UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO ANDINO

"Anti hatun yachay wasi, iskay simi yachachiypi umalliq"

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE DOS CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa)* EN RUMICHACA, 2023

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

WALDER HUINCHO HUACHO

Asesor:

Mg. VÍCTOR CHÁVEZ CENTENO

Lircay – Angaraes – Huancavelica – Perú

2023

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE DOS CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa)* EN RUMICHACA, 2023

Autor

WALDER HUINCHO HUACHO

Presentado para optar el título de Ingeniero Agrónomo

Asesor

Mg. VÍCTOR CHÁVEZ CENTENO

UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO ANDINO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS

Lircay-Angaraes-Huancavelica-Perú

2023

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE DOS CULTIVARES DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA)* EN RUMICHACA, 2023

Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca, 2023

Walder Huincho Huacho

Universidad para el Desarrollo Andino

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Escuela Profesional de Ciencias Agrarias

Lircay-Angaraes-Huancavelica-Perú

Nota del autor

Walder Huincho Huacho, con DNI N° 71921948, Mg. Víctor Chávez Centeno con DNI N° 28315676, con código https://orcid.org/ 0000-0001-8005-3388, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad para el Desarrollo Andino, Av. Ricardo Fernández N° 103, Email: huinchohuachowalder@gmail.com

Universidad para el Desarrollo Andino

N° 028-2023-CA-GT/UDEA

La que suscribe, Jefa de la Oficina de Grados y Títulos de la Universidad para el Desarrollo Andino – UDEA, expide la presente

CONSTANCIA

A, **WALDER HUINCHO HUACHO** ha levantado las observaciones encontradas en el proceso de REVISIÓN ANTIPLAGIO, ejecutado con el Software de Anti plagio, en consecuencia, se deja constancia de que la tesis titulado, **EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE DOS CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN RUMICHACA, 2023,** presenta el 14% de textos plagiados, la cual es el porcentaje requerido para obtener dicha constancia.

Se otorga la presente, a petición escrita del interesado, para los fines que estime por conveniente.

Lircay, 12 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO ANDINO
UDEA
GRADOS Y TITULOS
UDEA

ROCIO LUCILA CHILLCCE BUENDIA
Jefa de Grados y Titulos

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ASESOR

En condición de asesor de la tesis titulada **"Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de Lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca, 2023"**, presentado por Walder Huincho Huacho, para optar el título profesional de ingeniero agrónomo, una vez revisado el contenido doy por fe dicho trabajo y reúne los requisitos, méritos suficientes para ser sometido a presentación y evaluación por parte del jurado examinador que se digne. La elaboración de tesis esta culminada en su plenitud, en tal sentido, declaro ***APROBADO***.

Mg. Víctor Chávez Centeno

UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO ANDINO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS

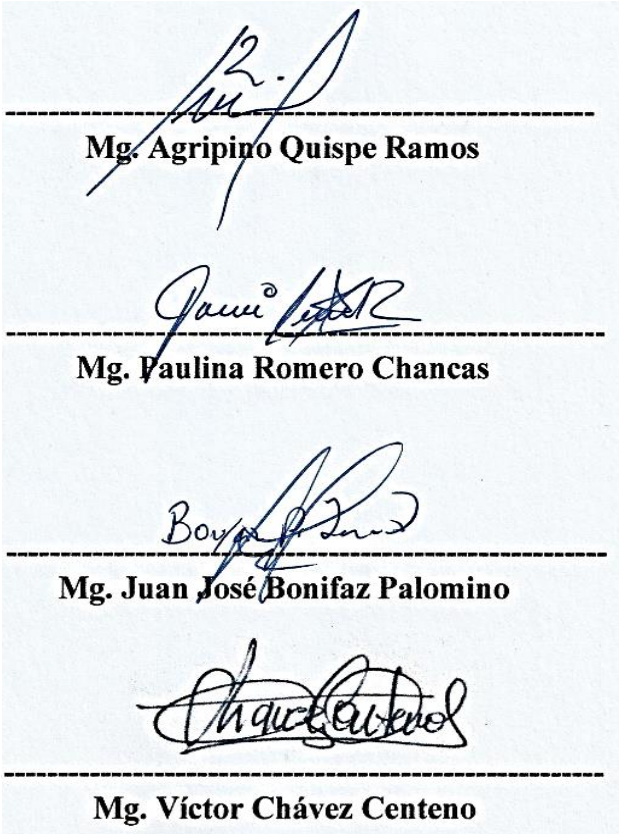
TESIS

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE DOS CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa)* EN RUMICHACA, 2023

PRESENTADA A LA DIRECCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR:



PRESIDENTE : ----------
Mg. Agripino Quispe Ramos

SECRETARIO : ----------
Mg. Paulina Romero Chancas

VOCAL : ----------
Mg. Juan José Bonifaz Palomino

ASESOR : ----------
Mg. Víctor Chávez Centeno

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido mi más sólido pilar y fuente inagotable de apoyo en cada paso de este camino. Gracias por su amor incondicional, por alentarnos a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes y por creer en nosotros cuando dudábamos de nuestras propias capacidades.

A mis amigos y compañeros de estudio, quienes compartieron con nosotros risas, esfuerzos y desvelos durante esta etapa. Sus palabras de aliento y su amistad sincera fueron un bálsamo en los momentos de tensión y nos recordaron que no estábamos solos en este recorrido.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad para el Desarrollo Andino por brindarme la oportunidad de realizar este estudio y por proporcionarme un entorno académico enriquecedor para mi formación.

Agradezco a escuela profesional de ciencias agrarias y a todos los docentes por impartir conocimientos de manera apasionada y por fomentar un ambiente propicio para el aprendizaje y la investigación.

Agradezco al Mg. Víctor Chávez Centeno por asesoría constante y oportuna. También quiero agradecer a los miembros del personal administrativo de la Universidad, cuyo trabajo incansable facilita el funcionamiento de cada proceso académico.

ÍNDICE

DEDICATORIA vii

AGRADECIMIENTO viii

ÍNDICE ix

INDICE DE TABLAS xiii

INDICE DE FIGURAS.....xiv

RESUMEN xv

SUMMARY.....xvi

CHINTY xvii

CAPÍTULO I 1

INTRODUCCIÓN.....1

1.1. Situación del problema 2

1.2. Formulación del problema 3

1.2.1. Problema general 3

1.2.2. Problema específico 3

1.3. Fundamentación teórica 3

1.4. Fundamentación práctica 4

1.5. Objetivos de la investigación 4

1.5.1. Objetivo general.....4

1.5.2. Objetivo específico 5

1.6. Hipótesis de la investigación 5

1.6.1. Hipótesis general.....5

1.6.2. Hipótesis específica 5

CAPÍTULO II 6

MARCO TEORICO.....6

2.1. Marco Teórico.....6

2.1.1. Microorganismos eficientes (EM) 6

2.1.2. Composición de los microorganismos eficientes (EM).....6

2.1.3. Lechuga (Lactuca sativa).....9

2.2. Antecedentes de la investigación.....17

2.2.1. A nivel internacional.....17

2.2.2. A nivel nacional 19

CAPÍTULO III 22

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....22

3.1. Tipo investigación.....22

3.2. Matriz de consistencia.....22

3.2.1. Matriz de consistencia.....22

3.2.2. Operacionalización de variables 26

3.3. Nivel de investigación.....26

3.4. Diseño de la investigación 26

3.4.1. Variable de investigación.....27

3.4.2. Distribución de los tratamientos 28

3.5. Población y muestra.....28

3.5.1. Descripción de la población.....28

3.5.2. Selección de la muestra....28

3.5.3. Muestreo 29

3.6. Recolección de datos....30

3.6.1. Técnicas de recolección de datos....30

3.6.2. Instrumento de recolección de datos....30

3.6.3. Evaluación, tabulación y procesamiento....30

CAPÍTULO IV 32

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS....32

4.1. Características agronómicas de dos cultivares de lechuga 32

4.1.1. Altura de la lechuga 32

4.1.2. Longitud de la raíz 34

4.1.3. Diámetro de la cabeza....37

4.2. Producción de los cultivares 40

4.2.1. Peso de las cabezas de lechuga 40

CAPÍTULO V 44

CONCLUSIONES....44

CAPÍTULO VI 45

RECOMENDACIONES....45

REFERENCIAS....46

Anexo A....53

Matriz de consistencia 53

Anexo B *Datos de altura de la planta en dos variedades de lechuga*....54

Anexo C *Datos de longitud de raíz de la planta en dos variedades de lechuga* 55

Anexo D *Datos del diámetro de lechuga en dos variedades de lechuga* 56

Anexo E *Datos del peso de lechuga en dos variedades de lechuga*.....57

Anexo F *Fotografías de la investigación*.....58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Matriz de consistencia* *25*

Tabla 2 *Operacionalización de las variables* *26*

Tabla 3 *Descripción de los tratamientos de DBCA con factorial 2x2 y 5 repeticiones, considerando dos variedades de lechuga (v1, v2) por 2 dosis de EM (em1, em2), 2023*..... *27*

Tabla 4 *Diseño DBCA con factorial 2x2 y 5 repeticiones, considerando dos variedades de lechuga (v1, v2) por 2 dosis de EM (em1, em2)* 28

Tabla 5 *Análisis de varianza (ANVA) de altura de dos variedades de lechug*a 32

Tabla 6 *Comparación de medias de altura de planta en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey*..... *32*

Tabla 7 *Análisis de varianza (ANVA) de longitud de raíz en dos variedades de lechuga*..... *34*

Tabla 8 *Comparación de medias de longitud de raíz en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey*..... 35

Tabla 9 *Análisis de varianza (ANVA) del diámetro de la cabeza en dos variedades de lechuga* *37*

Tabla 10 *Comparación de medias del diámetro de la cabeza en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey*..... *38*

Tabla 11 *Análisis de varianza (ANVA) del peso de las cabezas en dos variedades de lechuga* *40*

Tabla 12 *Comparación de medias del peso de las cabezas en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey*..... *41*

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Lechuga mantecosa* *11*

Figura 2 *Lechuga romana* *11*

Figura 3 *Lechuga de hoja suelta* *12*

Figura 4 *Lechuga iceberg* *12*

Figura 5 *Lechuga batavia* *13*

Figura 6 *Lechuga escarola* *13*

Figura 7 *Lechuga seda* *14*

Figura 8 *Muestreo de la unidad experimental* *30*

Figura 9 *Comparación de medias de la altura de planta en las variedades de lechuga Escarola y Seda* 33

Figura 10 *Comparación de medias de longitud de raíz en las variedades Escarola y Seda* .. 36

Figura 11 *Comparación de medias del diámetro de la cabeza en las variedades Escarola y Seda* 39

Figura 12 *Comparación de medias del peso de las cabezas de lechuga en las variedades Escarola y Seda* 41

RESUMEN

La investigación titulada: "Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*) en Rumichaca, 2023"; tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga *(Lactuca sativa)* en Rumichaca. El estudio se llevó a cabo mediante un enfoque aplicado y un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un factorial 2 x 2 y 5 repeticiones. En este diseño, se combinaron dos variedades de lechuga con diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM). La recolección de datos se realizó utilizando técnicas de observación, tabulación y procesamiento de datos, empleando tablas de evaluación según el croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental, así como instrumentos como balanzas de precisión, flexómetros y otros equipos necesarios en el entorno experimental. Una vez recopilados los datos, se llevó a cabo la discusión de los resultados obtenidos para analizar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de las variedades de lechuga estudiadas. A partir de este análisis, se extrajeron conclusiones relevantes y se ofrecieron recomendaciones específicas basadas en los hallazgos obtenidos durante el estudio. Este trabajo de investigación buscaba contribuir al conocimiento sobre el uso de microorganismos eficaces en la producción de lechugas, aportando datos y análisis que permitieran tomar decisiones informadas y promover prácticas agrícolas sostenibles en el Centro Poblado de Rumichaca.

Palabra clave: EM, *Lactuca sativa*, rendimiento.

