la maduración final de los granos. Aunque la planta ya ha iniciado su proceso de maduración, los granos siguen siendo blandos y no están listos para la cosecha. El líquido lechoso es una característica que indica que los granos siguen desarrollándose. En esta fase, la planta sigue creciendo y acumulando nutrientes en los granos.
- **Maduración pastosa:** En la fase de maduración pastosa, los granos muestran una consistencia más firme, pero aún no están secos. Al presionar los granos, se sienten pastosos, lo que significa que la semilla está cerca de alcanzar su

madurez, pero aún tiene un alto contenido de agua. Esta fase es importante porque la planta comienza a concentrar almidón y otros nutrientes en los granos. Aunque los granos están más duros que en la fase lechosa, todavía no están completamente secos y listos para ser cosechados. Este proceso prepara la cebada para su completa maduración.

- **Maduración cornea:** La maduración córnea es la última etapa en el ciclo de vida de la cebada, donde la planta se seca completamente. Los granos se vuelven duros y sólidos, y ya no se pueden cortar con las uñas. Esta fase indica que los granos han alcanzado su máximo nivel de madurez, con un bajo contenido de agua. La planta se seca naturalmente, lo que facilita su cosecha.

Figura N° 2. Fases fenológicas de la cebada



El diagrama ilustra las fases fenológicas de la cebada a través de siete dibujos de la planta en diferentes etapas de desarrollo. Desde la emergencia del brote hasta la maduración cornea, se muestran el crecimiento de las hojas, la formación del macolaje, el encañado, la aparición de la espiga, la floración y la maduración de los granos.

Emergencia	Tercera hoja	Macollaje	Encañado	Espiga	Floración	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornea
Brote de las plántulas con 1 ó 2 hojas, encima de la superficie del suelo.	En la planta se observa una tercera hoja de crecimiento.	El primer macollo se desarrolla en la planta y se localiza en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta.	Se desarrolla el primer nudo en el tallo principal de la planta y se ubica a una distancia de 2 a 3 cm del suelo.	Comienzan a emerger la mitad de las espigas de la vaina foliar de la hoja superior.	Instante donde las primeras flores se abren.	Al ser presionados los granos, contienen un líquido lechoso.	Al ser presionados los granos, contienen una consistencia pastosa.	Todas las partes de la planta están secas. Los granos son duros no logran ser cortados con las uñas de los dedos.

Fuente: Yzarra (2011).

4.2.7. Variedades

4.2.7.1. Cebada moronera

INIA (2011), la cebada Moronera INIA, es un cultivar agroindustrial de hábito de crecimiento primaveral de buena calidad de grano con aptitud moronera o perlado.

En la Sierra Central, Sierra Sur y Altiplano, constituye el cultivo más importante después de la papa y haba, para una mayor seguridad de sus cosechas, se siembra en altitudes de 2 500 a 4 000 msnm.

Características:

- ❖ Calidad: Agroindustrial (morón, hojuela chacképa)
- ❖ Grano: Perlado
- ❖ Período vegetativo; 120-135 días
- ❖ Resistencia: Tolerancia roya amarilla mancha foliar.
- ❖ Rendimiento: 3-4,5t/ha. En 2500 msnm
- ❖ Mide un promedio de 100 cm, el color de follaje es verde claro, su espiga es decumbente, aristada, de dos hileras, de 24 a 26 granos grandes

INIA (2011), consecuente con la tarea de resolver el problema alimenticio del poblador peruano, ha generado la variedad Moronera-INIA, caracterizado por su amplia adaptación altitudinal. su calidad de grano grande y alto rendimiento, como una alternativa que cubre las exigencias del agricultor y la agroindustria.

Es tolerante a enfermedades como la: roya de la hoja, mancha foliar, escaldaduras y roña de la espiga y es resistente a la roya amarilla.

4.2.7.2. Variedades de dos hileras

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), describen la cebada de dos hileras, cada entrenudo del raquis presenta una triada de espiguillas, pero solo la espiguilla central se desarrolla plenamente, mientras que las espiguillas laterales abortan. Este fenómeno se debe al aborto de las flores laterales, lo que resulta en la formación de una sola flor funcional en la espiguilla central. Este comportamiento es característico de las variedades de cebada de dos hileras, un rasgo que influye en la producción y rendimiento del cultivo.

4.2.7.3. Variedades de seis hileras

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), describen las cebadas de seis hileras se desarrollan las tres espiguillas. Se puede separar en dos grupos, el primero, se denomina grupo típico, los granos laterales son sólo ligeramente más pequeños que los del centro y el

segundo, se denomina grupo intermedio, los granos laterales son más pequeños que los del centro.

4.2.8. Manejo agronómico

4.2.8.1. Preparación del suelo

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), recomiendan antes de la siembra, realizar un muestreo de suelo para analizar sus características físico-químicas. El objetivo del análisis fue obtener una mejor comprensión del contenido de nutrientes y de materia orgánica del terreno seleccionado. Para ello, se toman sub-muestras de varios puntos del campo, que luego se mezclan en un saco limpio. De esta mezcla, se extrae una muestra de aproximadamente un kilogramo, la cual se envía a un laboratorio de suelos autorizado para su análisis detallado.

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), recomiendan sembrar la cebada después de cultivos de cabecera como la papa. Los campos de cultivo de papa de la campaña anterior son ventajosos para la siembra de cebada porque el terreno se encuentra removido, con menos terrones y buena profundidad, lo cual facilita la distribución y tapado uniforme de semillas en todo el campo.

4.2.8.2. Siembra

INIA (2022), menciona la época óptima de siembra es difícil de establecer debido a la gran variabilidad de climas que presenta el país, sin embargo, para la región Cusco se recomienda lo siguiente: En zonas altas como Sicuani y Maranganí la época de siembra se da en noviembre. En zonas de valle como Limatambo y Mollepata, la época de siembra es hasta en el mes de enero. En Anta de 3,300 a 3,400 msnm es en el mes de diciembre.

4.2.8.3. Riego

Mendoza (1997), el número exacto de riegos para el cultivo de cebada no se puede determinar con precisión, ya que depende de factores como el clima, la textura del suelo y la variedad de la planta. Sin embargo, en condiciones de cultivo exigentes, se puede obtener una buena cosecha con cuatro riegos: uno al momento de la siembra, otro entre los 40 y 60 días, el tercero cuando la planta empieza a encañarse y el cuarto cuando comienzan a aparecer las espigas. El riego se realiza por inundación.

INIFAP (2015), señala que el agua es esencial para una buena productividad y debe suministrarse en las cantidades necesarias. Dado que en muchos casos el agua es escasa o costosa, su manejo debe ser adecuado, ya que tanto la falta como el exceso de agua afectan la producción de forraje. La frecuencia del riego varía según el clima:

en temperaturas bajas se alarga el período entre riegos y en temperaturas altas se reduce. El tiempo de riego lo indica la planta, que muestra síntomas de marchitez. Para la siembra de forraje, se recomienda un mínimo de cinco riegos: al momento de la siembra, a la emergencia, al amacolle, en floración y durante el llenado del grano. En caso de pastoreo directo, se sugiere realizar riegos cada 15 días. La cantidad de agua recomendada varía entre 12 a 15 cm, dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo. Los tres primeros riegos de establecimiento son cruciales, y debe pasarse un tiempo de ocho días después del segundo riego antes de iniciar el pastoreo.

4.2.8.4. Fertilización

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), mencionan la cebada, como todas las plantas, requiere de elementos mayores como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) Magnesio (Mg), Azufre (S) y Calcio (Ca) como fuentes minerales y los micro elementos que se pueden encontrar en los abonos de corral. Con un adecuado nivel de fertilización las plantas de cebada pueden crecer y desarrollarse sin presentar síntomas por exceso o deficiencia de fertilizantes.

- **Nitrógeno**

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), mencionan la absorción del nitrógeno puede variar con el periodo de crecimiento del cultivo, la variedad, el nitrógeno disponible en el suelo, que se relaciona con el nitrógeno residual del cultivo anterior y con las condiciones climáticas.

Se recomienda evitar aplicaciones de dosis altas de nitrógeno. Las plantas de cebada con altos niveles de nitrógeno son susceptibles al encamado o tumbado de las plantas. Fuente de nitrógeno: Nitrato de amonio, urea, compost, estiércol.

- **Fósforo**

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), menciona el fósforo es absorbido sobre todo al comienzo de la etapa vegetativa, estando su absorción ligada también a la del nitrógeno. Tiene una influencia decisiva sobre los rendimientos en grano de la cebada e incrementa su resistencia al frío invernal. Fuente de fósforo: superfosfato triple, fosfato diamónico, roca fosfórica.

- **Potasio**

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), mencionan que el potasio aumenta la calidad de los granos de cebada y aumenta la resistencia al encamado o tumbado de las plantas.

4.2.8.5. Control de malezas

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), mencionan las malezas compiten con la cebada por agua luz y fertilizantes. En campos mal cuidados pueden causar una gran pérdida de cosecha razón por la cual se recomienda:

1. Una buena preparación del suelo después del inicio de lluvias o un riego de machaco cuando las malezas hayan brotado.
2. La humedad favorece la germinación de malezas y el paso de maquina reduce su población.
3. Las relaciones con leguminosas y otras que requieran el uso de cultivadoras, contribuyen al control de malezas y a su vez enriquecen el suelo
4. Deshierbo manual, este trabajo debe hacerse cuando las plantas estén macollando cuidando que no malogren las raíces de la cebada.
5. El control químico, es importante distinguir las malezas de hoja ancha y las hojas angostas o gramíneas.
6. Control de maleza de hoja ancha, se puede controlar con 2.4 D sal amina cuyos nombres comerciales son U-46, Dfluid G, Hedonal. Malezas 6-D, Hojancha,
7. Grancide. Que se aplica a los 45 días después de la germinación para lo cual se utiliza 2 litros por hectárea a razón de 1 litro por 200 litros de agua.

4.2.8.6. Cosecha

Pinedo, Rojas y Bautiza (2020), menciona realizar la cosecha oportunamente a la madurez comercial, para obtener productos de calidad, considerando la frecuencia de factores bióticos y abióticos extemporáneos que perjudican la calidad del grano.

4.2.9. Efectos de los microorganismos eficientes sobre la fisiología de la planta

Toalombo (2012), menciona los efectos sobre la nutrición y adquisición del agua. Es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición debido a una mejora en la adquisición de nutrientes. Es sabido que existen varios microorganismos que son responsable de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N₂ atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua.

4.2.10. Aplicaciones agrícolas de los microorganismos eficientes

Toalombo (2012), menciona para que la acción de los microorganismos sea eficiente se debe conocer los requerimientos ambientales, entre ellos se consideran la

humedad, temperatura y pH. Existe mayor diversidad de microorganismos en ambientes de pH neutro entre valores de 6 a 8 y con temperaturas entre 15 y 45 °C. La reproducción o inoculación de ME se realiza bajo fermentación anaeróbica. Varios autores han propuesto la implementación de tecnologías limpias a través del uso de microorganismos con efectos benéficos. El uso de los microorganismos eficientes en la agricultura está en función de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores; con la aplicación de microorganismos benéficos el suelo retiene más agua, lo que implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos; dicha mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua.

4.3. Definición de términos

4.3.1. Características agronómicas

INIA (2020), el crecimiento de la planta, en este caso la cebada, se define como un aumento continuo en su tamaño, determinado por procesos morfológicos y de diferenciación. El primero se refiere al desarrollo de la forma o estructura de la semilla, mientras que el segundo involucra los cambios fenotípicos que permiten a la planta adquirir nuevas funciones durante su ciclo fenológico. Estas características son cruciales porque influyen directamente en el desarrollo de las plantas y en las prácticas de manejo agronómico del cultivo. Comprender estos aspectos permite realizar valoraciones clave para optimizar prácticas como la labranza, el drenaje, la aireación, el anclaje de las plantas y la retención de nutrientes y agua.