SUMMARY

The research titled "Effect of the application of effective microorganisms on the agronomic characteristics of two cultivars of (Lactuca sativa) in Rumichaca, 2023" aimed to determine the effect of the application of effective microorganisms on the agronomic characteristics of two cultivars of Lactuca sativa in Rumichaca. The study was carried out using an applied approach and an experimental design of Completely Randomized Blocks (DBCA) with a 2 x 2 factorial and 5 replications. In this design, two varieties of lettuce were combined with different doses of effective microorganisms (EMs). Data collection was carried out using observation, tabulation and data processing techniques, using evaluation tables according to the distribution sketch of the treatments in the experimental field, as well as instruments such as precision balances, flexometers and other equipment necessary in the experimental environment. Once the data were collected, the results were discussed to analyze the effect of the application of effective microorganisms on the agronomic characteristics of the lettuce varieties studied. From this analysis, relevant conclusions were drawn and specific recommendations were offered based on the findings obtained during the study. This research work sought to contribute to the knowledge about the use of effective microorganisms in the production of lettuce, providing data and analysis that would allow informed decisions to be made and promote sustainable agricultural practices in the town of Rumichaca.

Keyword: MS, Lactuca sativa, yield.

CHINTY

Kay investigacionmi sutichasqa "Efecto de la aplicación de microorganismos efectivos en las características agronómicas de dos cultivares de (*Lactuca sativa*) en Rumichaca, 2023" nisqa, chaywanmi yachayta munarqa microorganismos efectivos nisqakuna churakuyninpa características agronómicas nisqapi iskay tarpuy de Lactuca sativa kay Rumichacapi. Kay yachayqa ruwakurqa huk enfoque aplicado kaqwan chaymanta huk diseño experimental Bloque Completamente Aleatorizado (DBCA) kaqwan huk 2 x 2 factorial kaqwan chaymanta 5 kutichiykunawan. Kay diseñopiqa iskay variedades de lechuga nisqatam hukllawarqaku hukniray dosis microorganismos efectivos (EM) nisqawan. Datos huñuyqa ruwakurqa observación, tabulación y procesamiento de datos nisqawan, tablas de evaluación nisqawanmi chay tratamientos nisqakunapa bosquejo distribución nisqaman hina chay campo experimental nisqapi, chaynallataq instrumentos nisqawanpas, chaykunam kanku escalas de precisión, flexómetros hinaspa huk equipokuna pachamamapi necesario.experimental. Chay datos huñusqa kaptinqa, chay ruwasqamanta rimanakuymi ruwakurqa, chaywanmi qawarikurqa microorganismos eficaces nisqapa churakuyninpa características agronómicas nisqapi chay variedades de lechuga estudiasqapa imayna kasqanmanta. Kay anlisismantaqa, conclusiones relevantes nisqakunam hurqusqa karqa, chaymantam recomendaciones específicas nisqakuna qusqa karqa, chay estudio ruwasqapi tarikusqanman hina. Kay investigacion llamkayqa maskarqam yanapayta yachaykunata microorganismos efectivos nisqakuna lechuga ruwaypi, chaywanmi datos nisqakunata hinaspa análisis nisqakunata quykurqa, chaykunam permitinman decididas informadas nisqakunata ruwayta, chaynallataq Rumichaca llaqtapa chawpinpi chakra llamkay sustentable nisqakunata kallpanchanapaq.

Sapaq simi: MS, *Lactuca sativa*, ruruchiy.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el empleo de microorganismos eficaces (ME) en la agricultura ha experimentado un crecimiento significativo, principalmente debido a su capacidad para mejorar la calidad del suelo y aumentar la producción de cultivos de manera sostenible, como se señaló en un estudio de Flores y colaboradores en 2019. Estos microorganismos beneficiosos, que incluyen bacterias, hongos y otros organismos, desempeñan un papel crucial al estimular el desarrollo de las plantas y fortalecer su resistencia frente a enfermedades y condiciones ambientales adversas. Además, la aplicación de ME también conlleva beneficios ambientales, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contribución a la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, investigar el impacto de la utilización de ME en la producción de cultivos puede promover el desarrollo de prácticas agrícolas más eficaces y sostenibles. La incorporación de microorganismos eficaces en la agricultura está en aumento debido a los beneficios que aporta al cultivo, tanto en términos de rendimiento como de calidad del producto final. Es relevante destacar que estos microorganismos eficaces desempeñan un papel versátil en la agricultura. Por un lado, actúan como bioestimulantes al promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que puede resultar en cultivos más vigorosos y productivos. Por otro lado, funcionan como agentes de biocontrol al proteger las plantas contra patógenos y otros agentes dañinos, lo que reduce la necesidad de recurrir a productos químicos perjudiciales para el medio ambiente.

La estructura de la investigación consta de 6 capítulos. En el primer capítulo, se aborda la introducción, situación problemática, la formulación del problema, el fundamento teórico y práctico, los objetivos y la hipótesis. El segundo capítulo se centra en el marco teórico y los estudios previos. El tercer capítulo detalla la metodología de la investigación, describiendo el tipo de investigación, la matriz de consistencia, el nivel de investigación, el diseño, la población

y la muestra, así como el procedimiento de recolección de datos. En el cuarto capítulo, se lleva a cabo el análisis y la discusión de los resultados obtenidos. Las conclusiones se presentan en el quinto capítulo y, finalmente, el sexto capítulo elabora recomendaciones específicas.

1.1. Situación del problema

El problema de la investigación: "Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga *(Lactuca sativa)*"; radica en la necesidad de comprender el impacto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de las variedades de *Lactuca sativa*. Aunque se reconoce que los microorganismos eficaces pueden tener efectos beneficiosos en la agricultura, es importante determinar su efectividad específica en cuanto al crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos de *Lactuca sativa*. Al investigar este problema, se busca proporcionar información relevante que permita a los agricultores y profesionales del sector agrícola tomar decisiones informadas sobre el uso de microorganismos eficaces en la producción de lechugas. Además, se espera contribuir al conocimiento científico sobre la aplicación de microorganismos eficaces y su potencial para mejorar las características agronómicas de los cultivos de *Lactuca sativa*. Identificar el efecto de estos microorganismos en las variedades de lechuga seleccionadas es fundamental para optimizar las prácticas agrícolas, promover la sostenibilidad y aumentar la producción agrícola de manera eficiente.

Los principales antecedentes se basan en estudios previos que han explorado el uso de microorganismos beneficiosos en la agricultura. Investigaciones anteriores han demostrado que ciertos microorganismos eficaces pueden mejorar la calidad del suelo, promover el crecimiento de las plantas y aumentar la resistencia a enfermedades y estrés abiótico. Sin embargo, existe la necesidad de investigar específicamente el impacto de estos microorganismos en las características agronómicas de las variedades de lechuga, como el rendimiento, tamaño, color y contenido nutricional. Además, se requiere evidencia científica sólida para respaldar la

efectividad y aplicabilidad de estos microorganismos en el contexto específico de los cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)*. Por lo tanto, esta investigación se basa en la acumulación de conocimientos existentes para abordar las lagunas de información y proporcionar una comprensión más completa de los efectos de los microorganismos eficaces en la producción de lechugas.

Además, el uso de EM en la agricultura también puede contribuir a la mitigación del cambio climático y a la reducción del impacto ambiental, ya que pueden mejorar la calidad del suelo y reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Shahzad et al., 2020).

"En este sentido, la *Lactuca sativa* es un cultivo interesante para evaluar el efecto de la aplicación de EM, ya que es un cultivo hortícola comúnmente cultivado en sistemas agrícolas intensivos, que a menudo tienen un impacto ambiental significativo" (Gupta et al., 2020, p. 33). Por lo tanto, una evaluación del efecto de los EM sobre la *Lactuca sativa* puede contribuir a la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca, 2023?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en la producción de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca?
- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca?

1.3. Fundamentación teórica

El uso de microorganismos eficaces (EM) en la agricultura ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años debido a su potencial para mejorar la calidad del

suelo y aumentar de manera sostenible la producción de cultivos (Oliveira et al., 2019). Estos microorganismos beneficiosos, como bacterias, hongos y otros organismos, desempeñan un papel fundamental al estimular el crecimiento de las plantas y fortalecer su resistencia frente a enfermedades y condiciones ambientales estresantes. Además, la aplicación de EM también presenta ventajas ambientales al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir a la mitigación del cambio climático. Por tanto, investigar el impacto de la utilización de EM en la producción de cultivos puede impulsar el desarrollo de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles.

1.4. Fundamentación práctica

"La aplicación de microorganismos eficaces en la agricultura es una práctica cada vez más extendida debido a los beneficios que puede aportar al cultivo, tanto en términos de rendimiento como de calidad del producto final" (Gutiérrez et al., 2013, p. 29). Como aporte personal, cabe destacar que estos microorganismos eficaces desempeñan un papel versátil en la agricultura. Por un lado, actúan como bioestimulantes al fomentar el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo cual puede resultar en cultivos más vigorosos y productivos. Por otro lado, funcionan como biocontroladores al proteger las plantas contra patógenos y otros agentes perjudiciales, reduciendo así la necesidad de utilizar productos químicos dañinos para el medio ambiente.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca durante el año 2023.

1.5.2. Objetivo específico

- Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.
- Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en la producción de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis general

La aplicación de microorganismos eficaces tuvo un efecto positivo significativo en las características agronómicas de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca durante el año 2023.

1.6.2. Hipótesis específica

- La aplicación de microorganismos eficaces tuvo un efecto positivo en la producción de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.
- La aplicación de microorganismos eficaces tuvo un efecto positivo en las características agronómicas de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Microorganismos eficientes (EM)

Los Microorganismos Eficientes (EM) son una combinación de microorganismos beneficiosos, que incluyen bacterias, levaduras y hongos, que pueden utilizarse para mejorar la calidad del suelo y la producción agrícola; esta mezcla única de microorganismos beneficiosos se ha utilizado durante décadas en la agricultura y la horticultura, y ha demostrado ser efectiva en la mejora de la calidad del suelo y la producción de cultivos (Higa, 1991).

Los EM son una alternativa viable a los fertilizantes y otros productos químicos agrícolas, ya que son más seguros para el medio ambiente y para la salud humana; además, los EM pueden mejorar la calidad del suelo, aumentando la capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que resulta en una mayor producción de cultivos y una reducción de la erosión del suelo (Park et al., 2011).

Los EM también pueden ser utilizados en la producción de alimentos orgánicos, ya que son compatibles con los principios de la agricultura ecológica; los microorganismos beneficiosos presentes en los EM pueden ayudar a reducir la cantidad de productos químicos utilizados en la producción de alimentos, lo que resulta en alimentos más saludables y seguros para los consumidores (Ehrenfeld, 2010).

2.1.2. Composición de los microorganismos eficientes (EM)

La composición de los Microorganismos Competentes se refiere a la combinación de diferentes tipos de microorganismos que se utilizan en la elaboración de un producto biológico conocido como EM.

Según Higa y Parr (1994):

Los EM son una mezcla de microorganismos benéficos que se encuentran de manera natural en el suelo y en otros ambientes naturales; la composición de los EM puede variar dependiendo del origen y la finalidad del producto, pero en general, los EM suelen contener bacterias ácido-lácticas, bacterias fototróficas, levaduras y otros microorganismos beneficiosos. (p. 115)

Las bacterias ácido-lácticas son un componente importante de los EM, ya que ayudan a controlar el pH del ambiente y a prevenir el crecimiento de microorganismos dañinos. Según Kozdroj y Van (2000):

Las bacterias ácido-lácticas incluyen especies como Lactobacillus, Leuconostoc y Streptococcus, y son capaces de producir ácido láctico como producto de su metabolismo; además de sus propiedades antimicrobianas, las bacterias ácido-lácticas también son capaces de producir sustancias bioactivas que pueden tener efectos positivos en la salud y el bienestar. (p. 57)

Según Higa y Parr (1994):

Las bacterias fototróficas, por otro lado, son capaces de utilizar la luz solar como fuente de energía y son importantes para la fotosíntesis y la producción de oxígeno en el medio ambiente, los EM suelen contener bacterias fototróficas como Rhodopseudomonas, Rhodobacter y Chromatium, que son capaces de producir pigmentos fotosintéticos y de fijar nitrógeno atmosférico. (p. 14)

Las levaduras también son un componente importante de los EM. Según De Bruyn et al. (2017):

Las levaduras son microorganismos unicelulares que se encuentran en ambientes diversos y que son capaces de fermentar azúcares para producir etanol y otros productos. Asi mismo, algunas levaduras también tienen propiedades probióticas y pueden contribuir a mejorar la salud digestiva. (p. 74)

Los actinomicetos son un grupo de bacterias filamentosas con características tanto de bacterias como de hongos, estos microorganismos son comunes en el suelo y son conocidos por su habilidad para producir una amplia gama de metabolitos secundarios, algunos de los cuales tienen propiedades antimicrobianas, antitumorales e inmuno moduladoras; por otra parte, los actinomicetos tienen un papel importante en la formación y mantenimiento de la estructura del suelo, lo que contribuye a la fertilidad del suelo y a la absorción de nutrientes por las plantas (Berdy, 2012).

Los actinomicetos son considerados como una parte esencial de los microorganismos eficaces (EM) debido a su capacidad para producir sustancias bioactivas y su papel en la mineralización de nutrientes del suelo, estos microorganismos son capaces de degradar compuestos orgánicos complejos en nutrientes más simples, que son entonces absorbidos por las plantas, asi mismo, los actinomicetos pueden contribuir a la formación de agregados del suelo y a la retención de agua en el suelo, lo que es importante para la salud y productividad del suelo (Kumar et al., 2019).

Un papel importante de los actinomicetos en los microorganismos eficaces es su capacidad para producir compuestos antimicrobianos y antifúngicos que ayudan a controlar patógenos del suelo, estos compuestos pueden proteger a las plantas contra enfermedades y mejorar su crecimiento y rendimiento, los actinomicetos también pueden producir enzimas que degradan la pared celular de los patógenos, lo que aumenta su efectividad en la protección de las plantas (Rouphael et al., 2018).

Los hongos filamentosos también son un grupo importante de microorganismos eficientes (EM) que desempeñan varios roles importantes en el suelo, estos hongos son conocidos por su habilidad para formar micorrizas, que son asociaciones simbióticas entre los hongos y las raíces de las plantas, en estas asociaciones, los hongos proporcionan a las plantas nutrientes como fósforo y nitrógeno, mientras que las plantas proporcionan a los hongos

compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento y desarrollo, además de su papel en la formación de micorrizas, los hongos filamentosos también son importantes en la descomposición de la materia orgánica y la mineralización de nutrientes en el suelo (Lopez et al., 2019).

Los hongos filamentosos también son importantes en la formación y estabilización de la estructura del suelo, lo que contribuye a la absorción de nutrientes por las plantas y a la retención de agua en el suelo, los hongos filamentosos forman redes de hifas que crean poros en el suelo, lo que aumenta la permeabilidad del suelo y facilita el movimiento del agua y los nutrientes, además, los hongos filamentosos pueden producir enzimas que degradan la materia orgánica y contribuyen a la formación de humus en el suelo, lo que mejora la fertilidad del suelo (Chen et al., 2016).

2.1.3. Lechuga (Lactuca sativa)

2.1.3.1. Taxonomía. Según Muñoz (2018), la taxonomía de la lechuga (Lactuca *sativa*) es la siguiente:

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- Super división: Spermatophyta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteridae
- Orden: Asterales
- Familia: Asteraceae/Compositae
- Género: Lactuca
- Especies: Lactuca *sativa* L.

2.1.3.2. Origen de la lechuga. Según Zohary et al. (2012), “La lechuga se originó en el Mediterráneo oriental, en la región del Cáucaso, y fue cultivada por los antiguos egipcios

por sus hojas sabrosas, los romanos también la valoraban y la incluían en su dieta habitual. (p. 96)

Facciola (1990) sugiere que, la lechuga es originaria de Asia occidental, cerca de Irán, y que fue cultivada en Babilonia hace unos 4,500 años, desde allí, la lechuga se extendió hacia el oeste, llegando a Grecia y Roma, asi mismo, Facciola también menciona que los antiguos persas utilizaban la lechuga en sus ceremonias religiosas y la consideraban un símbolo de la fertilidad.

2.1.3.3. Etapas fenológicas del cultivo de la lechuga. Según Chauhan et al. (2010) "La lechuga inicia su ciclo de vida con la germinación de la semilla. Después de algunas semanas, la planta produce una roseta basal de hojas y desarrolla un tallo floral. Florece y produce semillas en 60 a 90 días, según las condiciones ambientales" (p. 58).

Pérez y Fornes (2016) mencionan que el desarrollo de la planta de lechuga se puede dividir en cuatro etapas fenológicas: emergencia, formación de roseta, crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo, la etapa de emergencia dura unos pocos días después de la siembra, mientras que la formación de la roseta y el crecimiento vegetativo pueden durar varias semanas, la etapa de desarrollo reproductivo comienza cuando la planta comienza a producir tallos florales y a desarrollar semillas.

2.1.3.4. Variedades de lechuga. Díaz y Rincón (2011) Lactuca *sativa* es una planta que tiene una gran variedad de cultivares, tales como:

2.1.3.4.1. Lechuga Mantecosa (Butterhead). Es una variedad de lechuga de hojas suaves y tiernas, de forma redondeada y compacta. Ejemplos de variedades de lechuga mantecosa son la 'Bibb', 'Boston' y 'Maravilla de Verano'.

Figura 1

Lechuga mantecosa

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.4.2. Lechuga Romana (Romaine). Se caracteriza por tener hojas alargadas y estrechas que forman una cabeza alargada y apretada. Algunas variedades de lechuga romana incluyen la 'César', 'Rouge d'Hiver' y 'Jericho'.

Figura 2

Lechuga romana

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.4.3. Lechuga de Hoja Suelta (Loose-leaf). Estas variedades no forman una cabeza compacta, sino que producen hojas sueltas y de diversos colores. Ejemplos de lechuga de hoja suelta son la 'Lollo Rosso', 'Red Salad Bowl' y 'Green Oakleaf'.

Figura 3

Lechuga de hoja suelta

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.4.4. Lechuga Iceberg. Es una variedad de lechuga de cabeza redonda y compacta, con hojas crujientes y de color verde pálido. La 'Iceberg' es una de las variedades más comunes de este tipo.

Figura 4

Lechuga iceberg

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.4.5. Lechuga Batavia. Esta variedad presenta hojas más rígidas y crujientes que la lechuga mantecosa, pero no forma una cabeza tan compacta como la lechuga iceberg. Algunas variedades de lechuga batavia son la 'Maravilla de Verano', 'Blush' y 'Veneziana'.

Figura 5

Lechuga batavia

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.4.6. Lechuga Escarola: Se caracteriza por tener hojas rizadas y amargas, con un sabor distintivo. Algunas variedades de lechuga escarola incluyen la 'Frisee', 'Endivia' y 'Escarola común.

Figura 6

Lechuga escarola

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.4.7. La variedad Seda o Trocadero. Es un cultivar popular de lechuga en Francia, conocido por su cabeza densa y hojas grandes y crujientes, se puede cultivar tanto al aire libre como en invernadero y se espera que los productores obtengan una cosecha de alta calidad con

excelente sabor y textura, además, la variedad Trocadero puede ser una opción más saludable debido a su contenido más alto de compuestos fenólicos y carotenoides (Vidal et al., 2018).

Figura 7

Lechuga seda

Fuente: (Shutterstock, 2023)

2.1.3.5. Características morfológicas de la lechuga. Ramón et al. (2020) describe las características según el siguiente detalle:

2.1.3.5.1. Hojas. La parte más destacada de la lechuga son sus hojas. Estas son grandes, de forma variada (ovaladas, lanceoladas, redondas, etc.) y están dispuestas en roseta. Las hojas son de color verde, aunque algunas variedades pueden presentar tonalidades rojizas o púrpuras en los bordes o en toda la hoja.

2.1.3.5.2. Tallo. El tallo de la lechuga es corto, casi inexistente en algunas variedades, ya que las hojas se agrupan directamente en la base de la planta formando una roseta apretada.

2.1.3.5.3. Raíz. La raíz de la lechuga es poco desarrollada, de forma fibrosa y se extiende en el suelo de forma superficial.

2.1.3.5.4. Flores. La lechuga produce flores amarillas que se agrupan en inflorescencias en forma de racimos o panículas. Sin embargo, es común cosechar la lechuga antes de que florezca, por lo que las flores no suelen estar presentes en la planta comercial.

2.1.3.5.6. Semillas. Las semillas de la lechuga son pequeñas y de color claro. Se encuentran en el interior de las inflorescencias después de la floración.

2.1.3.5.7. Tamaño. El tamaño de la lechuga puede variar según la variedad y la etapa de crecimiento. Algunas lechugas son pequeñas y compactas, mientras que otras pueden ser más grandes y sueltas.

2.1.3.5.8. Textura. La lechuga presenta una textura suave y crujiente en las hojas, lo que la hace agradable al paladar y muy utilizada en ensaladas y otros platos frescos.

2.1.3.6. Manejo agronómico del cultivo de la lechuga. Gonzales y Izaguirre (2021) afirma que el manejo agronómico del cultivo de la lechuga incluye una serie de prácticas desde la preparación del suelo hasta la cosecha. A continuación, se describe un proceso general de manejo agronómico para el cultivo de la lechuga:

2.1.3.6.1. Selección del sitio. Se debe elegir un terreno con buena exposición solar, suelos bien drenados y pH entre 6.0 y 7.0. Además, se deben considerar factores como la disponibilidad de agua y la proximidad a los mercados, ya que la lechuga es un cultivo de ciclo corto y se beneficia de una rápida distribución.

***2.1.3.6.2. Preparación del suelo*.** Se realiza un arado o labranza para aflojar el suelo y eliminar malas hierbas. Posteriormente, se realiza un rastrillado para nivelar la superficie y se incorpora materia orgánica como compost o estiércol bien descompuesto para mejorar la estructura y fertilidad del suelo.

2.1.3.6.3. Siembra. La lechuga se puede sembrar directamente en el suelo o en bandejas para trasplantar posteriormente. Si se siembra directamente, se realizan surcos o camas de siembra y se colocan las semillas a una profundidad adecuada según las recomendaciones del cultivar. Si se opta por el trasplante, las semillas se siembran en bandejas de germinación y luego se trasplantan las plántulas al campo cuando tienen de 3 a 4 hojas verdaderas.

2.1.3.6.4. Riego. La lechuga necesita un suministro regular de agua para un crecimiento óptimo. Se recomienda el riego por goteo para evitar el encharcamiento y la propagación de enfermedades. El riego debe ser frecuente, pero evitando el exceso de humedad, lo que podría favorecer enfermedades fúngicas.

2.1.3.6.5. Manejo de malezas. Es importante controlar las malas hierbas para evitar la competencia por nutrientes, agua y luz. Se pueden utilizar métodos mecánicos como el deshierbe manual o herramientas de labranza superficial, así como también métodos químicos selectivos y seguros para el cultivo de lechuga.

2.1.3.6.6. Fertilización. La lechuga requiere de un buen suministro de nutrientes para un crecimiento saludable. Antes de la siembra, se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar las necesidades específicas de fertilización. Se pueden aplicar fertilizantes orgánicos o químicos de acuerdo con las recomendaciones, asegurando un equilibrio adecuado de nutrientes.

2.1.3.6.7. Control de plagas y enfermedades. La lechuga puede verse afectada por diversas plagas y enfermedades, como pulgones, trips, caracoles, mildiu, entre otros. Se pueden aplicar medidas preventivas como rotación de cultivos, uso de variedades resistentes, monitoreo regular y aplicaciones de insecticidas o fungicidas según sea necesario. Es importante seguir las recomendaciones de seguridad y buenas prácticas agrícolas al utilizar productos químicos.