4.3.2. Microorganismos eficientes

Rashed (2014), los microorganismos eficientes (ME) son organismos anaeróbicos presentes en enmiendas agrícolas, suplementos nutricionales y medicamentos, inicialmente comercializados como EM. Su acción se basa en una diversidad microbiana que incluye bacterias lácticas, fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa. En agricultura, los ME promueven la germinación de semillas, favorecen el crecimiento y la floración, mejoran la fertilidad y estructura del suelo, y combaten fito patógenos. También incrementan la capacidad fotosintética y la absorción de agua y nutrientes, optimizando la calidad y acelerando el compostaje, lo que contribuye al aumento de los rendimientos agrícolas.

4.3.3. Rendimiento

FAO (2016), los rendimientos del cultivo es la cantidad de granos de cebada cosechados por unidad de área de tierra. Por lo general, se expresa en kilogramos por hectárea o toneladas por hectárea. Los rendimientos pueden verse afectados por varios factores, como el clima, la calidad del suelo y las técnicas de manejo de cultivos. Los datos presentados en este elemento se refieren a la producción cosechada (en peso) por unidad de superficie cosechada de cultivos.

4.3.4. Cebada moronera

INIA (2011), la cebada Moronera INIA, es un cultivar agroindustrial de hábito de crecimiento primaveral de buena calidad de grano con aptitud moronera o perlado. En la Sierra Central, Sierra Sur y Altiplano, constituye el cultivo más importante después de la papa y haba, para una mayor seguridad de sus cosechas, se siembra en altitudes de 2 500 a 4 000 msnm.

Planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas); a su vez, es un cereal de gran importancia tanto para animales como para humanos.

4.3.5. Biona TM

Biona TM (2023), la empresa se dedica a la fabricación de fertilizantes y bioestimulantes orientados a la agricultura ecológica y sostenible. Sus productos están elaborados a partir de materias primas naturales y procesos que respetan el medio ambiente, contribuyendo así a promover una agricultura más sostenible, esencial para el futuro del planeta.

4.3.6. Propiedades físico químicas del suelo

Carrasco (2010), la cebada moronera es una variedad de cebada adaptada a condiciones específicas de clima y suelo. Su rendimiento depende de factores como la fertilidad del suelo, el riego adecuado y el manejo agronómico. Se caracteriza por su resistencia a enfermedades y su capacidad para crecer en suelos marginales. Su producción es importante tanto para la industria cervecera como para la alimentación animal.

4.3.7. Calidad de grano

Vadillo (2011), la calidad del grano de trigo se refiere a las características físicas, químicas y sensoriales que determinan su idoneidad para su uso en la alimentación humana y animal. Incluye factores como el tamaño, la forma, el color, la dureza, el contenido de proteínas y la pureza.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Aspectos generales de la investigación

5.1.1. Tipo de investigación

La investigación se llevó a cabo de manera experimental, utilizando herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos mediante datos numéricos. Se emplearon métodos de observación detallada y descripción precisa de los fenómenos tal como ocurrieron en el contexto experimental, sin intervenir en su desarrollo. A través de la recopilación de datos empíricos, se identificaron las características y patrones del fenómeno estudiado, lo que permitió una comprensión profunda y objetiva de los resultados obtenidos.

5.1.2. Ubicación espacial

❖ Ubicación geográfica

Longitud:	71°52'03" Oeste
Latitud:	13°33'24" Sur
Altitud:	3,219 m

❖ Ubicación hidrográfica

Cuenca:	Vilcanota
Subcuenca:	Huatanay
Microcuenca:	Huanacaure

❖ Ubicación política

Región:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito:	San Jerónimo
Lugar:	Centro Agronómico K'ayra

• Ubicación ecológica

según la clasificación de Holdridge, el ámbito de influencia del trabajo de investigación, ubicado en el Centro Agronómico K'ayra, se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Seco - Montano Bajo Subtropical (bs-MBS).

5.1.3. Ubicación temporal

El presente trabajo de investigación tuvo una duración total de 2 años y 4 meses, comprendidos desde el 30 de enero de 2023 hasta el 23 de mayo de 2025. La elaboración del anteproyecto de tesis se realizó desde el 30 de enero de 2023 hasta el 1 de diciembre de 2023. La etapa de ejecución en campo experimental se desarrolló entre el 12 de diciembre de 2023 y el 31 de mayo de 2024. La redacción del

documento final de tesis se llevó a cabo desde el 10 de junio de 2024 hasta agosto de 2024. Los trámites de aprobación se realizaron hasta el 30 de marzo de 2025, y la sustentación de la tesis se efectuó el 23 de mayo de 2025.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Materiales de campo, equipos y herramientas

❖ Materiales de campo

- Estacas para marcar parcelas
- Carteles de identificación.
- Libreta de campo.
- Yeso.
- Bolsas de papel.

❖ Herramientas

- Picos
- Azadón
- Cegadoras
- Regla graduada con vernier
- Pala.
- Cinta métrica.
- Vernier.
- Wincha.
- Pico.
- Lampa.
- Rastrillo.

❖ Equipos

- Cámara fotográfica.
- Mochila aspersor manual de 15 lt
- Equipo de computo
- Tractor agrícola.
- Balanza de 12 kg
- Balanza de precisión

❖ Material biológico

- **Semilla:** Se adquirió semilla de cebada moronera en una agroveterinaria de confianza, garantizando su calidad, con una compra de 8 kilos en el distrito de Santiago - Cusco.

5.2.2. Metodología

5.2.2.1. Diseño experimental

Como diseño estadístico en la presente investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al Azar, con 04 bloques experimentales, 04 tratamientos y 04 repeticiones obteniendo un total de 16 unidades experimentales, se hizo al azar para la distribución aleatoria de los tratamientos. posteriormente a la evaluación los datos resultantes serán procesados haciendo uso del análisis de varianza con su respectiva prueba Tukey así lo amerite con un nivel de significancia de 5% y 1%.

5.2.2.2. Descripción de productos de Biona

Para el suelo

- **Effectio SC:** Es un producto biológico que contiene esporas de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride*, y *Trichoderma lignorum*, junto con sus metabolitos. Su concentración es de $2,0 \times 10^{10}$ UFC/ml (20 mil millones de bacterias por ml). Este producto tiene varios beneficios, tales como:
 - Acelera la descomposición de residuos vegetales.
 - Regula los patógenos en los cultivos agrícolas.
 - Normaliza la microflora del suelo.
 - Estimula el crecimiento de las plantas.
 - Mejora la fertilidad del suelo.
 - Dosis de aplicación: 0.35 L/ha.

Para la semilla

- **Bactofort:** Este producto combina las bacterias *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* con una concentración de $5,0 \times 10^9$ UFC/ml (5 mil millones de bacterias por ml). Está diseñado para:
 - Proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento.
 - **Dosis de aplicación:** 12 ml por 6 kg de semilla, disuelto en 90 ml de agua clorada. Se utiliza un envase para mezclar, una probeta y dos jarras.

- **Nitrocereal:** Este producto contiene dos componentes, *Agrobacterium radiobacter* (Composant "A") y *Bacillus megaterium* (Composant "B"), con una concentración de $2,0 \times 10^9$ CFU/ml (2 mil millones de bacterias por ml). Es un fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato que mejora la nutrición de las plantas. Se utiliza en el tratamiento de semillas de cereales.
 - **Dosis de aplicación:** 12 ml por 6 kg de semilla, disuelto en 90 ml de agua clorada. Se utiliza el mismo proceso de mezcla con un envase, probeta y dos jarras.
- **Sunny Mix :** Este producto es un complejo natural que contiene macro y micronutrientes en forma quelada, junto con ácidos orgánicos, aminoácidos y estimulantes del crecimiento y la inmunidad de las plantas. Las concentraciones de los nutrientes son las siguientes:
 - Nitrógeno (N): 4 g/L
 - Fósforo (P_2O_5): 40 g/L
 - Potasio (K_2O): 54,8 g/L
 - Boro (B): 4,5 g/L
 - Zinc (Zn): 14,6 g/L
 - Molibdeno (Mo): 0,5 g/L
 - Magnesio (MgO): 65,6 g/L
 - Manganeseo (Mn): 21,1 g/L
 - Hierro (Fe): 14 g/L
 - Azúcar (S): 79,5 g/L
 - Cobre (Cu): 7,6 g/L
 - Además de los ácidos orgánicos, aminoácidos y estimulantes del crecimiento y la inmunidad de las plantas, que suman 25 g/L cada uno.
 - Dosis de aplicación: 6 ml por 6 kg de semilla, disuelto en 90 ml de agua clorada. Se utiliza el mismo proceso de mezcla con un envase, probeta y dos jarras.

5.2.2.3. Características del campo experimental

- **Campo experimental**

- Largo: 29 m
- Ancho incluida calles centrales: 18 m.
- Área total: 522 m²

- **Bloques**

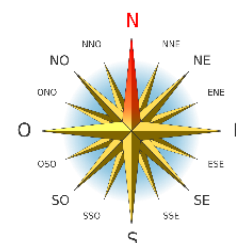
- N.º de bloques: 4.0
- Ancho de bloque: 6.0 m
- Largo de bloque: 16.0 m
- Área por bloque: 96.0 m².

- **Unidad experimental**

- N.º de unidades experimentales total: 16.0
- N.º de unidades experimentales por bloque: 4.0
- Largo: 4.0 m
- Ancho: 6.0 m.
- Área: 24.0 m²

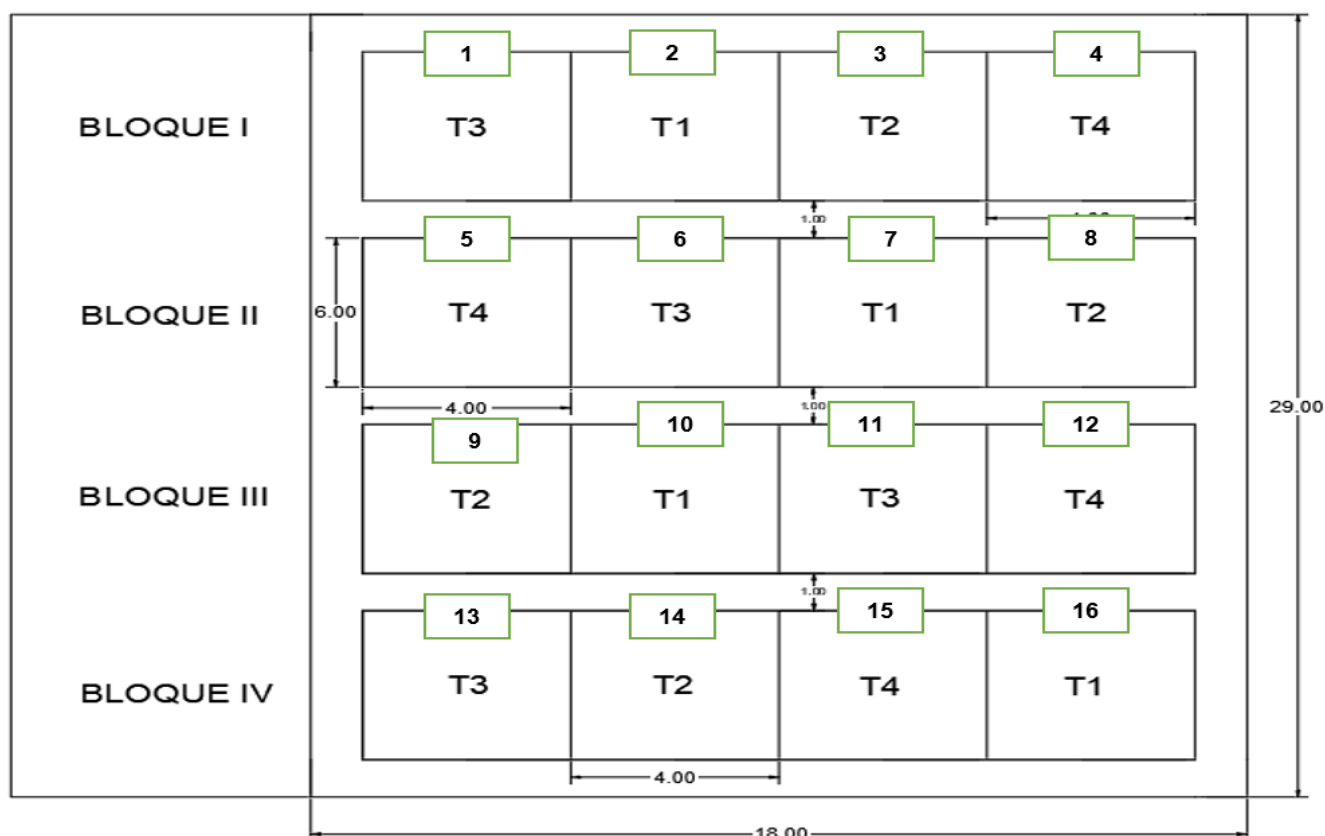
- **Calles**

- Numero de calles entre bloques: 3.0
- Largo de calle: 16.0 m
- Ancho de calle: 1.0 m
- Área de calles: 48.0 m²



5.2.3. Croquis del campo experimental

Grafico N° 1. Croquis del campo experimental



5.2.4. Factores de estudio

Se utilizó esta dosificación según la recomendación de la empresa biona, se incrementó el producto superior e inferior en acuerdo con el asesor que nos da la dosis para 522 m²

- 1.- 350 ml/ha Microorganismos eficientes
- 2.- 250 ml/ha Microorganismos eficientes
- 3.- 150 ml/ha Microorganismos eficientes
- 4.- Testigo (Sin aplicación)

5.2.5. Tratamientos

Los abonamientos con sus respectivas dosis serán para cada tratamiento obtenidos de la combinación de los factores que son los siguientes:

Tabla N° 5. Tratamientos a evaluar

Tratamiento	Indicador	Dosis (ml) suelo	Dosis para semilla de 6kg
T1	Microorganismos eficientes (Effectbio SC)	350 ml/522 m ²	Se utilizo para semilla de 6 kg 12+12+6 ml en 90 ml de agua
T2	Microorganismos eficientes (Effectbio SC)	250 ml/522 m ²	
T3	Microorganismos eficientes (Effectbio SC)	150 ml/522 m ²	
T4	Testigo		

Aplicación de tratamientos

❖ **Tratamiento 1:** 350 ml/ha Microorganismos eficientes (Effectbio SC)

$$350 \text{ ml} \text{ ————— } 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ ————— } 24 \text{ m}^2$$

$$x = 0.84 \text{ ml}$$

$$0.84 \times 4 \text{ repeticiones} = 3.36 \text{ ml}$$

$$350 \text{ ml} \text{ ————— } 200 \text{ L}$$

$$3.36 \text{ ml} \text{ ————— } X$$

$$= 1.92 \text{ L de agua}$$

En el tratamiento 1 se utilizó en total 3.36 ml de microorganismos eficientes (Effectbio SC) disueltos en 1.92 litros de agua.

❖ **Tratamiento 2:** 250 ml/ha Microorganismos eficientes (Effectbio SC)

$$250 \text{ ml} \text{ ————— } 10000 \text{ m}^2$$

$$\begin{array}{rcl}
 X & \text{————} & 24\text{m}^2 \\
 = & \mathbf{0.60 \text{ ml}} & \\
 \mathbf{0.60 \times 4 \text{ repeticiones}} & & = \mathbf{2.40 \text{ ml}} \\
 250 \text{ ml} & \text{————} & 200 \text{ L} \\
 2.40 \text{ ml} & \text{————} & X \\
 = & \mathbf{1.92 \text{ L de agua}} &
 \end{array}$$

En el tratamiento 2 se utilizó en total 2.40 ml de microorganismos eficientes (Effectbio SC) disueltos en 1.92 litros de agua.

❖ **Tratamiento 3:** 150 ml/ha Microorganismos eficientes (Effectbio SC)

$$\begin{array}{rcl}
 150 \text{ ml} & \text{————} & 10000 \text{ m}^2 \\
 X & \text{————} & 24\text{m}^2 \\
 = & \mathbf{0.36 \text{ ml}} & \\
 \mathbf{0.36 \times 4 \text{ repeticiones}} & & = \mathbf{1.44 \text{ ml}} \\
 150 \text{ ml} & \text{————} & 200 \text{ L} \\
 1.44\text{ml} & \text{————} & X \\
 = & \mathbf{1.92 \text{ L de agua}} &
 \end{array}$$

En el tratamiento 3 se utilizó en total 1.44 ml de microorganismos eficientes (Effectbio SC) disueltos en 1.92 litros de agua.

❖ **Tratamiento 4:** sin aplicación.

5.2.6. Aplicación de microorganismos eficientes para la semilla

El tratamiento se realizó con microorganismos eficientes y se utilizó:

- a) **Bactofort:** diseñado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento, la dosis de aplicación fue a razón de 12.00 ml/ 6 kg. de semilla, en 90 ml de agua clorada, para lo cual se utilizó envase para mezclar, una probeta y dos jarras.

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ kg} & \text{————} & 2 \text{ ml} \\
 6 \text{ kg} & \text{————} & X \\
 = & \mathbf{12 \text{ ml de bactofort}} &
 \end{array}$$

Proceso y detalle por pasos:

1. Preparación de los materiales y componentes

- **Producto utilizado:** Un tratamiento diseñado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas, especialmente en las primeras etapas de desarrollo y durante la temporada de crecimiento.

- **Cantidad de semilla:** Se utilizaron 6 kg de semillas que serían tratadas.
- **Cantidad de agua:** Se prepararon 90 ml de agua clorada para disolver el producto.
- **Utensilios necesarios:**
 - Un envase adecuado para mezclar la solución.
 - Una probeta para medir con precisión el volumen del producto y el agua.
 - Dos jarras para facilitar la mezcla y aplicación.

2. Medición de los ingredientes

- **Medición del producto:** Se midieron 12.00 ml del producto utilizando la probeta.
- **Medición del agua:** Se midieron 90 ml de agua clorada también con la probeta.

3. Mezcla del producto

- **Mezcla en el envase:** Se vertieron los 12.00 ml del producto en el envase adecuado para mezclar.
- **Añadido del agua clorada:** Se añadieron los 90 ml de agua clorada al envase con el producto.
- **Mezcla homogénea:** Se agitó la mezcla hasta que el producto se disolvió completamente en el agua.

4. Tratamiento de las semillas

- **Aplicación sobre las semillas:** Se colocaron los 6 kg de semillas en un recipiente o superficie adecuada para ser tratadas.
- **Distribución de la mezcla:** Se vertió gradualmente la mezcla sobre las semillas, asegurándose de que cada semilla recibiera una cobertura uniforme del tratamiento.
- **Mezcla uniforme:** Se revolvieron las semillas con la mezcla para garantizar que el producto se distribuyera de manera homogénea en todas las semillas.

5. Almacenaje de las semillas tratadas

- **Secado (si fue necesario):** Se dejó que las semillas tratadas se secaran, en caso de ser necesario, antes de su almacenamiento.
- **Almacenaje:** Las semillas tratadas se almacenaron en un lugar seco y fresco hasta el momento de la siembra.

Este procedimiento fue diseñado para proteger las semillas de enfermedades fúngicas en su fase inicial y durante su desarrollo, garantizando que el producto se aplicara correctamente en las dosis indicadas para obtener los mejores resultados.

b) Nitrocereal: fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato asociativo de dos componentes, destinado al tratamiento de semillas de cereales con el fin de mejorar la nutrición de las plantas, la dosis de aplicación fue a razón de 12.00 ml/ 8kg. de semilla, en 90 ml de agua clorada, para lo cual se utilizó envase para mezclar, una probeta y dos jarras.

1 kg ——— 2 ml

6 kg ——— X

= 12 ml de Nitrocereal A y B

Proceso y detalle por pasos:

1. Preparación de los materiales y componentes

- **Producto utilizado:** Fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato, en su presentación líquida (dos componentes).
- **Cantidad de semilla:** 6 kg de semillas de cereales que fueron tratadas.
- **Cantidad de agua:** 90 ml de agua clorada para disolver el producto.
- **Utensilios necesarios:**
 - Un envase adecuado para mezclar el tratamiento.
 - Una probeta para medir el volumen del producto y del agua.
 - Dos jarras para facilitar la mezcla y aplicación.

2. Medición de los ingredientes

- **Medición del producto:** Se midieron 12.00 ml del producto fijador de nitrógeno y movilizador de fosfato utilizando la probeta.
- **Medición del agua:** Se midieron 90 ml de agua clorada con la probeta.

3. Mezcla del producto

- **Mezcla en el envase:** Se vertieron los 12.00 ml del producto en el envase adecuado.
- **Añadido del agua clorada:** Se añadieron los 90 ml de agua clorada al envase con el producto.
- **Mezcla:** Se agitó la mezcla hasta que el producto se disolvió completamente en el agua.

4. Tratamiento de las semillas

- **Aplicación de la mezcla sobre las semillas:** Se colocaron los 6 kg de semillas en un recipiente adecuado para ser tratadas.

- **Distribución de la mezcla:** Se vertió gradualmente la mezcla sobre las semillas, asegurándose de que cada semilla recibiera una cobertura uniforme del tratamiento.
- **Mezcla uniforme:** Se revolvieron las semillas con la mezcla para garantizar que el producto se distribuyera de forma homogénea en todas las semillas.

5. Almacenaje de las semillas tratadas

- **Secado (si fue necesario):** Se dejó que las semillas tratadas se secaran, en caso de ser necesario, antes de su almacenamiento.
- **Almacenaje:** Las semillas tratadas se almacenaron en un lugar seco y fresco hasta el momento de la siembra.

Este procedimiento se llevó a cabo con el fin de mejorar la nutrición de las plantas, específicamente en cuanto al nitrógeno y fósforo, proporcionándoles los beneficios del tratamiento aplicado.

c) Sunny Mix: Estimulantes del crecimiento y la inmunidad de las plantas - 10 g/l, + Adhesivo), surfactante, que es un complejo natural de macro y micronutrientes en forma quelatada, destinado a aumentar los rendimientos y la calidad de la cosecha, la dosis de aplicación fue a razón 6 ml / 6 kg. de semilla, en 90 ml de agua clorada, para lo cual se utilizó envase para mezclar, una probeta y dos jarras.

1 kg ——— 1 ml

6 kg ——— X

= 6 ml de Sunny Mix

Proceso y detalle por pasos:

Aquí tienes el procedimiento mejorado, detallado por pasos y en tiempo pasado:

1. Preparación de los materiales y componentes

- **Producto utilizado:** Estimulantes del crecimiento y la inmunidad de las plantas, con una concentración de 10 g/l, más un adhesivo (surfactante) que forma un complejo natural de macro y micronutrientes quelatados.
- **Objetivo:** El producto estaba destinado a aumentar los rendimientos y la calidad de la cosecha.
- **Cantidad de semilla:** Se utilizaron 6 kg de semillas para el tratamiento.
- **Cantidad de agua:** Se prepararon 90 ml de agua clorada para disolver el producto.
- **Utensilios necesarios:**

- Un envase adecuado para mezclar la solución.
- Una probeta para medir con precisión el volumen del producto y el agua.
- Dos jarras para facilitar el proceso de mezcla y aplicación.

2. Medición de los ingredientes

- **Medición del producto:** Se midieron 6 ml del estimulante de crecimiento y la inmunidad utilizando la probeta.
- **Medición del agua:** Se midieron 90 ml de agua clorada también con la probeta.