2.1.3.6.8. Cosecha. La lechuga se puede cosechar cuando las hojas externas alcanzan el tamaño y la forma deseados. Se corta cerca de la base de las hojas o se arranca la planta completa, dependiendo del sistema

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. A nivel internacional

Arellano (2023) en su tesis titulada: "*Evaluación de diferentes dosis de microorganismos de montaña sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de lechuga (Lactuca sativa), en la zona de Montalvo*"; el objetivo fue estudiar a la vida microbiana aplicada en diferentes dosis provenientes de la sierra montañosa y su efecto en la elongación del cultivar de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en la zona de Montalvo. En el método se uso el DBCA con 5 tratamientos y repetido 4 veces, donde se evaluo el peso fresco de las hojas, ancho del foliolo, largo y ancho de folilo, longitud del tallo y numero de hojas por planta. Como resultado se reporta que el mejor tratamiento que influyo en el crecimiento y desarrollo de las plantas se obtuvo al aplicar los organismos microscópicos a una dosis de 100ml/5 litros de agua y el tratamiento que ha influido en el peso del área foliar fue a la dosis de 100 ml/ 5L agua

Pineda y Acosta et al. (2022) en su tesis titulada: "*Efecto de microorganismos bioestimulantes en la morfometría de Lactuca sativa l. Bajo un sistema hidropónico de raíz flotante*"; tuvo como objetivo observar el desarrollo de muchos organismos de la rizosfera del suelo que interactúan con la lechuga "Parris Island" con abonamiento nutritivo en invernadero en un sistema hidropónico de raíz flotante. En el método se uso un DCA DCA conformado por un testigo (T1), *Azospirillum brasilense* (T2), *Trichoderma harzianum* (T3), *Bacillus subtilis* (T4) y Bs+Th+Ab (T5), agrupados en 70 campos de experimento. El mejor tratamiento lo ha reportado el Tratamiento cuatro debido a la influencia del Ab debido a su adaptabilidad a medios aerobios y anaerobios.

Espinosa y Matias et al. (2021) en su tesis titulada: "*Evaluación del efecto de microorganismos eficaces en el crecimiento y calidad de la lechuga hidropónica*"; reporto como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en el crecimiento y calidad de la lechuga hidropónica; en la metodología se establecieron diferentes grupos de

plantas de lechuga hidropónica, cada grupo recibió una combinación específica de microorganismos eficaces, variando las dosis de aplicación. Se estableció un grupo de control que no recibió tratamiento con microorganismos, se registraron diversas variables durante el período de crecimiento de las plantas como la altura de las plantas, el número de hojas, el peso fresco y seco de la planta, entre otros parámetros relevantes. Los resultados mostraron que la aplicación de los microorganismos mejoró significativamente el crecimiento y la calidad de la lechuga hidropónica.

Flores et al. (2019) en su tesis titulada: "*Evaluación del efecto de microorganismos eficaces en la producción de hortalizas en invernadero*"; tuvo como objetivo determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el crecimiento y producción de diversas hortalizas en un invernadero; en la metodología se utilizaron diferentes cepas de microorganismos eficaces y se evaluaron sus efectos en la producción de tomate, pepino y pimiento; los resultados mostraron que la aplicación de los microorganismos mejoró significativamente el crecimiento y la producción de las hortalizas evaluadas.

Sequeira (2019) en su tesis titulada: "*Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) cv. Tropicana*"; tuvo como objetivo de medir el rendimiento de lechuga variedad tropicana como efecto de ser sometido a diferentes dosis de suero láctico usado en el abono bocashi. En el método usaron cinco tipos de bocashi preparados en diferentes concentraciones, así el T1 fue 100 % de agua, el T2 fue 75 % de agua y 25 % de suero, el T3 50 % de agua y 50% suero, T4 fue se 25 % agua y 75 % de suero y T5 fue 10o % suero todos sembrados en el DBCA con cuatro repeticiones, usando 40 plantas por repetición. El resultado se observa que el tratamiento 5 fue quien reporta mayor rendimiento con 22.6 toneladas por hectárea, 340 gramos de peso fresco de hojas y 15.1 gramos de peso de raíz.

2.2.2. A nivel nacional

Martínez (2022) en su tesis titulada: "*Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L.) en condiciones del CIFO– UNHEVAL, Huánuco 2020*"; presentó como objetivo evaluar los efectos de los abonos de fuentes orgánicas, compost, humus de lombriz y guano de isla, en el desarrollo y producción de dos cultivares de lechuga (Grazion y Fabietto); utilizando como comparativo a la fertilización basada en fertilizantes inorgánicos. En la metodología se utilizó el DBCA con arreglo factorial de 2 x 4. Se evaluaron las variables: altura de planta, diámetro ecuatorial de planta y peso fresco de planta. Se organizaron los datos en una base para ser analizados mediante métodos estadísticos descriptivos e inferenciales. Entre los resultados se observan que la mayor altura de planta se obtuvo para el cultivar Grazion quien reporta una mayor altura al aplicar el compost enriquecido con EM, no habiendo diferencia significativa con los efectos en altura en comparación al tratamiento donde se uso fertilizantes químicos, resultado similar en altura se observa con el humus de lombriz enrriquecido con EM. No se encontró diferencias para el diámetro ecuatorial para los abonos, mientras que entre cultivares, el cv. Grazion presentó mayor diámetro ecuatorial que el cv. Fabietto.

Panduro (2021) en su tesis titulada: *"Respuesta a la aplicación de dos abonos procesados con microorganismos eficaces en el cultivo de ají charapita (Capsicum frutescens.L) en la zona de Pucallpa, Ucayali, Perú"*; presentó como objetivo evaluar las respuestas al uso de dos abonos procesados con microorganismos eficientes en la productividad del cultivo de ají charapita. Se realizaron pruebas con cinco tratamientos diferentes, incluyendo un control, y se utilizó DBCA con cuatro repeticiones. Se midieron diferentes indicadores de crecimiento y rendimiento, elongación del tallo, circunferencia del tallo, número de ramas, días a la floración y maduración, así como número y peso total de frutos por planta y rendimiento por hectárea. Los resultados indicaron que los tratamientos a base de gallinaza + EM Compost

y vacaza + EM Compost tuvieron un efecto significativamente mejorando la productividad y el rendimiento de los ajíes en comparación con los demás tratamientos y el control. Específicamente, el tratamiento a base de gallinaza + EM Compost destacó en el número de frutos por planta, peso total de frutos por planta y rendimiento por hectárea.

Raymundo (2021) en su tesis titulada: *"Efectos del biofermento foliar y compost con (em), en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L. var. Great lakes 659) en condiciones edafoclimaticas de la Esperanza – Amarilis, 2019"*; tuvo como objetivo general evaluar el efecto del Biofermento Foliar y Compost en la productividad de lechuga (*Lactuca sativa* L.var. Great lakes 659), se utilizó el DBCA conformado por 9 tratamientos distribuidos en cuatro repeticiones quedando así conformados: T0 (0-0) es el testigo sin aplicación, T1 (1 L EM -0 t/ha Compost), T2 (2 L EM -0 t/ha Compost), T3(0 L EM -4 t/ha Compost), T4 (1 L EM -4 t/ha Compost), T5 (2 L EM -4 t/ha Compost), T6 (0 L EM -6 t/ha Compost), T7 (1 L EM -6 t/ha Compost) y T8 (2 L EM -6 t/ha Compost). El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante el análisis de varianza y la comparación de los tratamientos, a través de la prueba de significación de Duncan al 1 y 5% de error. Las variables evaluadas fueron: longitud de hoja, peso de planta (peso fresco) y rendimiento proyectado a kilogramos por hectárea; El tratamiento T5 (2 L EM -4 t/ha Compost) mostró mayor significación en la productividad de 49 861.10 kilogramos por hectárea, longitud de hoja, 24.81 cm y peso fresco por planta, 0.60 kg.

Chino (2020) en su tesis titulada: *"Efecto de tres tipos de abono orgánico en la producción de lechuga (Lactuca sativa L. var. Iceberg y Boston) bajo condiciones ambientales del distrito de San Jerónimo – Región Cusco"*; tuvo como objetivo evaluar la respuesta de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L. var Boston e Iceberg), frente al efecto de tres fuentes de materia orgánica sembrados en los distritos de San Jeronimo y San Sebastian para identificar la mejor fuente orgánica y el ecotipo de lechuga expresada en rendimiento por cada área

experimental. La metodología consistió en el uso el estiércol de vacuno al 25 %, ovino al 25% y cuy al 25 % preparados en un abono tipo bocashi; en cada una de estas fuentes orgánicas se sembraron las dos variedades de lechuga denominadas Boston e Iceberg. Como resultado se concluye que las tres fuentes de materia orgánica presentan resultados similares sin diferencia estadística entre ellos.

Pechu (2019) en su tesis titulada: *"Efecto de la inoculación de microorganismo eficiente (EM), Trichocastle y Basu en el crecimiento y rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L.) variedad romana en condiciones de azotea-Tarma"*; tuvo como objetivo observar la interrelación de los bio insumos de Basu, Trichoclaste y Microorganismo eficientes y medir su efecto en la elongación de la planta, circunferencia del tallo y rendimiento expresado en el numero de cabezas y hojas. En el método se consideró cuatro tratamientos conformados por Microoganismos eficientes (T1), Basu (T2) , Trichoclaste (T3) y Testigo (T4), sembrados en un DCA con 15 repeticiones donde se evaluaron la longitud del tallo principal a los 20 y 90 días después de la siembra, diámetro y numero de hoja y rendimiento. El mejor resultado en la altura de la planta se obtuvo de los tratamientos con Basu y tricholet, mientras que el mejor diámetro se observa con el Microorganismos eficientes, la mayor cantidad de hojas y peso de las cabezas de lechuga y por ende el mayor rendimiento se obtuvieron con la aplicación del Tricholet.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo investigación

El tipo de investigación fue aplicada. Según Hernández (2014), “la investigación aplicada busco utilizar los conocimientos científicos para la resolución de problemas concretos" (p. 23).

3.2. Matriz de consistencia

3.2.1. Matriz de consistencia

Tabla 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
General: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca, 2023?. **Específicos:** • **¿**Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en la producción de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca? • ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca?	**General:** Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca durante el año 2023. **Específicos:** • Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en la producción de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca. • Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.	**General:** La aplicación de microorganismos eficaces tendrá un efecto positivo significativo en las características agronómicas de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca durante el año 2023. **Específica:** • La aplicación de microorganismos eficaces tendrá un efecto positivo en la producción de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca. • La aplicación de microorganismos eficaces tendrá un efecto positivo en las características agronómicas de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.	**Variable independiente:** **V.I. (X)** Dosis de microorganismos eficientes **Indicadores** em0: 0 ml . L-1 em1: 50 ml . L-1 em2: 65 ml . L-1 **Variable dependiente:** **V.D. (Y)** Cultivo *Lactuca sativa* **Indicadores** v1: Lechuga Escarola v2: Lechuga Seda	1. **Tipo:** Aplicado. 2. **Nivel:** Experimental 3. **Diseño:** El diseño fue experimental, se uso el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con factorial 2 x 2 con 5 repeticiones. 4. **Población:** 960 plantas de lechuga que se encuentran sembradas en la unidad experimental 5. **Muestra:** 282 plantas por unidad experimental y se obtendrán de la parte central de cada unidad experimental 6. **Muestreo:** Probabilístico eligiendo las plantas al azar de la parte central de la parcela y que no tengan influencia del contorno. 7. **Técnica:** La técnica que se utilizó es la observación. 8. **Instrumento:** El instrumento que utilizó fue una ficha de observaciones de campo.