3. Mezcla del producto

- **Mezcla en el envase:** Se vertieron los 6 ml del producto estimulante en el envase adecuado para mezclar.
- **Añadido del agua clorada:** Se añadieron los 90 ml de agua clorada al envase con el producto.
- **Mezcla homogénea:** Se agitó bien la mezcla hasta que el producto se disolvió completamente en el agua.

4. Tratamiento de las semillas

- **Aplicación sobre las semillas:** Se colocaron los 6 kg de semillas en un recipiente adecuado para ser tratadas.
- **Distribución de la mezcla:** Se vertió gradualmente la mezcla sobre las semillas, asegurándose de que cada semilla recibiera una cobertura uniforme del tratamiento.
- **Mezcla uniforme:** Se revolvieron las semillas con la mezcla para garantizar que el producto se distribuyera de manera homogénea en todas las semillas.

5. Almacenaje de las semillas tratadas

- **Secado (si fue necesario):** Se dejó que las semillas tratadas se secaran, en caso de ser necesario, antes de su almacenamiento.
- **Almacenaje:** Las semillas tratadas se almacenaron en un lugar seco y fresco hasta el momento de la siembra.

Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de estimular el crecimiento y mejorar la inmunidad de las plantas, proporcionando un complejo nutritivo que favorece el aumento de los rendimientos y la calidad de la cosecha.

5.2.7. Conducción de la investigación

5.2.7.1. Preparación del terreno

Para ejecutar esta labor fue necesario un tractor agrícola con discos de arado y discos de rastra, antes de la aradura se aplicó riego pesado con la finalidad de suavizar el

terreno para la aradura y rastrado posterior. La preparación se realizó el 20 de setiembre del año 2023.

Fotografía N° 1. Preparación del terreno



5.2.7.2. Trazo, nivelación y replanteo

Se realizó después de la preparación del terreno, las dimensiones planteadas en el presente anteproyecto, para tal actividad fue necesario estacas, yeso y cordel. Esta actividad se realizó el 19 de setiembre del año 2023.

Fotografía N° 2. Trazo nivelación y replanteo



5.2.7.3. Tratamiento de suelo

Se utilizó el fungicida biológico del suelo Effectbio SC cuya composición química contiene *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* y *Trichoderam lignorum* que estuvo

diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, regular el número de patógenos de cultivos agrícolas a razón de 0.52 ml en 8 litros de agua para 522 m². Esta actividad se realizó el 10 de diciembre del año 2023.

Fotografía N° 3. Tratamiento del suelo



5.2.7.4. Tratamiento de semilla

Se utilizó semilla de cebada moronera que fue comprada de productores locales, se trabajó con una cantidad de semilla de 6 kg, se utilizó el fungicida biológico Bactofort, cuya composición química contiene *Bacillus subtilis* a razón de 2.00 L/tonelada en 10 litros de agua, y Nitrocereal A que es un inoculante biológico cuya composición contiene *Agrobacterium radiobacter* a razón de 1kg x 2 ml de producto en 10 litros de agua. Esta actividad se reaflizo el 14 de diciembre del año

Fotografía N° 4. Tratamiento de semilla



5.2.7.5. Siembra

El sistema de siembra se realizó al voleo utilizando una densidad de 120 kg de semilla por hectárea. La distribución de la semilla en el campo se ejecutó de manera uniforme. Esta actividad se realizó el 14 de diciembre del año 2023.

Fotografía N° 5. Siembra



5.2.7.6. Riego

Esta actividad se realizó por riego por gravedad con frecuencia según los requerimientos de la planta. Esta actividad se realizó cada 7 días desde la siembra hasta la etapa de espigado.

Aquí tienes un procedimiento detallado en tiempo pasado para realizar un riego por gravedad en cultivo de cebada, considerando que la distancia entre surco y surco es de 0.90 m:

1. Preparación del campo y diseño de los surcos

- Primero, se preparó el terreno para el riego por gravedad, asegurándose de que tuviera una ligera pendiente (alrededor de un 2-5%) para permitir el flujo natural del agua. Se realizaron surcos a una distancia de 0.90 m entre cada uno, lo cual es adecuado para el cultivo de cebada, ya que permite que el agua se distribuya de manera eficiente y llegue a las raíces sin causar encharcamientos.
- Luego, se construyeron canales o acequias a lo largo del campo para que el agua pudiera fluir de manera controlada hacia los surcos. Estos canales se

alinearon con la pendiente del terreno para asegurar que el agua se moviera de forma uniforme.

2. Liberación del agua y distribución en los surcos

- Una vez que los surcos y canales estaban listos, se abrió el suministro de agua desde la fuente o sistema de riego hacia los canales de riego. El agua fluyó a lo largo de los canales hasta llegar a los surcos, donde se distribuyó de manera gradual.
- Se observó que el flujo de agua fuera uniforme, de modo que cubriera toda el área de cada surco, asegurándose de que no hubiera acumulaciones excesivas ni escurrimientos rápidos que pudieran generar erosión o desbordes. El tiempo de riego dependió de la cantidad de agua que se necesitaba, pero generalmente se programó para que el agua cubriera cada surco en un lapso de aproximadamente 30 a 45 minutos, dependiendo de la cantidad de agua disponible y la absorción del suelo.

3. Monitoreo y ajuste del riego

- Durante el proceso de riego, se monitoreó constantemente la distribución del agua en cada surco. Si alguna sección recibía demasiada agua o no recibía suficiente, se ajustaron los canales o el flujo de agua para corregirlo.
- Se observó que, al terminar el riego, el agua había penetrado de manera uniforme en el suelo, humedeciendo las raíces de las plantas de cebada sin generar estancamientos. Se cerró el flujo de agua cuando los surcos estuvieron completamente regados, y se dejó que el exceso de agua se drenara naturalmente, evitando que las raíces quedaran saturadas.

Este proceso permitió un riego eficiente y controlado, favoreciendo el crecimiento saludable del cultivo de cebada mediante el uso de riego por gravedad.

Fotografia N° 6. Riego



5.2.7.7. Control de malezas.

El control de maleza se realizó de manera manual para prevenir la competencia por nutrientes, especialmente con especies invasoras como el nabo (*Rapistrum rugosum*) y el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Esta práctica permitió reducir la proliferación de estas plantas indeseables, asegurando una mejor disponibilidad de recursos para el cultivo. Se adoptó esta metodología para mantener un ambiente favorable para el crecimiento óptimo de la cebada moronera. Esta actividad se realizó en 27 de diciembre del año 2023 y el 15 de enero del año 2024.

Fotografia N° 7. Control de malezas



5.2.7.8. Control fitosanitario

Se aplicó los fungicidas e insecticidas segun necesidad del cultivo, evitando que las plagas y enfermedades dañen al cultivo. Las dosis y productos aplicados fueron segun necesidad, la principal enfermedad contra la que se previnio fue la roya amarilla.

5.2.7.9. Cosecha

La cosecha se realizó cuando la planta alcanzo su madurez fisiológica en la prefloración del cultivo, determinado un 75 % de la inflorescencia visible, esta labor consistió en el corte del forraje principal, para lo cual fue necesario herramientas manuales. Esta actividad se realizó 22 de abril del año 2024.

Fotografia N° 8. Cosecha



5.2.8. Evaluaciones

para desarrollar las evaluaciones finales en campo se escogió al azar 15 plantas por unidad experimental, apartando las plantas del efecto borde de cada unidad experimental. Las evaluaciones se desarrollaron siempre sobre las mismas plantas escogidas. Los indicadores a evaluar son las siguientes:

5.2.8.1. Para rendimiento

- **Peso de grano por hectárea.** - El área efectiva de evaluación por unidad experimental fue de 24 m², es decir 4 m de ancho por 6 m de largo. Para determinar los rendimientos se cosecho, desgrano y peso el grano de cebada moronera, por regla de tres fue convertida a peso de grano por hectárea.

- **Peso de grano por planta.** - Para determinar este indicador se cosecho, desgrano y peso la cebada moronera de las 15 plantas seleccionadas al azar del área efectiva de evaluación, con una balanza de precisión.

5.2.8.2. Para características agronómicas

- **Altura de planta.** - Para comprobar la altura de plantas se midió la longitud que existe entre la base del tallo principal y el ápice de la espiga. La evaluación se realizó sobre las 15 plantas muestreadas por unidad experimental. Se consideró solamente la planta principal y no los macollos. Esta evaluación se realizó a cabo cuando la planta llegó a su madurez fisiológica.
- **Numero de macollos por planta.** - Este indicador se ha obtenido contando los macollos de cada una de las 15 plantas elegidas al azar por unidad experimental. Esta evaluación se realizó a cabo cuando la planta llegó a su madurez fisiológica.
- **Numero de hojas por planta.** - Este indicador se ha obtenido contando las hojas de cada una de las 15 plantas muestreadas por unidad experimental. Esta evaluación se llevó a cabo cuando la planta llegue a su madurez fisiológica.
- **Longitud de lámina foliar.** - La longitud de lámina foliar se determinó considerando la distancia que existe entre la zona de unión con la lígula y el ápice de la lámina foliar. La evaluación se realizó sobre la hoja central del tallo principal y considerando siempre las 15 plantas muestreadas en cada unidad experimental. Esta evaluación se llevó a cabo cuando la planta estuvo en su madurez fisiológica.
- **Número de espigas por planta.** - Este indicador se ha obtenido contando las espigas de cada una de las 15 plantas elegidas al azar por unidad experimental. Esta evaluación se llevó a cabo cuando la planta estuvo en su madurez fisiológica.

RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Para rendimiento

6.1.1. Peso de grano por planta

Segun los análisis de varianza de la tabla 6, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 7.95 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 6. Anova peso de grano por planta

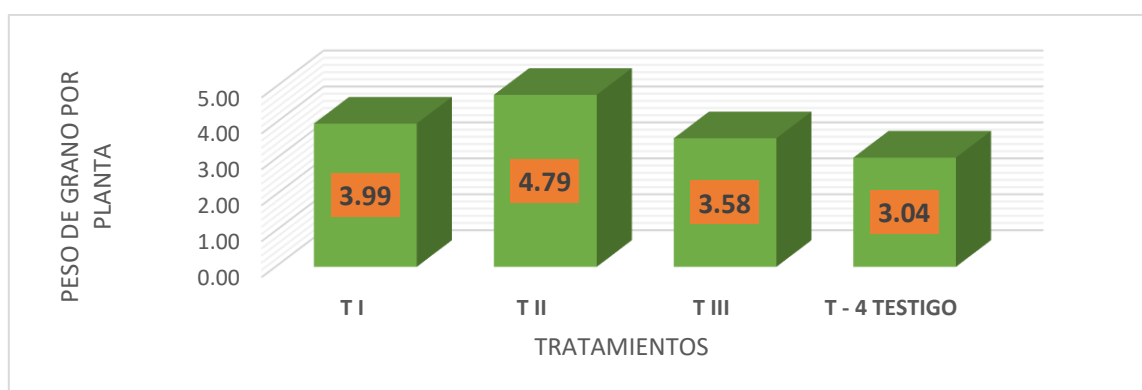
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	0.62	3	0.21	2.21	0.1563
Tratamientos	6.52	3	2.17	23.21	0.0001
Error	0.84	9	0.09		
Total	7.98	15	C.V= 7.95		

Tabla N° 7. Prueba tukey peso de grano por planta por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T - II	4.79	4	0.15	A
T - I	3.99	4	0.15	B
T - III	3.58	4	0.15	B C
T - TESTIGO	3.04	4	0.15	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Gráfico N° 2. Distribución porcentual de peso de grano por planta



En la tabla 7 y gráfico 2, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de peso registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo

vegetativo, se incrementa el peso de grano por planta, así el tratamiento que alcanzó mayor peso de grano por planta en promedio fue el tratamiento II con 4.79 gramos.

6.1.2. Rendimientos de granos por área neta

En cuanto a los rendimientos, la prueba de estadística de análisis de varianza nos reportó diferencia significativa entre tratamientos y entre bloques, con un coeficiente de variabilidad 8.60%.

Tabla Nº 8. Rendimientos de granos por área neta kg

BLOQUE	Tratamiento	Peso de granos por área neta (KG)
B I	T I	7.500
B I	T II	6.562
B I	T III	5.620
B I	T - 4 TESTIGO	8.000
B II	T I	5.510
B II	T II	6.520
B II	T III	8.515
B II	T - 4 TESTIGO	6.200
B III	T I	6.235
B III	T II	6.225
B III	T III	5.535
B III	T - 4 TESTIGO	7.000
B IV	T I	5.235
B IV	T II	6.150
B IV	T III	6.510
B IV	T - 4 TESTIGO	5.500

Tabla Nº 9. Análisis de Anova peso de granos por área neta kg

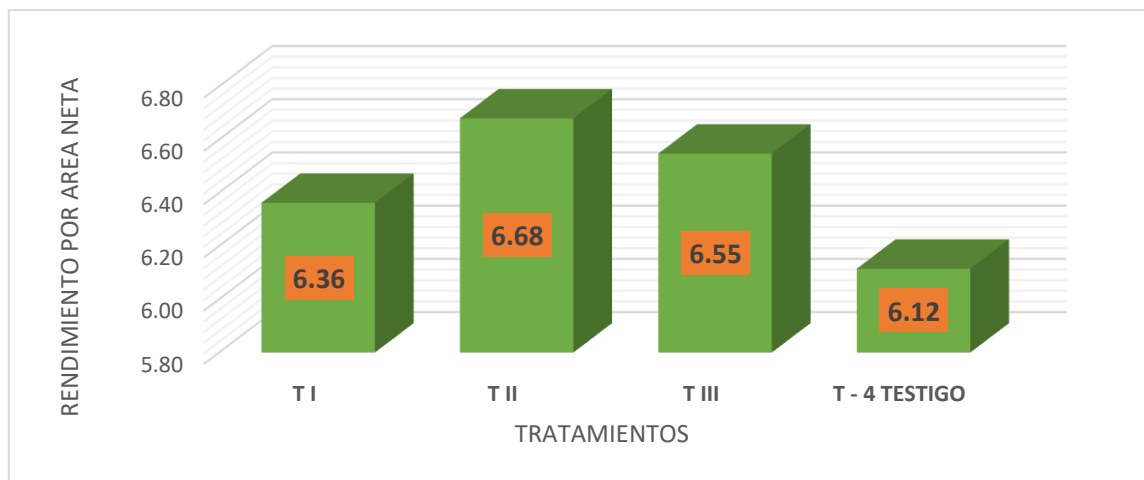
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
BLOQUE	0.01	3	0.03	0.01	0.9987
TRATAMIENTOS	0.72	3	0.24	0.79	0.5313
ERROR	2.75	9	0.31		
TOTAL	3.48	15	C.V= 8.60		

Tabla Nº 10. Prueba tukey peso de granos por area neta kg

BLOQUES	MEDIAS	n	E.E	
T II	6.68	4	0.28	A
T III	6.55	4	0.28	A
T I	6.36	4	0.28	A
T IV (testigo)	6.12	4	0.28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 3. Distribución porcentual de peso de grano por área neta kg



En la tabla 10 y grafico 3 se muestra los resultados de rendimiento (kg) y mediante la prueba de Tukey se puede apreciar que el tratamiento de mayor rendimiento fue: tratamiento II con 6.68 kg por área neta.

6.1.1. Rendimiento grano por hectárea

Fórmula utilizada en la conversión de kg a t/ha

Peso tratamiento -----área neta m²

X-----10000 m²...../1000

En la tabla 11, el análisis de varianza para los rendimientos, muestra significancia en bloques, mientras que en tratamientos a una significación al nivel del 1% y 5%, indicando con un 99% y 95% de confianza la existencia de diferencias significativas entre tratamientos; con un coeficiente de variabilidad de 8.60%, refiriendo la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla N° 11. Análisis de Anova rendimiento de granos por hectárea

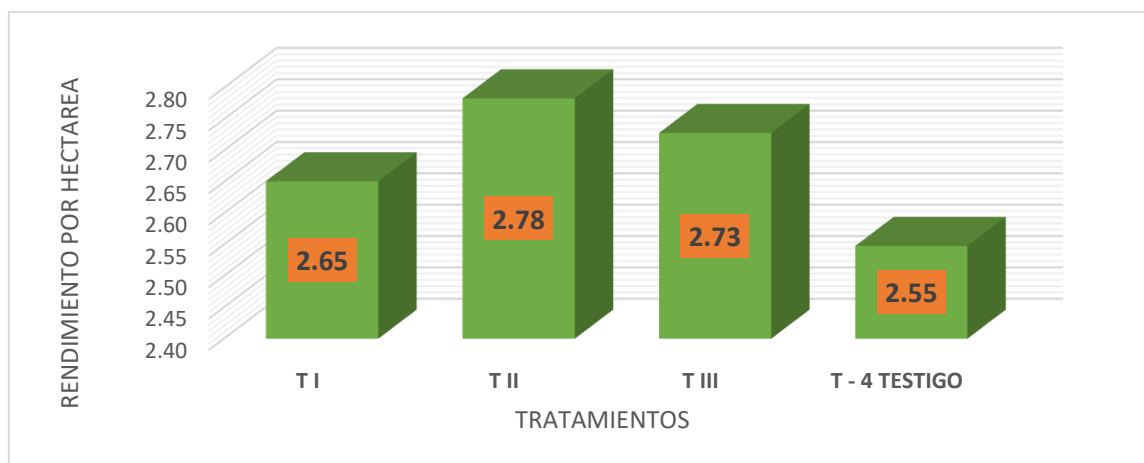
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
BLOQUE	1.03	3	0.04	0.01	0.9987
TRATAMIENTOS	0.13	3	0.04	0.79	0.5313
ERROR	0.48	9	0.05		
TOTAL	0.60	15	C.V= 8.60		

Tabla N° 12. Prueba tukey rendimiento de granos tonelada por hectárea

BLOQUES	MEDIAS	n	E. E	
T II	2.78	4	0.12	A
T III	2.73	4	0.12	A
T I	2.65	4	0.12	A
T IV (testigo)	2.55	4	0.12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 4. Distribución grafica de rendimiento de granos Tn/ha



En la tabla 12 y grafico 4, en la prueba Tukey para rendimiento, se tiene que a un nivel del 5% de significación el tratamiento II con 2.78 t/ha, seguido por el tratamiento III con 2.73 t/ha, tratamiento I con 2.65 t/ha y finalmente tratamiento IV con 2.55 t/ha. Son estadísticamente diferentes entre sí.

Se obtuvo mayor rendimiento de grano respecto a nuestro antecedente, por influencia de los microorganismos eficientes, el resultado obtenido se infiere que existe una tendencia de alcanzar mayor rendimiento de granos de cebada utilizando el Tratamiento II: (Effectbio SC) 250 ml/ha,

Plan de Desarrollo Local Concertado del distrito de San Salvador (2005), el cultivo de cebada es uno de los cultivos importantes que se siembra bajo secano (laderas). Es uno de cultivos importantes para la alimentación de la población y sus ingresos económicos. Los rendimientos que se obtiene en la producción de cebada alcanzan alrededor de 1,05 t/ha aproximadamente.

6.2. Para características agronómicas

6.2.1. Altura de planta

Segun los análisis de varianza de la tabla 13, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 3.39

que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 13. Anova altura de planta

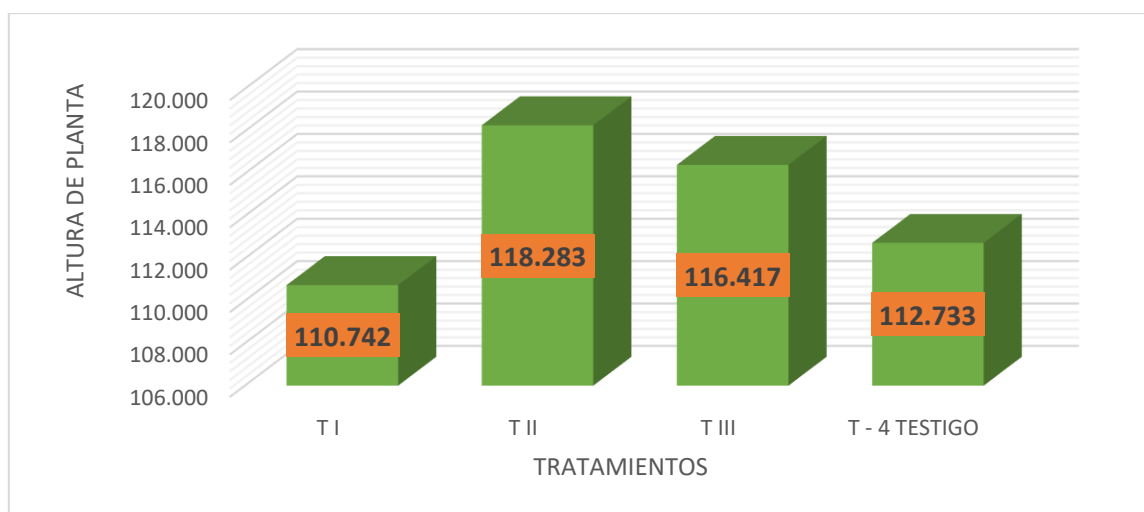
F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	512.73	3	170.91	11.32	0.0021
Tratamientos	140.90	3	46.97	3.11	0.0813
Error	135.85	9	15.09		
Total	789.48	15	C.V= 3.39		

Tabla N° 14. Prueba tukey altura de planta por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T - II	118.28	4	1.94	A
T - III	116.42	4	1.94	A
T - TESTIGO	112.73	4	1.94	A
T - I	110.74	4	1.94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 5. Distribución porcentual de altura de planta



En la tabla 14 y gráfico 5, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de altura registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa la altura de planta, así el tratamiento que alcanzó mayor altura de planta en promedio fue el tratamiento II con 118,28 cm

Se obtuvo mayor tamaño de planta respecto a nuestro antecedente, por influencia del microorganismo eficiente, el resultado obtenido se infiere que existe una tendencia de

alcanzar mayor rendimiento de granos de cebada utilizando el Tratamiento II: (Effectbio SC) 250 ml/ha

Cisneros (2018), en su trabajo de investigación en la altura de planta no existe diferencia entre las variedades de cebada, siendo estas de 88.62 y 87.62 cm en dos cultivares de cebada.

6.2.2. Numero de macollos por planta

Segun los análisis de varianza de la tabla 15, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 27.94 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 15. Anova numero de macollos por planta

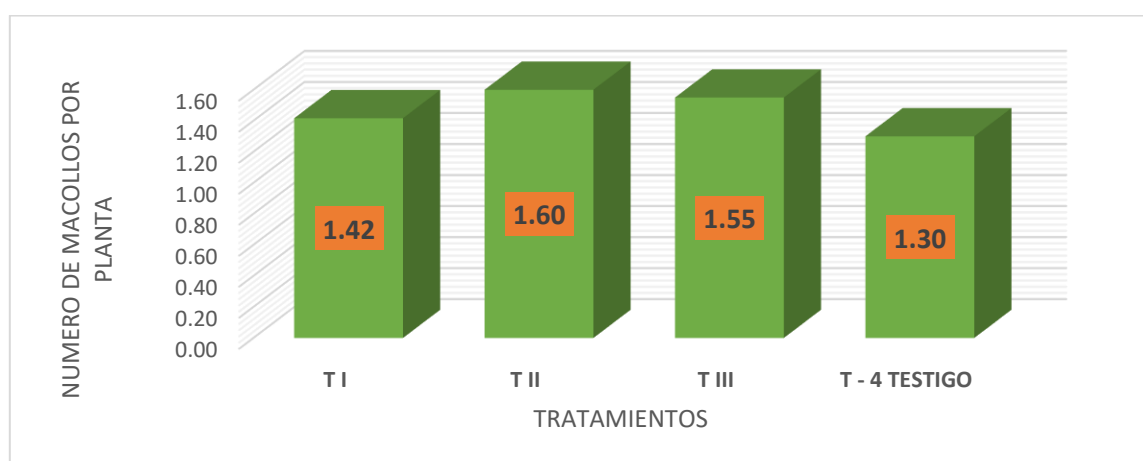
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	0.91	3	0.30	1.80	0.2164
Tratamientos	0.22	3	0.07	0.44	0.7321
Error	1.51	9	0.17		
Total	2.64	15	C.V= 27.94		

Tabla N° 16. Prueba tukey numero de macollos por planta por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E. E	
T - II	1.60	4	0.20	A
T – III	1.55	4	0.20	A
T - I	1.42	4	0.20	A
T – TESTIGO	1.30	4	0.20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 6. Distribución porcentual número de macollos por planta



En la tabla 16 y gráfico 6, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de número de macollos por planta registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa número de macollos por planta, así el tratamiento que alcanzó mayor número de macollos por planta en promedio fue el tratamiento II con 1.60 unidades promedio.