*Nota: (*Elaboración propia, 2023)

3.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de las variables

Variable	**Dimensiones**	**Indicador**
Microorganismos eficientes (EM) (V.I)	Producción de lechuga	m1: 50 ml . L^{-1} m2: 65 ml . L^{-1} m3:0 ml. L^{-1}
Cultivares de lechuga (V.D)	Características agronómicas de dos cultivares v1:Lechuga Escarola v2:Lechuga Seda	- Altura de la planta (cm) - Longitud de la raíz (cm) - Diámetro de las lechugas (cm) - Peso de las cabezas de lechuga (gr)

Nota: (Elaboración propia, 2023)

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue explicativo. Según (Alfaro, 2012), "El nivel explicativo de investigación busca relaciones causales, va más allá de descripciones y busca comprender las razones de los fenómenos. Busca establecer relaciones de causa y efecto, identificar mecanismos subyacentes y explicar patrones observados" (p. 76).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue experimental, por lo que, se usara el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con factorial 2 x 2 con 5 repeticiones, donde se va a combinar 2 variedades de lechuga con dos dosis de microorganismos eficientes (EM).

Tabla 3

Descripción de los tratamientos de DBCA con factorial 2x2 y 5 repeticiones, considerando dos variedades de lechuga (v1, v2) por 2 dosis de EM (em1, em2), 2023

Tratamiento	Combinación	Descripción
T_1	v_1 x em_1	Lechuga Escarola x em (50 ml.L^{-1})
T_2	v_1 x em_2	Lechuga Escarola x em (65 ml.L^{-1})
T_3	v_1 x em_3	Lechuga Escarola sin tratamiento
T_4	v_2 x em_1	Lechuga Seda x em (50 ml.L^{-1})
T_5	v_2 x em_2	Lechuga Seda x em (65 ml.L^{-1})
T_6	v_2 x em_3	Lechuga Seda sin tratamiento

*Nota: (*Elaboración propia, 2023)

3.4.1. Variable de investigación

3.4.1.1. Variable independiente

V. I: Dosis de microorganismos eficientes (EM)

Indicadores

- em0: 0 ml. L^{-1}
- em1: 50 ml . L^{-1}
- em2: 65 ml . L^{-1}

4.4.1.2. Variable dependiente

V. D: Cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)*

Indicadores

- v1: Lechuga Escarola
- v2: Lechuga Seda

3.4.2. Distribución de los tratamientos

Tabla 4

Diseño DBCA con factorial 2x2 y 5 repeticiones, considerando dos variedades de lechuga (v1, v2) por 2 dosis de EM (em1, em2)

	Tratamientos				
Variedades de lechuga	V1T0				
	V1T2R5	V1T1R2	V1T2R1	V1T2R2	V1T1R4
	V1T1R5	V1T2R3	V1T1R3	V1T2R4	V1T1R1
	V2T0				
	V2T1R4	V2T2R4	V2T2R3	V2T1R2	V2T2R2
	V2T2R5	V2T1R1	V2T1R3	V2T2R1	V2T1R5

*Nota: (*Elaboración propia, 2023)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Descripción de la población

La población fue constituida por 960 plantas distribuidas en todas las unidades experimentales (40 plantas por cada unidad experimental). Según Alfaro (2012), "la población se refiere al conjunto completo de individuos, objetos, eventos o fenómenos que comparten una característica común y que se desean estudiar" (p. 31).

3.5.2. Selección de la muestra

El muestreo se aplicó, las muestras han sido elegidas al azar de la parte central de las unidades experimentales para evitar el efecto borde. Según Hadi et al. (2023) “El muestreo probabilístico se basó en la selección aleatoria de elementos de la población, lo que permitió obtener resultados confiables y generalizables a partir de la muestra seleccionada”.

3.5.3. Muestreo

La muestra estuvo conformada por 282 plantas y se obtuvo de la parte central de cada unidad experimental. Según De Aquino (2018) “La muestra se utiliza para hacer inferencias sobre la población en su totalidad, ya que el estudio completo de la población podría ser impracticable o demasiado costoso” (p. 45).

Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula de Taro Yamane (1964).

$$n = N\ (1 + N * e\ \hat{}\ 2)$$

- **Donde:**

n : Tamaño de la muestra necesaria

N: Tamaño de la población total

e : Nivel del error aceptable 0.05

- **Aplicando la formula:**

n : ?

N: 960

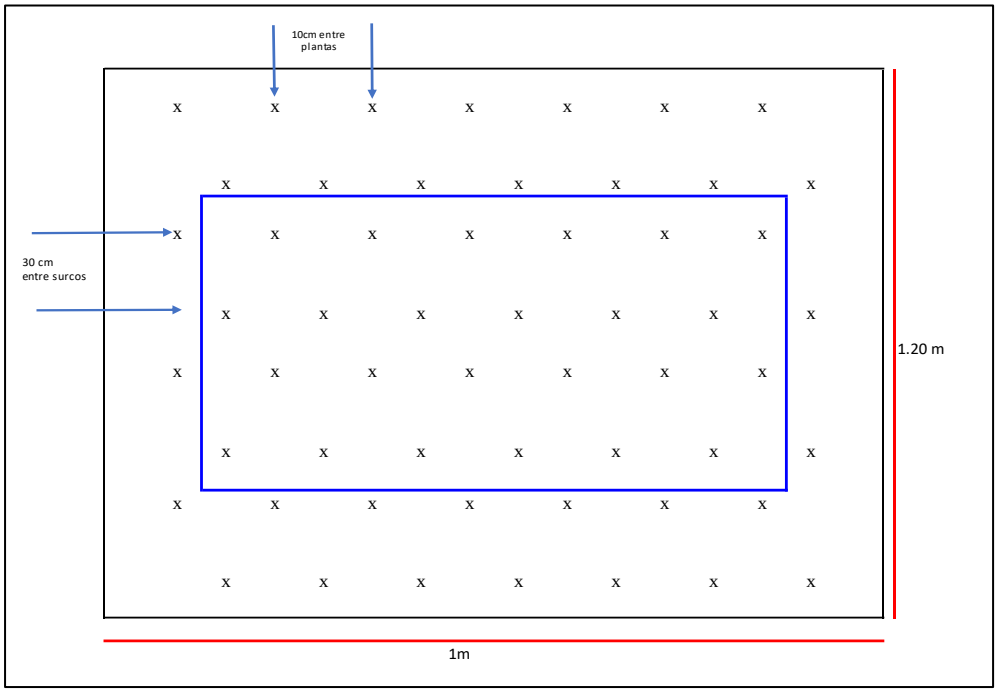
e : 0.05

n = 960 (1 + 960 * 0.05^2)

n = 282

Figura 8

Muestreo de la unidad experimental



Nota: La muestra se obtendrá de la parte media de la unidad experimental (2023).

3.6. Recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizó es la observación. Esta técnica puede se utilizó para obtener información para observar el efecto del EM en el desarrollo de las dos variedades de lechuga.

3.6.2. Instrumento de recolección de datos

El instrumento que utilizó fue una ficha de observaciones de campo. Según Crotte (2011) “las fichas de observación de campo en la investigación agronómica son documentos estructurados que permiten recopilar datos y registrar observaciones directas sobre variables agronómicas relevantes durante el desarrollo de un estudio o experimento en el campo”.

3.6.3. Evaluación, tabulación y procesamiento

Los datos que se obtuvieron son procesados como datos numéricos cuantitativos, para ello, se usó el programa R estudio para calcular el diseño experimental.

La evaluación, tabulación y procesamiento de la tesis sobre el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de los cultivares de lechuga implicó la recopilación, organización, análisis estadístico y la interpretación de los datos para comprender y comunicar los efectos de dicha aplicación en el cultivo de lechuga.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Características agronómicas de dos cultivares de lechuga

4.1.1. Altura de la lechuga

Tabla 5

Análisis de varianza (ANVA) de altura de dos variedades de lechuga

FV	GL	SC	CM	F	p_valor	
Bloque	4	0.47	0.12	1.09	0.384	
Variedad	1	108.3	108.30	1009.94	2e-16	***
EM	2	59.53	29.77	277.57	2.59E-15	***
Variedad * EM	2	9.85	4.92	45.91	3.35E-08	***
Total	20	2.14	0.11			

Nota: (Elaboración propia, 2023)

C.V. = 17%

En la tabla 5, se observa una alta significancia entre la interacción de la variedad y la aplicación del EM, presenta un coeficiente de variación del 17 %, lo cual está dentro de lo aceptable. Por consiguiente, se consideran los datos confiables.

Tabla 6

Comparación de medias de altura de planta en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey

Tratamiento	Media	Agrupación
T2: V. Escarola con 65 ml EM	22.32	a
T1: V. Escarola con 50 ml EM	20.94	b
T3: V. Escarola sin aplicación	17.60	C

T5: V. Seda con 65 ml EM	17.36	c d
T4: V. Seda con 50 ml EM	16.74	d
T6: V. Escarola sin aplicación	15.36	e

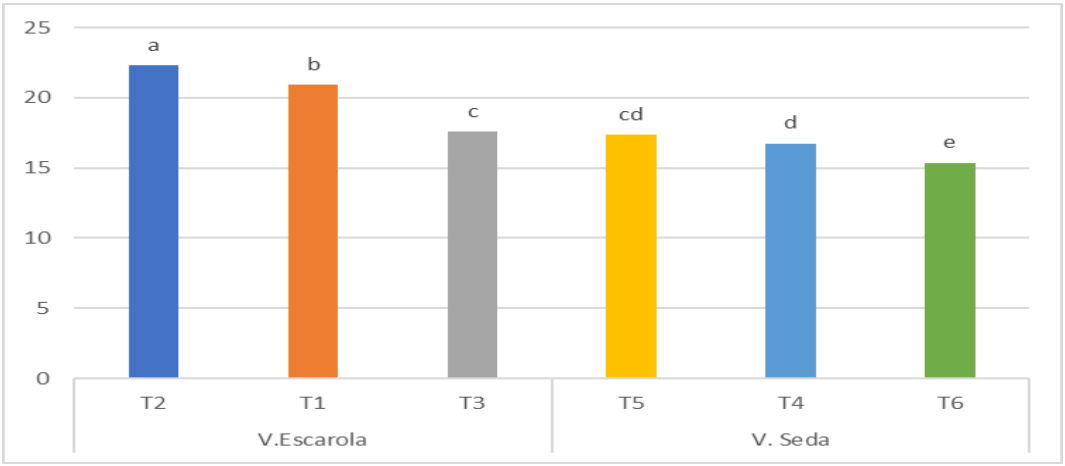
Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la tabla 6, según la prueba paramétrica de Tukey, se observa que en la variedad Escarola, el mayor valor de altura de planta se encuentra en el T2 con 22.32 cm, seguido del T1 con 20.94 cm, y no hay diferencia significativa entre estos tratamientos. Por otro lado, el menor valor de altura se registra en el T3 (sin aplicación) con 17.60 cm.

En cuanto a la variedad Seda, el mayor valor de altura se encuentra en el T5 con 17.36 cm, pero no muestra diferencia significativa con el T4 que reporta un valor de 16.74 cm. En contraste, el menor valor de altura, 15.36 cm, se registra en el T6 (sin aplicación).

Figura 9

Comparación de medias de la altura de planta en las variedades Escarola y Seda



Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la figura 9, se aprecia claramente que la variedad Escarola alcanza su máxima altura en el tratamiento T2, con una impresionante medida de 22.32 cm. Por otro lado, en la variedad Seda, es el tratamiento T5 el que destaca con una altura de planta de 17.36 cm. Estos resultados resaltan la influencia significativa de los tratamientos en el crecimiento de las plantas en ambas variedades.

La altura de las plantas de lechuga es un atributo cuantitativo que puede medirse con precisión, esta característica es relevante en diversas investigaciones científicas y experimentos, el rango de altura de las plantas de lechuga puede variar significativamente según la variedad y las condiciones de cultivo (Chino, 2020), entre tanto, en los estudios de campo, se han registrado alturas promedio de plantas de lechuga de hasta 20 centímetros (Sequeira, 2019).

Por lo tanto, la desviación estándar de altura de las plantas de lechuga puede indicar la consistencia o variabilidad en el crecimiento. Por ejemplo, se ha observado una desviación estándar de altura de 5 centímetros en estudios recientes (Arellano, 2023).