Se obtuvo menor número de macollos respecto a nuestro antecedente, por influencia del microorganismo eficiente, el resultado obtenido se infiere que existe una tendencia de alcanzar mayor longitud de espiga de cebada utilizando el Tratamiento II: (Effectbio SC) 250 ml/ha.

Carbajal (2017), indica que no existe variación en la longitud de la espiga, dándonos un rango de 5.5 macollos por planta.

6.2.3. Numero de hojas por planta

Segun los análisis de varianza de la tabla 17, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 8.04 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 17. Anova numero de hojas por planta

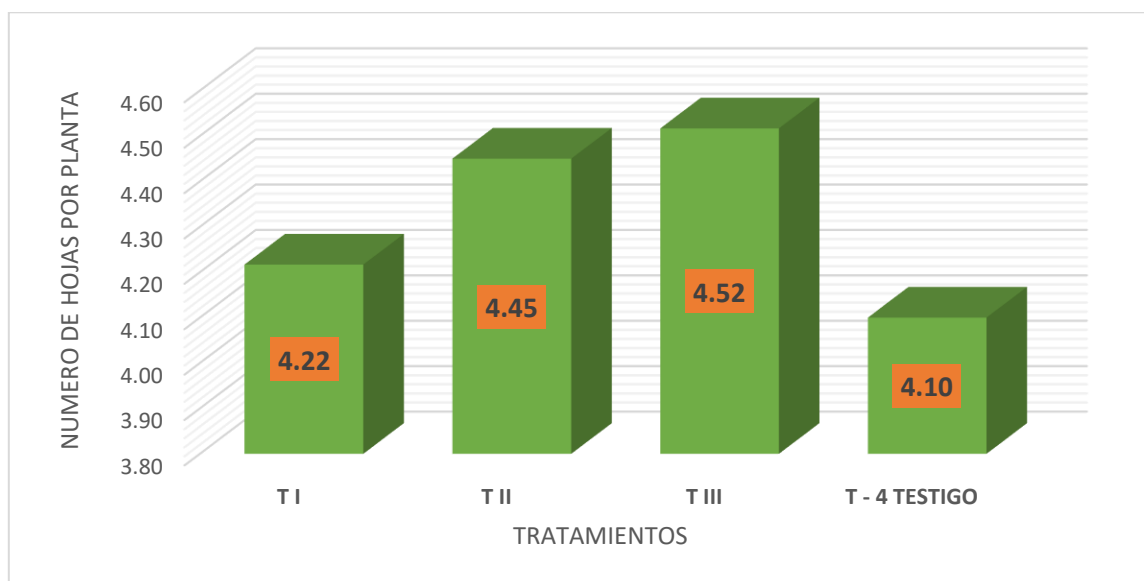
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	0.35	3	0.12	0.97	0.4504
Tratamientos	0.46	3	0.12	1.27	0.3433
Error	1.09	9	0.12		
Total	1.90	15	C.V= 8.04		

Tabla N° 18. Prueba tukey numero de hojas por planta por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E. E	
T - III	4.52	4	0.17	A
T – II	4.45	4	0.17	A
T - I	4.22	4	0.17	A
T – TESTIGO	4.10	4	0.17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 7. Distribución porcentual de numero de hojas por planta



En la tabla 18 y gráfico 7, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de numero registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa el número de hojas, así el tratamiento que alcanzó mayor numero de hojas por planta en promedio fue el tratamiento III con 4.52 unidades promedio.

Se obtuvo menor número de hojas por planta respecto a nuestro antecedente, por influencia del microorganismo eficiente, el resultado obtenido se infiere que existe una tendencia de alcanzar mayor longitud de espiga de cebada utilizando el Tratamiento III: (Effectbio SC) 150 ml/ha.

Alcázar (2019), no existe variación en la longitud de la espiga, dándonos un rango de 5.75 hojas por planta.

6.2.4. Longitud de lámina foliar

Segun los análisis de varianza de la tabla 18, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 5.27 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 19. Anova longitud de lámina foliar

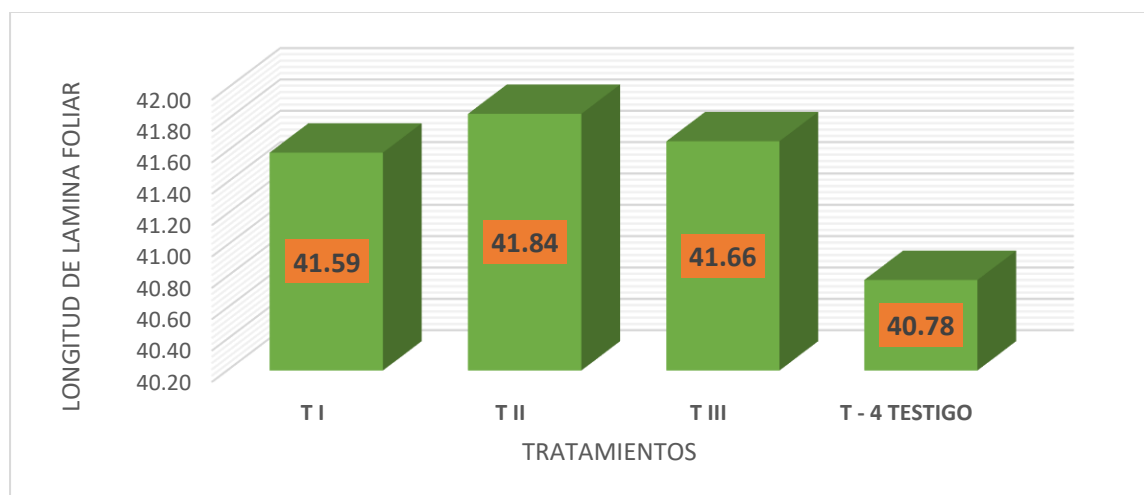
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	12.01	3	4.00	0.84	0.5067
Tratamientos	2.66	3	0.89	0.19	0.9035
Error	43.04	9	4.78		
Total	57.72	15	C.V= 5.27		

Tabla N° 20. Prueba tukey longitud de lámina foliar por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T - II	41.48	4	1.09	A
T - III	41.66	4	1.09	A
T – TESTIGO	41.59	4	1.09	A
T - I	40.98	4	1.09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 8. Distribución porcentual longitud de lámina foliar



En la tabla 20 y gráfico 8, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de longitud registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa la longitud de lámina foliar, así el tratamiento que alcanzó mayor longitud de lámina foliar planta en promedio fue el tratamiento II con 41.48 cm. Se obtuvo mayor número de longitud de lámina foliar respecto a nuestro antecedente, por influencia del microorganismo eficiente, el resultado obtenido se infiere que existe una tendencia de alcanzar mayor longitud de espiga de cebada utilizando el Tratamiento II: (Effectbio SC) 150 ml/ha.

Alcázar (2019), la longitud promedio de lámina foliar obtenida en el presente trabajo de investigación fue de 30.51 cm, el coeficiente de variabilidad calculado es de 5.65 %, valor aceptado dentro de los experimentos agrícolas.

6.2.5. Número de granos por planta

Segun los análisis de varianza de la tabla 21, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 12.77 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 21. Anova numero de granos por planta

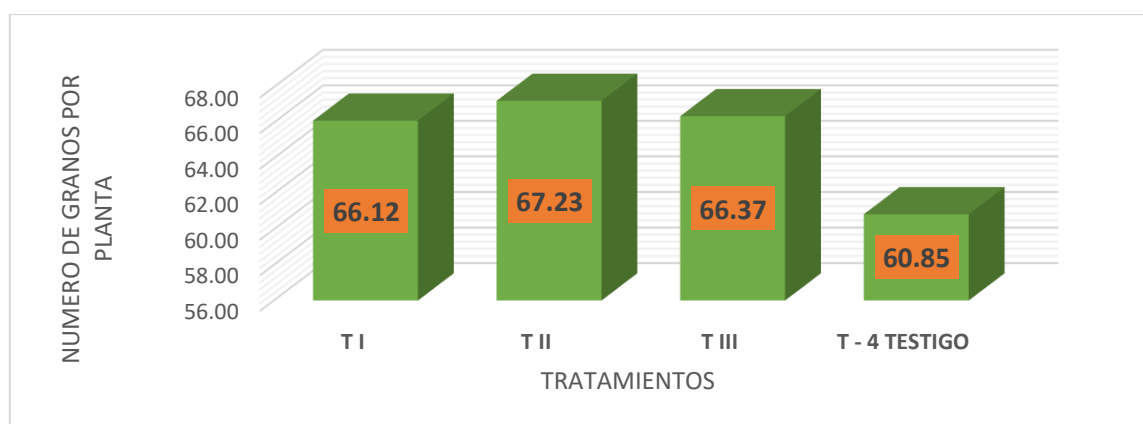
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	900.78	3	300.26	4.34	0.0376
Tratamientos	100.98	3	33.66	0.49	0.7001
Error	622.89	9	69.21		
Total	1624.15	15	C.V= 12.77		

Tabla N° 22. Prueba tukey numero de granos por planta en tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T - II	67.23	4	4.16	A
T – III	66.37	4	4.16	A
T - I	66.12	4	4.16	A
T – TESTIGO	60.85	4	4.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 9. Distribución porcentual de numero de granos por planta



En la tabla 22 y gráfico 9, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de numero registrados en las cuatro

evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa número de granos por planta, así el tratamiento que alcanzó mayor número de granos por planta en promedio fue el tratamiento II con 67.23 unidades promedio.

Se obtuvo mayor número de espigas respecto a nuestro antecedente, por influencia del microorganismo eficiente, el resultado obtenido se infiere que existe una tendencia de alcanzar mayor longitud de espiga de cebada utilizando el Tratamiento II: (Effectbio SC) 250 ml/ha,

Carbajal (2017), no existe variación e número de espigas por planta, dándonos un rango de longitud de espiga entre 62.50 granos por planta

6.2.6. Longitud de arista de cebada

Segun los análisis de varianza de la tabla 23, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 3.76 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 23. Anova longitud de arista de cebada

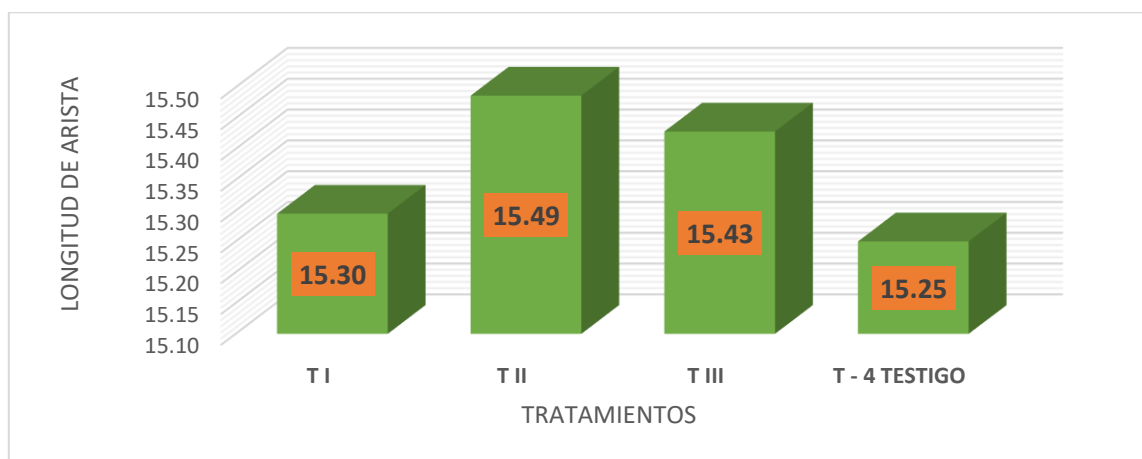
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	8.63	3	2.88	8.61	0.0052
Tratamientos	0.15	3	0.05	0.15	0.9288
Error	3.01	9	0.33		
Total	11.79	15	C.V= 3.76		

Tabla N° 24. Prueba tukey longitud de arista por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T - II	15.49	4	0.29	A
T – III	15.43	4	0.29	A
T - I	15.30	4	0.29	A
T – TESTIGO	15.25	4	0.29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 10. Distribución porcentual longitud de arista de cebada



En la tabla 24 y gráfico 10, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de longitud registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa la longitud de arista, así el tratamiento que alcanzó mayor longitud de arista en promedio fue el tratamiento II con 15.49 cm.

6.2.7. Longitud de espiga

Segun los análisis de varianza de la tabla 25, observamos que existen diferencias altamente significativas para bloques y tratamientos, es decir que por lo menos dos tratamientos son diferentes. Así mismo, el coeficiente de variación fluctúa entre 6.52 que es un valor aceptable y nos está indicando la variabilidad del experimento y sobre todo que este ha sido conducido eficientemente, el diseño empleado es el correcto y el material experimental es homogéneo.

Tabla N° 25. Anova longitud de espiga de cebada

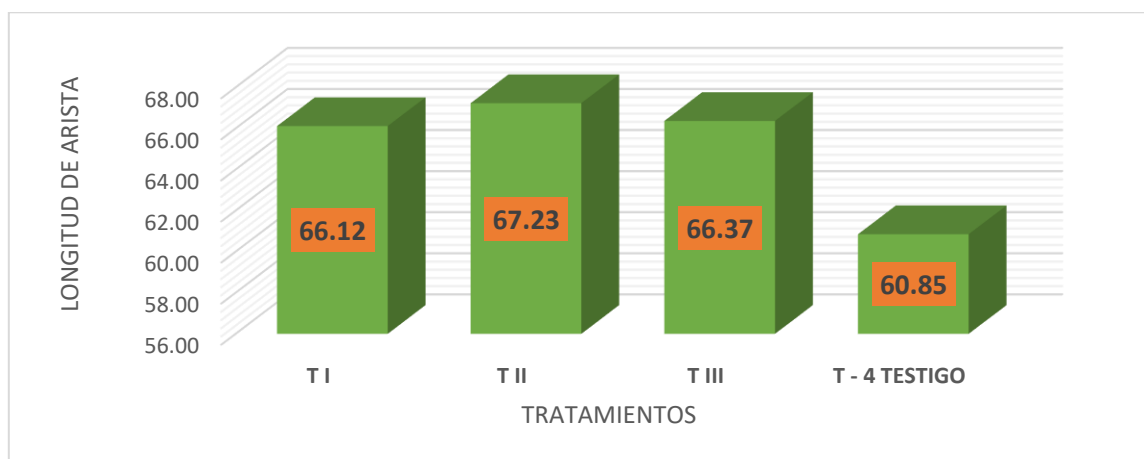
F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloque	0.74	3	0.25	1.65	0.2470
Tratamientos	0.62	3	0.21	1.37	0.3132
Error	1.35	9	0.15		
Total	2.70	15	C.V= 6.52		

Tabla N° 26. Prueba tukey longitud de espiga de cebada por tratamiento

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T - III	6.11	4	0.19	A
T - II	6.11	4	0.19	A
T - I	5.88	4	0.19	A
T - TESTIGO	5.63	4	0.19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grafico N° 11. Distribución porcentual longitud de arista de cebada



En la tabla 26 y gráfico 11, mediante el test de comparación múltiple de tukey, se determinó la diferencia de los promedios de longitud registrados en las cuatro evaluaciones. Así se puede observar que a medida que transcurre el periodo vegetativo, se incrementa la longitud de espiga, así el tratamiento que alcanzó mayor longitud de espiga en promedio fue el tratamiento II con 6.11 cm

Se obtuvo menor longitud de espiga respecto al antecedente, por influencia del microorganismo eficiente, utilizando el Tratamiento II: (Effectbio SC) 250 ml/ha.

Carbajal (2017), no existe variación en la longitud de la espiga, dándonos un rango de longitud de espiga entre 8.35 cm a 7 cm.

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

7.1. Conclusiones

a) Rendimientos

En relación al rendimiento por peso del grano (g/planta), se observó que el tratamiento T2, correspondiente a la aplicación de microorganismos eficientes (Effectbio SC) en una dosis aproximada de 250 mL/ha, alcanzó el mayor rendimiento individual, registrando un promedio de 4.79 gramos por planta, lo que lo posiciona en el primer lugar en comparación con los demás tratamientos evaluados.

Del mismo modo, al analizar el rendimiento de grano por área neta, el tratamiento T2 también mostró un desempeño superior, obteniendo un total de 6.68 kilogramos por área neta, consolidándose como el tratamiento más efectivo en términos de productividad.

Finalmente, al evaluar el rendimiento en toneladas por hectárea, el mismo tratamiento (T2) logró una producción de 2.78 toneladas por hectárea, siendo nuevamente el tratamiento más destacado en cuanto a eficiencia agrícola, lo que evidencia la influencia positiva del uso de Effectbio SC en el incremento del rendimiento del cultivo evaluado. Estos resultados sugieren que la aplicación de microorganismos eficientes a una dosis adecuada no solo mejora significativamente la producción individual por planta, sino que también tiene un impacto positivo a nivel de área cultivada, lo cual representa una alternativa sostenible y eficaz para optimizar el rendimiento agrícola.

b) Características agronómicas

Para características agronómicas el tratamiento II microorganismo eficientes (Effectbio SC) 250 ml/ha presentó la mejor altura de planta con 118.28 cm, tratamiento II microorganismo eficientes (Effectbio SC) 250 ml/ha mejor número de macollos por planta con 1.60 unidades promedio, tratamiento III microorganismo eficientes (Effectbio SC) 150 ml/ha presenta el número de hojas por planta con 4.52 unidades promedio, el tratamiento II microorganismo eficientes (Effectbio SC) 250 ml/ha presento mayor longitud de lámina foliar con 41.48 cm, el tratamiento II microorganismo eficientes (Effectbio SC) 250 ml/ha presento mayor número de granos por planta con 67.23 granos por planta, el tratamiento II microorganismo eficientes (Effectbio SC) 250 ml/ha presento mayor longitud de arista con 15,49 cm y finalmente el tratamiento II microorganismo eficientes (Effectbio SC) 250 ml/ha presento mayor longitud de espiga con 6.11 cm.

7.2. Sugerencias

- Evaluar el comportamiento agronómico del *Effectbio SC* (250 mL/ha) en diferentes localidades.
- Comparar rendimientos de cebada moronera bajo diversas condiciones ecológicas.
- Investigar la variabilidad genética de la cebada moronera respecto a adaptación y resistencia.
- Realizar estudios sobre la resistencia a plagas, enfermedades y factores ambientales.
- Fomentar el uso de cebada moronera como cultivo principal en zonas con condiciones similares.

BIBLIOGRAFÍA

- Ardiles, R. (2022). *Nuevo impulso a la cebada*. Lima - Peru: Agroperu.
- Arias, A. (2010). *El empleo de microorganismos eficientes y su impacto en la biota del suelo y las propiedades físicas*. La Habana - Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- BIONA, T. (2023). *Microfertilizantes*. Washington - Estados Unidos: Biona Biz.
- Carbajal, E. (2017). *Comparativo de rendimiento de quince líneas y tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Valle del Mantaro*. Huancavelica - Peru: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Carrasco, J. (2010). *Propiedades físicas del suelo*. Lima - Peru: INIA.
- Cervantes, G. (2022). *Biol como abono foliar en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)*. Apurímac - Peru: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Cisneros, J. (2018). *Rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad San Cristóbal y cultivar Tambo. Pampa del Arco*. Ayacucho - Perú: Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- Cronquist, A. (1986). *Introducción a la botánica*. Roma - Italia: Compagnia Editoriale S.A.
- FAO. (2016). *AQUASTAT*. Roma - Italia: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.
- Feijo, L. (2016). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. La Habana - Cuba: Revista Científica Agroecosistemas.
- Gimenez, F. (2017). *Ganancia Genética en Cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Argentina durante el período 1931-2007*. Buenos Aires - Argentina: Universidad Nacional de Sur.
- Higa, T. (2013). *Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles*. Maryland - Estados Unidos: Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural.
- Infoagro. (2024). *Cebada*. Lima - Peru: AGRI nova Science.
- INIA. (2011). *La cebada moronera*. Lima - Peru: Ministerio de Agricultura.
- INIA. (2020). *Cebada Inia 411*. Cusco - Peru: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- INIA. (2022). *Recomendaciones prácticas para la producción de cereales en la región*. Lima - Perú: Programa Nacional de Cereales.

- INIFAP. (2015). *Tecnología de producción de avena forrajera de riego en el Altiplano Potosino*. Potosi - Bolivia: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Leiva, M. (2019). *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Midagri. (2001). *Cebada moronera*. Cusco - Peru: INIA.
- Perez, S. (2009). *Efecto de microorganismos aplicados por fertiriego*. Valle de Cauca - Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Pinedo, R., Rojas, F., & y Bautista, M. (2020). *Manual Cultivo de Cebada*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Quispe, E. (2016). *Componentes de rendimiento de líneas avanzadas de cebada hexástica (*Hordeum hexastichon* L.) 29TH-IBYTUNCP en condiciones de siembra tardía en la C. C. Huamancaca-Chupaca*. Huancayo - Peru: Universidad Nacional de Centro del Peru.
- Rashed, M. (2014). *El efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la EBPR en un sistema de estabilización por contacto modificado*. Giza - Egipto: Universidad de El Cairo.
- Rodriguez, A. (2021). *Efectividad de microorganismos eficaces en la ecoeficiencia del cultivo*. Huánuco - Peru: Universidad Nacional Hermilio Valdizán .
- SENAMHI. (2012). *Análisis del impacto de la variabilidad climática en el rendimiento de los cultivos priorizados en las regiones de Cusco y Apurímac*. Lima - Peru: Programa de Adaptación al Cambio Climático.
- SIEA. (2022). *Rendimiento promedio de los principales cultivos, según región*. Lima - Peru: Sistema Integrado de Estadística Agraria.
- Toalombo, R. (2012). *Evaluación de Microorganismos Eficientes*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Torres, A. (2015). *Sensibilidad y resistencia a antibióticos de cepas de bacterias ácido lácticas y *Bifidobacterium**. Londres - Reino Unido: Revista científica europea.
- Universidad Católica de Chile. (2024). *Cebada*. Santiago - Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vadillo, J. (2011). *La calidad en los trigos*. Madrid - España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Vásquez, A. (2017). *Determinación del efecto de los microorganismos eficientes para la remoción del valor de la DBO en las aguas residuales domésticas de la localidad de Jepelacio*. San Martín - Perú: Universidad Nacional de San Martín.