A su vez, la influencia de las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de luz pueden afectar el crecimiento y la altura de las plantas de lechuga. Por ejemplo, temperaturas demasiado altas pueden causar elongación excesiva de los tallos y plantas más altas, mientras que temperaturas bajas pueden inhibir el crecimiento y resultar en plantas más pequeñas (Lopez, 2013).

4.1.2. Longitud de la raíz

Tabla 7

Análisis de varianza (ANVA) de longitud de raíz en dos variedades de lechuga

FV	GL	SC	CM	F	p_valor	
Bloque	4	0.24	0.06	2.877	0.04941	*
Variedad	1	41.3	41.3	2008.169	2.00E-16	***
EM	2	25.29	12.64	614.797	2.00E-16	***
Variedad * EM	2	0.27	0.13	6.532	0.00656	**
Total	20	0.41	0.02			

Nota: (Elaboración propia, 2023)

C.V. = 2.4 %

En la tabla número 7, se observa una alta significancia entre la interacción de la variedad y la aplicación del EM, presenta un coeficiente de variación del 2.4 %, lo cual está dentro de lo aceptable. Por consiguiente, se consideran los datos confiables.

Tabla 8

Comparación de medias de longitud de raíz en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey

Tratamiento	Media	Agrupación
T5: V. Seda con 65 ml EM	7.92	a
T4: V. Seda con 50 ml EM	7.50	b
T6: V. Escarola sin aplicación	5.60	c
T2: V. Escarola con 65 ml EM	5.46	c
T1: V. Escarola con 50 ml EM	5.00	d
T3: V. Escarola sin aplicación	3.52	e

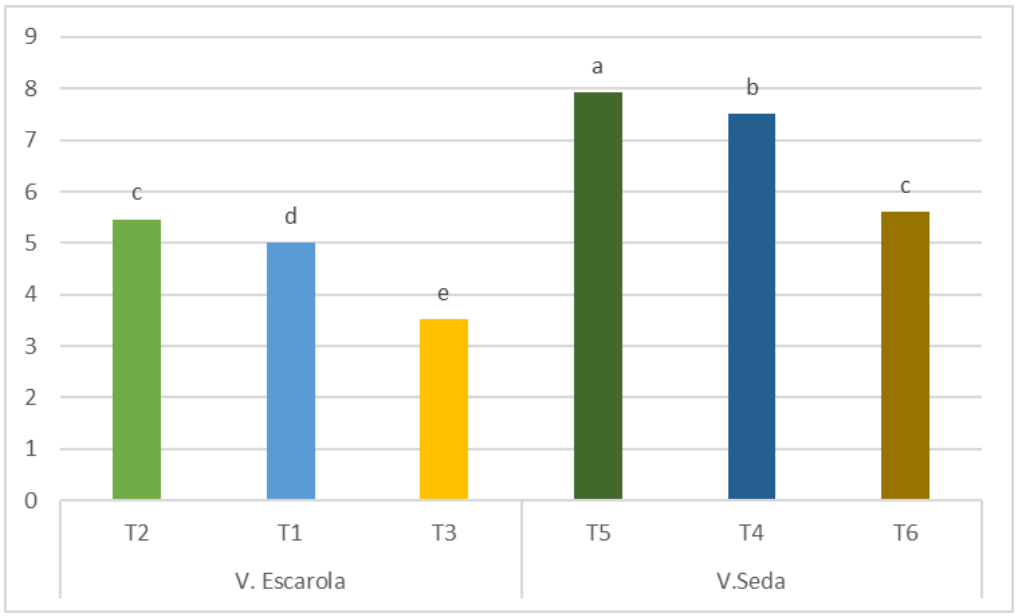
Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la tabla 8, según la prueba paramétrica de Tukey, se observa que en la variedad Escarola, la mayor longitud de raíz se encuentra en el T2 con 5.46 cm, seguido del T1 con 5 cm, y hay diferencia significativa entre estos tratamientos. Por otro lado, el menor valor de longitud de raíz se registra en el T3 (sin aplicación) con 3.52 cm.

En cuanto a la variedad Seda, el mayor valor de longitud de raíz se encuentra en el T5 con 7.92 cm, pero muestra diferencia significativa con el T4 que reporta un valor de 7.50 cm. En contraste, el menor valor de longitud de raíz, 5.60 cm, se registra en el T6 (sin aplicación).

Figura 10

Comparación de medias de longitud de raíz en las variedades Escarola y Seda



Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la figura 10, se aprecia claramente que la variedad Escarola alcanza la mayor longitud de raíz en el tratamiento T2, con una medida de 5.46 cm. Por otro lado, en la variedad Seda, es el tratamiento T5 el que destaca con una longitud de raíz de 7.92 cm.

Ligie (2007) enfatiza la influencia de la densidad de siembra en el tamaño de las raíces de la lechuga, resaltando que una mayor densidad puede conducir a raíces más pequeñas pero más numerosas, mientras que una menor densidad favorece el desarrollo de raíces más grandes. Este planteamiento es respaldado por Rojas et al. (2018), quienes destacan la importancia de seleccionar variedades adecuadas y aplicar prácticas de manejo óptimas para obtener raíces de tamaño deseado. Estos autores coinciden en la relevancia de las decisiones de manejo agrícola para influir en el tamaño de las raíces.

Contrastando con este enfoque, Fernandez et al. (2019) y Cuba (2019) abordan la raíz de la lechuga como un componente fundamental en la absorción de agua y nutrientes del suelo, destacando su impacto en la salud y el crecimiento óptimo de la planta. Mientras que Ligie y Rojas se centran en la densidad de siembra, Fernandez y Cuba ponen énfasis en la relación

entre el tamaño de la raíz y la salud de la planta, priorizando la calidad de la raíz en lugar de su cantidad.

Por otro lado, Pérez y Fornes (2016) abordan la longitud de las hojas de la lechuga como un factor clave en la producción y comercialización, enfocándose en los aspectos del cultivo y las condiciones ambientales. Este punto de vista amplía la discusión al considerar variables como la luz solar, la temperatura, la humedad y la fase de crecimiento, señalando la importancia de entender estos factores para adaptar las técnicas de cultivo y cosecha.

4.1.3. Diámetro de la cabeza

Tabla 9

Análisis de varianza (ANVA) del diámetro de la cabeza en dos variedades de lechuga

FV	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**p_valor**	
Bloque	4	2	1	0.53	0.713	
Variedad	1	3586	3586	3100.40	2.00E-16	***
EM	2	218	109	94.15	6.66E-11	***
Variedad * EM	2	3	2	1.41	0.267	
Total	20	23	1			

Nota: (Elaboración propia, 2023)

C.V. = 3.3 %

En la tabla número 9, se observa una alta significancia a nivel de la variedad y la aplicación del EM, presenta un coeficiente de variación del 3.3 %, lo cual está dentro de lo aceptable. Por consiguiente, se consideran los datos confiables.

Tabla 10

Comparación de medias del diámetro de la cabeza en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey

Tratamiento	Media	Agrupación
T2: V. Escarola con 65 ml EM	46.4	a
T1: V. Escarola con 50 ml EM	42.8	b
T3: V. Escarola sin aplicación	39.0	c
T5: V. Seda con 65 ml EM	23.8	d
T4: V. Seda con 50 ml EM	20.8	e
T6: V. Escarola sin aplicación	18.0	f

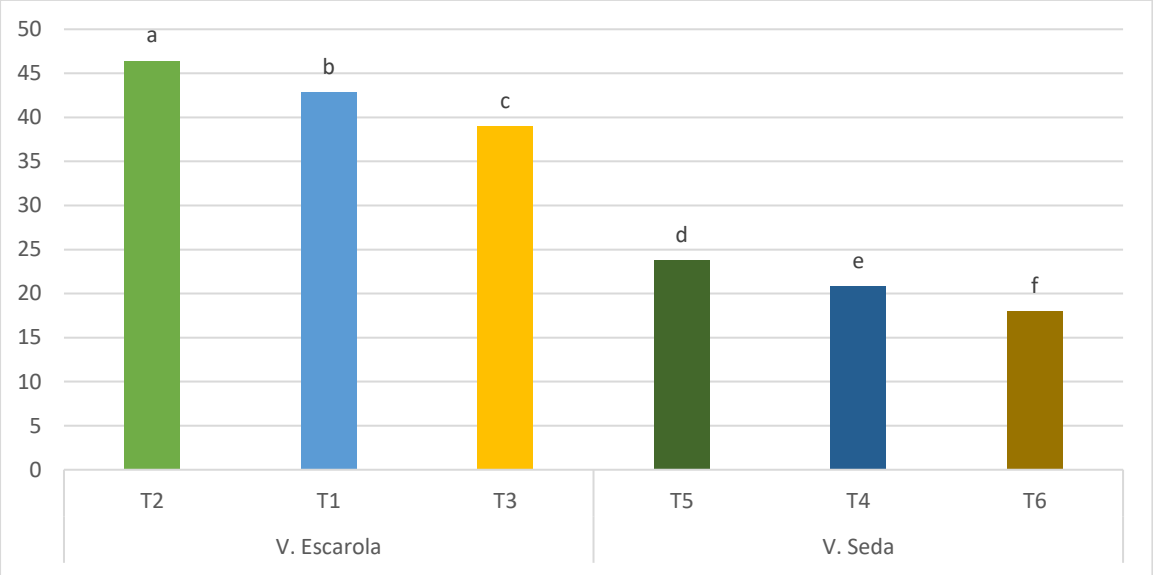
Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la tabla 10, según la prueba paramétrica de Tukey, se observa que en la variedad Escarola, el mayor diámetro de cabeza se encuentra en el T2 con 46.4 cm, seguido del T1 con 42.8 cm y hay diferencia significativa entre estos tratamientos. Por otro lado, el menor valor del diámetro de cabeza se registra en el T3 (sin aplicación) con 39 cm.

En cuanto a la variedad Seda, el mayor valor de diámetro de cabeza se encuentra en el T5 con 23.8 cm, pero muestra diferencia significativa con el T4 que reporta un valor de 20.8 cm. En contraste, el menor valor de diámetro de la cabeza es, 18 cm, se registra en el T6 (sin aplicación).

Figura 11

Comparación de medias del diámetro de la cabeza de lechuga en las variedades Escarola y Seda



Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la figura 11, se observa que la variedad Escarola alcanza el mayor diámetro de la cabeza en el tratamiento T2, con una medida de 46.4 cm. Por otro lado, en la variedad Seda, es el tratamiento T5 el que destaca con un diámetro de la cabeza de 23.8 cm.

El diámetro de las lechugas puede variar según la variedad a la que pertenezcan, en el caso de las lechugas hidropónicas, su tamaño puede ser de 15 centímetros o más de diámetro, en general, el tamaño de las lechugas puede ser de 20 a 30 centímetros de diámetro, dependiendo de la varieda, entre tanto, en el caso de una variedad específica de lechuga, se menciona que el diámetro polar puede ser de aproximadamente 36.22 centímetros, en la evaluación de diferentes tratamientos para el cultivo de lechugas , se considera el tamaño y diámetro de las lechugas como variables importantes (Rojas et al., 2018), por lo tanto, es importante tener en cuenta que el tamaño y el diámetro de las lechugas pueden ser influenciados por varios factores, incluyendo la variedad, las condiciones de cultivo y las prácticas agronómicas utilizadas, sin

embargo, los datos específicos de diámetro pueden variar según las circunstancias individuales de cada cultivo (Lopez, 2013).

La investigación del diámetro de la lechuga es un tema fascinante y polifacético que abarca diversos factores, estudiando distintas variedades de lechuga, condiciones de cultivo, suministro de nutrientes y fase de crecimiento, se ha demostrado que estos elementos influyen significativamente en el tamaño final de la cabeza de lechuga, además, el momento de la cosecha y las preferencias del mercado también desempeñan un papel crucial en la determinación del diámetro óptimo, esta comprensión es esencial para agricultores y comercializadores, ya que les permite mejorar sus prácticas agrícolas y satisfacer las demandas de los consumidores en cuanto a tamaño y calidad de la lechuga, mediante un enfoque holístico, esta investigación contribuye al conocimiento y la mejora de la producción de lechuga, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la industria agrícola y alimentaria (Ramón et al., 2020).