Yzarra, J. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Lima - Peru: SENAMHI.

ANEXOS

Anexo N° 1. Resultados de las evaluaciones

Cuadro N° 1. Rendimientos por área neta

BLOQUE I		BLOQUE II	
TRATAMIENTO	PESO DE AREA NETA (kg)	TRATAMIENTO	PESO DE AREA NETA (kg)
T1	7.500	T1	5.510
T2	6.562	T2	6.520
T3	5.62	T3	8.515
T4(TESTIGO)	8.000	T4(TESTIGO)	6.200
total	27.682	total	26.745
BLOQUE III		BLOQUE IV	
TRATAMIENTO	PESO DE AREA NETA (kg)	TRATAMIENTO	PESO DE AREA NETA (kg)
T1	6.235	T1	5.235
T2	6.225	T2	6.15
T3	5.535	T3	6.510
T4(TESTIGO)	7.000	T4(TESTIGO)	5.500
total	24.995	total	23.395

Cuadro N° 2. Resultado de características agronómicas

BLOQUE I							
TRATAMIENTOS	LONGITUD DE ESPIGA	LONGITUD DE ARISTA	N°DE MACOLLOS	N° DE HOJAS/ PLANTA	N° GRANOS /PLANTA	peso de granos por planta	ALTURA DE PLATA/cm
T I	5.60	16.32	1.40	4.13	64.73	4.67	99.77
T II	5.90	16.23	1.27	4.27	64.60	3.32	110.33
T III	6.13	16.87	1.20	4.20	61.73	3.25	111.27
T - 4 TESTIGO	5.40	16.07	1.20	4.13	49.13	3.66	105.73
BLOQUE II							
T I	5.97	15.00	2.27	4.67	81.27	4.68	110.80
T II	6.53	15.20	2.27	5.20	86.73	5.15	125.40
T III	6.70	16.30	1.40	4.53	63.13	3.66	123.67
T - 4 TESTIGO	6.00	15.50	1.27	3.87	72.47	4.57	118.13
BLOQUE III							
T I	6.17	14.88	1.00	4.07	63.20	3.77	114.33
T II	6.15	15.88	1.53	4.13	62.67	3.51	115.80
T III	5.23	15.03	2.20	4.40	75.07	3.93	109.53
T - 4 TESTIGO	5.90	15.33	1.60	4.33	71.53	4.69	106.40
BLOQUE IV							
T I	5.80	14.98	1.00	4.00	55.27	3.64	118.07
T II	5.83	14.63	1.33	4.20	54.93	2.87	121.60
T III	6.38	13.51	1.40	4.93	65.53	3.46	121.20
T - 4 TESTIGO	5.23	14.10	1.13	4.07	50.27	2.72	120.67

Anexo N° 2. Galería fotográfica

Fotografia N° 9. Preparación de terreno



Fotografia N° 10. Surcado y marcado de terreno



Fotografia N° 11. Plantas germinadas



Fotografia N° 12. Selección de muestras de semilla



Fotografia N° 13. Presentación del microorganismos eficientes



Fotografia N° 14. Preparación de microorganismos eficientes



Fotografia N° 15. Sembrío



Fotografia N° 16. Ubicación de los tratamientos



Fotografia N° 17. Evaluación de características agronómicas



Fotografia N° 18. Cosecha

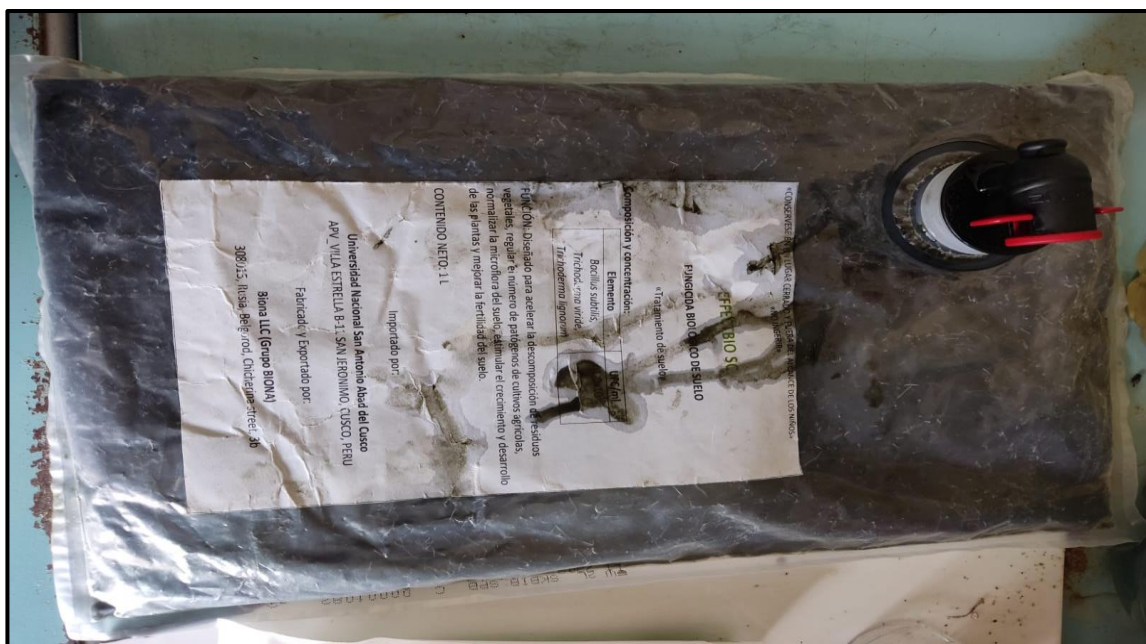


Fotografia N° 19. Evaluaciones de rendimiento

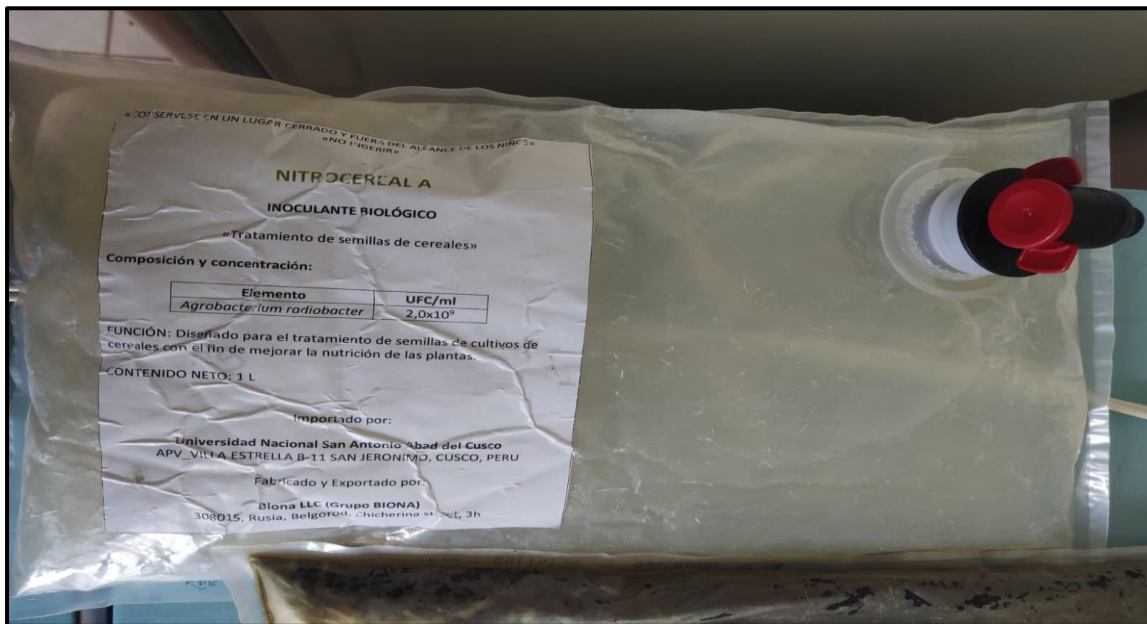


Anexo N° 3. Microorganismos eficientes

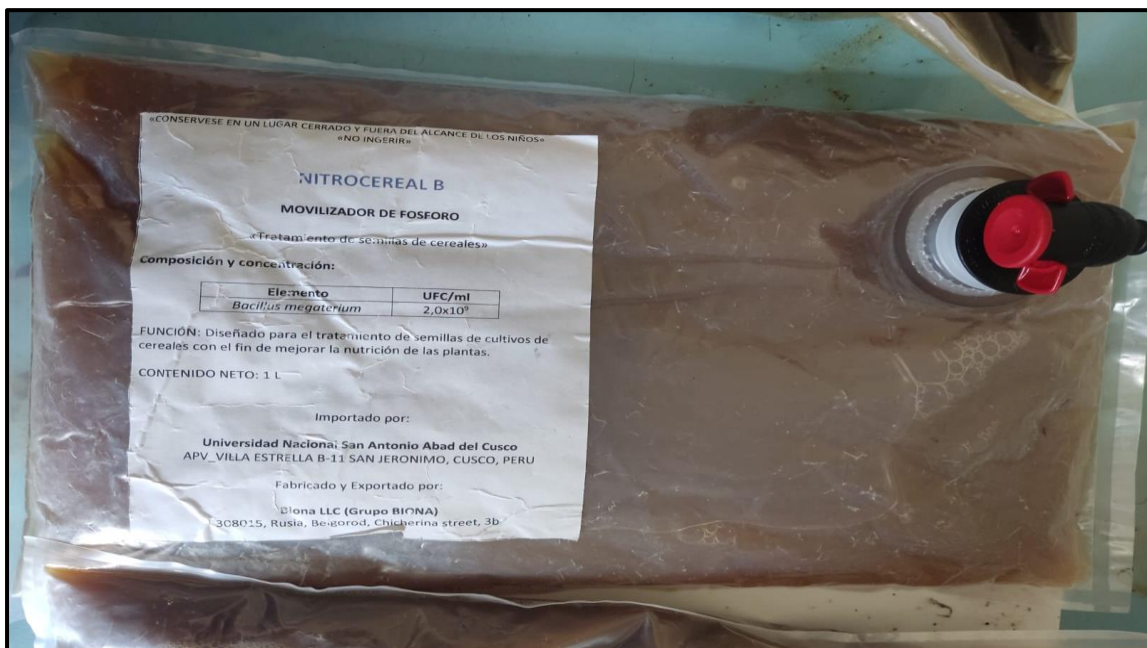
Fotografia N° 20. Effectbio SC



Fotografia N° 21. Nitrocereal A



Fotografia N° 22. Nitrocereal B



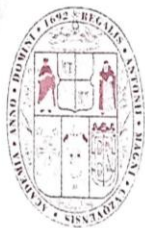
Fotografia N° 23. Bactofort



Fotografia N° 24. Sunny mix



Anexo N° 4. Análisis físico químico del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

N°0439-23-LAQ

SOLICITANTE : ROXANA ULLILEN ORCCOSUPA
MUESTRA : SUELO
SECTOR : POTRERO CRIBA
COMUNIDAD : KAYRA
CULTIVO ANT. : YACON
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : C/04/10/2023

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:

pH	7.70
C.E. mmhos/cm	0.89
Materia Orgánica %	5.20
Nitrógeno %	0.24
Fosforo ppm P2O5	13.90
Potasio ppm K2O	236.20
C.I.C. meq/100	10.40
C.C.%	24.09
H.E. %	25.42
P.M.P. %	13.00
Carbonatos %	1.22
d.a. g/cc	1.630
d.r. g/cc	2.144
Textura:	
Arena %	67
Limo %	28
Arcilla %	5

QUIMICA AGRICOLA I ,SUELO Y FERTILIZANTES, E. Primo Yúfera.

Cusco, 11 Octubre 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquides Herrera Arivilca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo N° 5. Flujograma