4.2. Producción de los cultivares

4.2.1. Peso de las cabezas de lechuga

Tabla 11

Análisis de varianza (ANVA) del peso de las cabezas en dos variedades de lechuga

FV	GL	SC	CM	F	p_valor	
Bloque	4	406	102	1.68	0.193	
Variedad	1	197966	197966	3282.28	2.00E-16	***
EM	2	39899	19950	330.76	4.74E-16	***
Variedad * EM	2	9867	4933	81.79	2.35E-10	***
Total	20	1206	60			

Nota: (Elaboración propia, 2023)

C.V. = 2.12 %

En la tabla número 11, se observa una alta significancia entre la interacción de la variedad y la aplicación del EM a su vez presenta un coeficiente de variación del 2.12 %, lo cual está dentro de lo aceptable. Por consiguiente, se consideran los datos confiables.

Tabla 12

Comparación de medias del peso de las cabezas en dos variedades de lechuga mediante la prueba Tukey

Tratamiento	Media	Agrupación
T2: V. Escarola con 65 ml EM	519.0	A
T1: V. Escarola con 50 ml EM	436.0	B
T3: V. Escarola sin aplicación	387.6	C
T5: V. Seda con 65 ml EM	306.4	D
T4: V. Seda con 50 ml EM	289.2	E
T6: V. Escarola sin aplicación	259.6	F

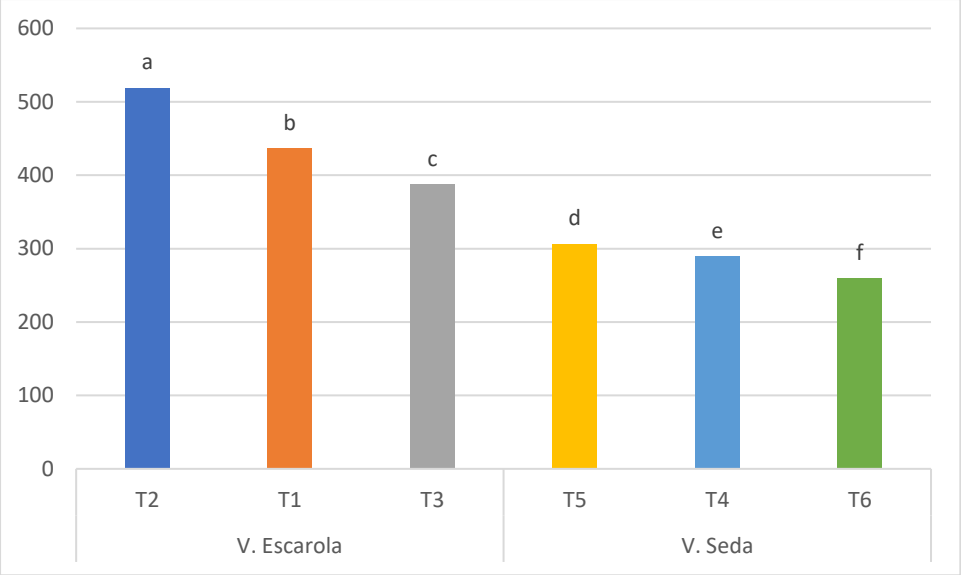
Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la tabla 12, según la prueba paramétrica de Tukey, se observa que en la variedad Escarola, el mayor peso de las cabezas lo reporta el T2 con 519.00 g, seguido del T1 con 436 g, y no hay diferencia significativa entre estos tratamientos. Por otro lado, el menor valor del peso de cabezas de lechuga se registra en el T3 (sin aplicación) con 387.6 cm.

En cuanto a la variedad Seda, el mayor valor del peso de las cabezas se encuentra en el T5 con 306.4 g y no muestra diferencia significativa con el T4 que reporta un valor de 289.2 g, así mismo, el menor valor del peso de cabezas de lechuga es de 259.6 g y se registra en el T6 (sin aplicación).

Figura 12

Comparación de medias del peso de las cabezas en las variedades Escarola y Seda



Nota: (Elaboración propia, 2023)

En la figura 12, se observa que la variedad Escarola alcanza el mayor peso de la cabeza en el tratamiento T2, con una medida de 519 g. Por otro lado, en la variedad Seda, es el tratamiento T5 el que reporta un peso de cabeza de 306.4 g.

Las lechugas americanas pueden tener un peso aproximado de 200 gramos, en otro caso, se habla de la lechuga Javelina tiene un peso promedio de 900 a 1.000 gramos (Ramón et al., 2020), así mismo, diferentes prácticas de cultivo afectan el peso de la cabeza de la lechuga donde compararon tres variedades de lechuga (lechuga iceberg, lechuga romana y lechuga de hoja suelta) y se cultivaron bajo diferentes condiciones de luz, temperatura y riego, los resultados mostraron que la variedad de lechuga y las condiciones de cultivo tuvieron un impacto significativo en el peso de la cabeza de la lechuga, por lo tanto, la lechuga iceberg tendía a producir cabezas más grandes y pesadas, mientras que la lechuga romana y la lechuga de hoja suelta tuvieron cabezas más pequeñas y ligeras, además, el estudio también reveló que la nutrición y el uso adecuado de fertilizantes influyeron en el desarrollo de la cabeza de lechuga (Gonzales y Izaguirre 2021), sumado a ello, los cultivos que recibieron un suministro óptimo de nutrientes mostraron un mayor peso de la cabeza de lechuga en comparación con aquellos que recibieron cantidades insuficientes de nutrientes, además, se encontró que la etapa

de crecimiento en el momento de la cosecha también tuvo un efecto significativo, por lo tanto, las lechugas cosechadas en una etapa de crecimiento más maduran presentaron cabezas más pesadas, mientras que las cosechadas en una etapa más temprana tenían un peso menor (Cristobal y Tucto, 2020), por lo tanto, estos hallazgos destacan la importancia de considerar diversos factores agronómicos al cultivar lechugas y cómo pueden afectar el peso final de la cabeza de la lechuga, al entender estas relaciones, los agricultores pueden adaptar sus prácticas de cultivo para maximizar el rendimiento y la calidad de las lechugas producidas, lo que puede tener un impacto positivo en la industria agrícola y satisfacer las demandas del mercado de manera más efectiva (Mundaca, 2020).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. En la variedad Escarola, el mayor valor de altura de planta se encuentra en el T2 con 22.32 cm, seguido del T1 con 20.94 cm y el menor valor de altura se registra en el T3 (sin aplicación) con 17.60 cm.; y en la variedad Seda, el mayor valor de altura se encuentra en el T5 con 17.36 cm, el T4 reporta un valor de 16.74 cm y el menor valor de altura, 15.36 cm, se registra en el T6 (sin aplicación).
2. En la variedad Escarola, la mayor longitud de raíz se encuentra en el T2 con 5.46 cm, seguido del T1 con 5 cm el menor valor de longitud de raíz se registra en el T3 (sin aplicación) con 3.52 cm.; y en la variedad Seda, el mayor valor de longitud de raíz se encuentra en el T5 con 7.92 cm, el T4 que reporta un valor de 7.50 cm. el menor valor de longitud de raíz de 5.60 cm se reporta en el T6 (sin aplicación).
3. En la variedad Escarola, el mayor diámetro se encuentra en el T2 con 46.4 cm, seguido del T1 con 42.8 cm, el menor valor se registra en el T3 (sin aplicación) con 39 cm.; y en la variedad Seda, el mayor diámetro se encuentra en el T5 con 23.8 cm, seguido del T4 que reporta un valor de 20.8 cm finalmente el menor valor de diámetro es, 18 cm y lo registra el T6 (sin aplicación).
4. En la variedad Escarola, el mayor peso de lechuga lo reporta el T2 con 519.00 g, seguido del T1 con 436 g, el menor valor del peso de cabezas de lechuga se registra en el T3 (sin aplicación) con 387.6 cm.; y en la variedad Seda, el mayor peso de lechuga se encuentra en el T5 con 306.4 g seguido del T4 que reporta un valor de 289.2 g, el menor valor del peso de cabezas de lechuga es de 259.6 g y se registra en el T6 (sin aplicación).

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar nuevos microorganismos que han demostrado resultados positivos en estudios similares y que estén bien adaptados al ambiente de cultivo específico.
2. Se recomienda realizar nuevos experimentos con más tratamientos considerando la replicación, el tamaño de muestra y la aleatorización para reducir el sesgo y aumentar la validez de los resultados.
3. Se recomienda evaluar más los posibles cambios y tendencias en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas en respuesta a la aplicación de los microorganismos eficaces en entornos diferentes.
4. Se recomienda el uso del método empleado en T5 para favorecer el crecimiento de las raíces, manteniendo una estrategia de tratamiento constante.
5. Considerar el tratamiento similar a T2 para obtener diámetros superiores, manteniendo un programa de tratamiento que promueva un desarrollo saludable de las cabezas de lechuga.
6. Se sugiere seguir el tratamiento utilizado en T5 para lograr diámetros superiores, manteniendo una estrategia de tratamiento efectiva para el crecimiento de las cabezas de lechuga.
7. Se aconseja seguir el método empleado en T2 para obtener un mayor peso en las cabezas de lechuga, manteniendo un programa de tratamiento efectivo.
8. Se recomienda la aplicación del método utilizado en T5 para promover un peso superior en las cabezas de lechuga, manteniendo una estrategia de tratamiento constante y eficaz.

REFERENCIAS

Alfaro, R. (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingenieria* (3ra ed.). Editorial Laycom.

Arellano, O. (2023). *Evaluación de diferentes dosis de microorganismos de montaña sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de lechuga (Lactuca sativa), en la zona de Montalvo* [Tesis de pregrado, Universidad de Quito]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13880.

Berdy, J. (2012). Thoughts and facts about antibiotics: Where we are now and where we are heading. *Revista agronomica*.

Chauhan, B., Jonnson, D, y Soltani, N. (2010). Phenology of lettuce (Lactuca sativa) and its response to environmental factors in southeastern Queensland. *Agro Enfoque*.

Chen, Y., Wang, J., Yang, L., Wen, S., y Liu, X. (2016). Fungal community and its decomposition activity on different litter types in a subtropical forest. *Academic Disclosure*.

Chino, A. (2020). *Efecto de tres tipos de abono orgánico en la producción de lechuga (Lactuca sativa L. var. Iceberg y Boston) bajo condiciones ambientales del distrito de San Jerónimo – Región Cusco* [Universidad Abad del Cusco]. https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1057.

Cristobal, C., y Tucto, S. (2020). *Eficiencia de tipos de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa l) en condiciones agroecológicas del distrito de Cahuac, Yarowilca 2020.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. https://docplayer.es/231283494-Universidad-nacional-hermilio-valdizan-huanuco-facultad-de-ciencias-agrarias.html.

Crotte, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Ciencia e Investigación Agraria*.

Cuba, I. (Universidad A. de L. (UNAH)-. (2019, octubre 28). *Caracterizacion de la Lechuga (Lactuca sativa.L.) en la unidad Guayabal*. Engormix. //www.engormix.com/agricultura/articulos/caracterizacion-lechuga-lactuca-sativa-t44527.htm.

De Aquino, S. (2018). *Metodología de la Investigación Científica* (1ra edición, Vol. 1). Editorial Bolur.

De Bruyn, F., Zhang, X., Verstreate, W., y Boon, N. (2017). El análisis de la comunidad microbiana de una célula de combustible microbiana alimentada con torre de electrones revela nuevas bacterias sintróficas. *BMC Genomics*.

Ehrenfeld, G. (2010). Consecuencias ecosistémicas de las invasiones biológicas. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*.

Espinosa-Matias, S., Hernandez, H., Cruz, C., y Caramillo, P. J. A. (2021). Evaluación del efecto de microorganismos eficaces en el crecimiento y calidad de la lechuga hidropónica. *Revista Chapingo-Mexico*.

Facciola, S. (1990). A source book of edible plants. *Natural Areas Journal*, *3*(1).

Fernandez, A., Soler Méndez, M., Molina Martínez, J. M., García Mateos, G., y Ruiz Canales, A. (2019). *Empleo simultáneo de la fotografía digital y medidas en campo para el seguimiento del estado fenológico en lechuga (Lactuca Sativa L CV Neruda)*. https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3509.

Flores, B., Henrandez, D., Álvares, G., Castro, J., y Aguilar, K. (2019). Evaluación del efecto de microorganismos eficaces en la producción de hortalizas en invernadero. *Natural Areas Journal*.

Gonzales, E. J., y Izaguirre, J. C. (2021). *Manejo agronómico en cultivos de lechuga (Lactuca sativa L.) y pepino (Cucumis sativus L.) en la finca Pandora- Municipio de TipitapaManagua. Nicaragua* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional Agraria.

Gupta, D., Sahoo, S., y Khurana, A. L. (2020). Lactuca sativa: Estado actual y perspectivas de futuro. *Canadian Journal of Microbiology*.

Gutiérrez-Manero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F. R., y Talon, M. (2013). Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas Bacillus pumilus y Bacillus licheniformis producen altas cantidades de giberelinas fisiológicamente activas. *Centro Agrícola*.

Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., y Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. https://doi.org/10.35622/inudi.b.073.

Higa, T. (1991). Microorganismos efectivos: Una biotecnología para la humanidad. *Microbiological Research*.

Higa, T., y Parr, J. F. (1994). Microorganismos beneficiosos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Biochemical and Cellular Archives*.

Kozdroj, J., y Van, Elsas. (2000). Las bacterias ácido-lácticas como componente importante de los EM. *Indian Journal Of Bactericide*.

Kumar, V., Singh, M., y Yadav, A. (2019). Actinobacteria: A Natural Tool for Enhancing Plant Growth and Soil Health. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*.

Ligie. (2007). Lechuga. *Negocios y Mercardos*. https://amhpac.org/negociosymercados/socios/v2/lechuga/.

Lopez, E. (2013, octubre 10). Fertilizacion organica en el cultivo de la lechuga (Lactuca sativa L.). *Monografias.com*. https://www.monografias.com/trabajos98/fertilizacion-organica-cultivo-lechuga-lactuca-sativa-l/fertilizacion-organica-cultivo-lechuga-lactuca-sativa-l

López, R., Zuhlke, D., Becher, D., y Riedel, K. (2019). Beyond the black queen hypothesis. *Investigación y Ciencia*.

López, L. (2018). Población, muestra y muestreo. *Punto Cero*.

Martínez, N. V. (2022). *Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L.) en condiciones del CIFO– UNHEVAL, Huánuco 2020* [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7105.

Mundaca, C. (2020). Dosis de fertilizante orgánico granulado en la producción del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Great Lakes, en la provincia de Lamas. *Repositorio - UNSM*. http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3895.

Panduro, G. (2021). Respuesta a la aplicación de dos abonos procesados con microorganismos eficaces en el cultivo de ají charapita (Capsicum Frutescens.L) en la zona de Pucallpa, Ucayali, Perú. *Universidad Nacional de Ucayali*, 125.

Park, H., Bolan, N., Megharaj, M., y Naidu, R. (2011). Aislamiento de bacterias solubilizantes de fosfato y su potencial de inmovilización de plomo en el suelo. *Ciencia e Investigación Agraria*.

Pechu, J. M. (2019). Efecto de la inoculación de microorganismo eficiente (EM), Trichocastle y Basu en el crecimiento y rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L.) variedad romana en condiciones de azotea-Tarma-2016. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.

Pérez, G. F., y Fornes, F. (2016). Fisiología y producción de lechuga. *HortTechnology*.

Pineda-Acosta, A. S., Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L. G., Alafita-Vásquez, G., y Zulueta-Rodríguez, R. (2022). Efecto de Microorganismos Bioestimulantes en la Morfometría de Lactuca Sativa L. bajo un Sistema Hidropónico de Raíz Flotante. *Rinderesu*, *6*(2), Article 1-2.

Ramón, E., Santacruz Oviedo, V., Rotela, R., Godoy Medina, N., González, J., y Ruiz, F. (2020). *Horticultura peri- urbana: Análisis productivo y económica de la producción sostenible de lechuga americana con enfoque de paquetes tecnológicos* (1.ª ed., Vol. 1). Editorial Copernico.

Raymundo, A. (2021). *Efectos del biofermento foliar y compost con (em), en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L. var. Great lakes 659) en condiciones edafoclimaticas de la Esperanza – Amarilis, 2019* [Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7008.

Rojas, R., Gutierrez, L., y Orellana, P. (2018). *Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de lechuga hidropónica*.

Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Petropoulos, S. A., De Pascale, S., y Colla, G. (2018). Mejora de la calidad vegetal en ambientes controlados. *Agrociencia*.

Sequeira, J. (2019). *Uso de lacto suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) cv. Tropicana* [Tesis pregrado, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]. https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6668.

Shahzad, B., Tanveer, M., Hassan, W., Abbas, F., Shahzad, U., y Javed, M. T. (2020). Aplicaciones microbianas en agricultura y gestión ambiental: Una revisión. Investigación e innovación en biotecnología. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*.

Shutterstock. (2023). *Imágenes de variedades de lechugas*. Shutterstock. https://www.shutterstock.com/es/search/lechugas.

Vidal, K., Bruneau, A., y Arpin, N. (2018). Nutritional quality of lettuce (Lactuca sativa L.) from conventional and organic farming: A comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Zohary, D., Hopf, M., y Weiss, E. (2012). Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.

ANEXOS

Anexo A

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
General: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca, 2023?. **Específicos:** • **¿**Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en la producción de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca? • ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca?	**General:** Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca durante el año 2023. **Específicos:** • Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en la producción de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca. • Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en las características agronómicas de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.	**General:** La aplicación de microorganismos eficaces tendrá un efecto positivo significativo en las características agronómicas de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca durante el año 2023. **Específica:** • La aplicación de microorganismos eficaces tendrá un efecto positivo en la producción de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca. • La aplicación de microorganismos eficaces tendrá un efecto positivo en las características agronómicas de los dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa)* en Rumichaca.	**Variable independiente:** **V.I. (X)** Dosis de microorganismos eficientes **Indicadores** em0: 0 ml . L-1 em1: 50 ml . L-1 em2: 65 ml . L-1 **Variable dependiente:** **V.D. (Y)** Cultivo *Lactuca sativa* **Indicadores** v1: Lechuga Escarola v2: Lechuga Seda	1. **Tipo:** Aplicado. 2. **Nivel:** Experimental 3. **Diseño:** El diseño fue experimental, se uso el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con factorial 2 x 2 con 5 repeticiones. 4. **Población:** 960 plantas de lechuga que se encuentran sembradas en la unidad experimental 5. **Muestra:** 282 plantas por unidad experimental y se obtendrán de la parte central de cada unidad experimental 6. **Muestreo:** Probabilístico eligiendo las plantas al azar de la parte central de la parcela y que no tengan influencia del contorno. 7. **Técnica:** La técnica que se utilizó es la observación. 8. **Instrumento:** El instrumento que utilizó fue una ficha de observaciones de campo.

Anexo B

Datos de altura de la planta en dos variedades de lechuga

Variedad de Lechuga	Dosis de EM	Bloque	Altura (cm)
v1	d1	B1	20.3
v1	d1	B2	21.5
v1	d1	B3	21.3
v1	d1	B4	20.7
v1	d1	B5	20.9
v1	d2	B1	22.3
v1	d2	B2	22.1
v1	d2	B3	22.4
v1	d2	B4	22.5
v1	d2	B5	22.3
v1	d3	B1	18
v1	d3	B2	17
v1	d3	B3	17.5
v1	d3	B4	17.6
v1	d3	B5	17.9
v2	d1	B1	16.3
v2	d1	B2	16.5
v2	d1	B3	16.7
v2	d1	B4	17.2
v2	d1	B5	17
v2	d2	B1	17.1
v2	d2	B2	17.5
v2	d2	B3	17.3
v2	d2	B4	17.7
v2	d2	B5	17.2
v2	d3	B1	15.1
v2	d3	B2	15.2
v2	d3	B3	15.5
v2	d3	B4	15.3
v2	d3	B5	15.7

Anexo C

Datos de longitud de raíz de la planta en dos variedades de lechuga

Variedad de Lechuga	Dosis de EM	Bloque	Longitud de la raíz (cm)
v1	d1	B1	4.8
v1	d1	B2	4.9
v1	d1	B3	5
v1	d1	B4	5.1
v1	d1	B5	5.2
v1	d2	B1	5.5
v1	d2	B2	5.3
v1	d2	B3	5.2
v1	d2	B4	5.6
v1	d2	B5	5.7
v1	d3	B1	3.5
v1	d3	B2	3.4
v1	d3	B3	3.3
v1	d3	B4	3.6
v1	d3	B5	3.8
v2	d1	B1	7.3
v2	d1	B2	7.4
v2	d1	B3	7.6
v2	d1	B4	7.7
v2	d1	B5	7.5
v2	d2	B1	7.8
v2	d2	B2	7.9
v2	d2	B3	8
v2	d2	B4	8
v2	d2	B5	7.9
v2	d3	B1	5.5
v2	d3	B2	5.6
v2	d3	B3	5.8
v2	d3	B4	5.4
v2	d3	B5	5.7

Anexo D

Datos del diámetro de lechuga en dos variedades de lechuga

Variedad de Lechuga	Dosis de EM	Bloque	*Diámetro de la cabeza (cm)*
v1	d1	B1	42
v1	d1	B2	43
v1	d1	B3	41
v1	d1	B4	43
v1	d1	B5	45
v1	d2	B1	45
v1	d2	B2	46
v1	d2	B3	47
v1	d2	B4	48
v1	d2	B5	46
v1	d3	B1	40
v1	d3	B2	39
v1	d3	B3	38
v1	d3	B4	38.5
v1	d3	B5	39.5
v2	d1	B1	20
v2	d1	B2	21
v2	d1	B3	22
v2	d1	B4	19.5
v2	d1	B5	21.5
v2	d2	B1	23
v2	d2	B2	24
v2	d2	B3	25
v2	d2	B4	24
v2	d2	B5	23
v2	d3	B1	18
v2	d3	B2	17
v2	d3	B3	18
v2	d3	B4	19
v2	d3	B5	18

Anexo E

Datos del peso de lechuga en dos variedades de lechuga

Variedad de Lechuga	**Dosis de EM**	**Bloque**	***Peso de la cabeza lechuga (g)***
v1	d1	B1	430
v1	d1	B2	420
v1	d1	B3	450
v1	d1	B4	435
v1	d1	B5	445
v1	d2	B1	500
v1	d2	B2	525
v1	d2	B3	530
v1	d2	B4	525
v1	d2	B5	515
v1	d3	B1	380
v1	d3	B2	390
v1	d3	B3	391
v1	d3	B4	392
v1	d3	B5	385
v2	d1	B1	290
v2	d1	B2	295
v2	d1	B3	285
v2	d1	B4	293
v2	d1	B5	283
v2	d2	B1	308
v2	d2	B2	312
v2	d2	B3	305
v2	d2	B4	304
v2	d2	B5	303
v2	d3	B1	250
v2	d3	B2	260
v2	d3	B3	265
v2	d3	B4	255
v2	d3	B5	268

Anexo F

Fotografías de la investigación.

Preparación del terreno

Preparación de los tratamientos

Tratamientos concluidos

Desinfección del suelo con ceniza

Apertura de surcos

Plantación de los tratamientos

Tratamientos con las plantaciones de lechuga

Plantación de lechugas por tratamiento

Aplicación del EM en los tratamientos

Evaluación de los tratamientos

Tratamientos listos para la cosecha

Medición de la longitud de la raíz de las plantas de lechuga

Medición de la altura de la planta

Pesado de las lechugas

Medición del diámetro de la lechuga